



FORMA ARQUITETÔNICO URBANA E DESEMPENHO AMBIENTAL

Beatriz Francalacci da Silva

Forma arquitetônico-urbana e desempenho ambiental

Entre os limites e as possibilidades do adensamento construtivo

Beatriz Francalacci da Silva

Forma arquitetônico-urbana e desempenho ambiental

Entre os limites e as possibilidades do adensamento construtivo

Beatriz Francalacci da Silva

Tese apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a obtenção do título de Doutora.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Projeto de Arquitetura e Urbanismo
ORIENTADORA: Prof. Dra. Lucia Elvira Alicia Raffo de Mascaró

Porto Alegre, 2016

Autorizo a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Contatos: beatrizfrancalacci@yahoo.com.br / beatriz.silva@ifsc.edu.br

CIP - Catalogação na Publicação

Françalacci da Silva, Beatriz
Forma arquitetônico-urbana e desempenho ambiental:
Entre os limites e as possibilidades do adensamento
construtivo / Beatriz Francalacci da Silva. -- 2016.
202 f.

Orientador: Lucia Elvira Alicia Raffo de Mascaró.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de
Pós-Graduação em Arquitetura, Porto Alegre, BR-RS,
2016.

1. Forma arquitetônico-urbana. 2. Desempenho
ambiental. 3. Microescala. 4. Densidade construída.
5. Legislação urbana. I. Elvira Alicia Raffo de
Mascaró, Lucia , orient. II. Título.

SILVA, B. F. DA. Forma arquitetônico-urbana e desempenho ambiental: Entre os limites e as possibilidades do adensamento construtivo. Tese apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a obtenção do título de Doutora.

Aprovado em: 8/1/2016

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Silvio Belmonte de Abreu Filho

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Assinatura:

Profa. Dra. Heleniza Ávila Campos

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Assinatura:

Profa. Dra. Raquel Rodrigues Lima

Instituição: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Assinatura:

Ao meu marido Fernando,
que me acompanhou em cada passo deste percurso;
e ao meu filho Pedro,
que chegou para me ensinar o completo significado da palavra Amor.

Agradecimentos

À professora Lucia Mascaró, pela orientação e convívio durante o período do Doutorado. Agradeço por confiar em mim para o desenvolvimento deste trabalho e por me aceitar como sua orientanda antes mesmo de me conhecer.

Aos professores Silvio de Abreu e Maristela de Almeida, pelas críticas e sugestões produzidas na etapa de qualificação.

Ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura (PROPAR) e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por me possibilitar o aprendizado público e de qualidade.

À querida Rosita Borges, sempre atenciosa e disposta a solucionar as dúvidas dos alunos do PROPAR.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), estabelecimento de ensino em que atuo como docente há mais de cinco anos. Agradeço pelos recursos financeiros outorgados para o trabalho de campo desta pesquisa e pelo afastamento integral concedido no último ano do Doutorado, que foi imprescindível para a sua finalização.

Aos bolsistas Marcelo Bastos e Thiago Farias, pelo auxílio com o levantamento de campo realizado neste trabalho. Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de pesquisa concedida aos alunos.

Às instituições nas quais eu já tive a oportunidade de estudar e de me aperfeiçoar e que, mesmo indiretamente, também contribuíram para esta pesquisa: à Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), à Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e ao Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF). Aos colegas e profissionais dessas instituições que sempre compartilharam do seu conhecimento comigo.

Aos amigos... Um agradecimento especial às colegas e amigas do “grupo das afastadas”, com as quais dividi as incertezas desse longo e complexo processo que é o Doutorado.

Aos meus alunos, com os quais eu aprendo todos os dias e que constituem parte fundamental na missão que escolhi para a vida e que me realiza cada vez mais.

A minha família, pelo incentivo e prestígio ao meu trabalho.

Ao meu marido Fernando, pela compreensão e paciência para estar ao meu lado nos momentos difíceis dessa trajetória.

A todas as pessoas anônimas, frequentadoras do centro histórico de Florianópolis-SC, que disponibilizaram seu tempo para responder aos questionários aplicados nesta tese, o meu agradecimento!

Vão tirar o terminal do meu ônibus do centro da cidade, vão tirar do centro da cidade o meu ônibus, vão me tirar do centro da cidade?

Vão tirar da cidade o centro da cidade, vão tirar da cidade toda a cidade, vão fazer o que da cidade?

Vão plantar uma cidade nova no lugar da cidade carcomida, vão desistir de manter as ruínas da cidade, vão decretar que cidade não é mais de a gente viver?

Vão fazer ruas de cima para baixo, em forma de cisterna, para o que já se abrem os competentes buracos e se desaconselha andar na superfície para não prejudicar as obras?

Vão me dar passagem entre o tapume e a pista de corridas, entre o poço e a poça de lama, ou não vão deixar mais que use as pernas e os pés por estarem definitivamente fora de moda?

Vão permitir que eu siga o meu itinerário de trabalho sobre a capota dos automóveis, saltando de uma para a outra depois de treinado em academia de técnica pedestre, ou vão estatuir que eu e mais nove concidadãos de bom físico carreguemos nas costas o automóvel, a fim de que automóveis e nós possamos chegar a destino, passando no que outrora se chamava de rua?

Vão dizer quantas pessoas podem sair de casa, a quantas horas, por quanto tempo, e por onde será permitido caminhar, durante quantos minutos, para que as turmas seguintes não sejam prejudicadas na regalia de ir e vir na cidade entupida?

Vão acabar com a cidade, todas as cidades, vão acabar com homem e a mulher também, vão fazer o quê, depois que eles mesmos acabarem?

[Solilóquio, Carlos Drummond de Andrade, 1974]

Resumo

O estudo em microescala sobre a relação entre a forma arquitetônico-urbana e o meio ambiente constitui o objetivo desta pesquisa. Parte-se da hipótese de que existem formas arquitetônico-urbanas mais apropriadas do que as previstas pela legislação urbana e edilícia para o alcance do melhor desempenho ambiental, sendo possível avaliar quais as composições mais adequadas segundo os condicionantes locais. Nesse contexto, apresenta-se como objeto de estudo o recorte espacial de uma área urbana com alta densidade construída em Florianópolis-SC, que constitui a referência para analisar o impacto ambiental gerado pela forma arquitetônico-urbana e o resultado de seu desempenho final. Para essa avaliação, foram considerados os fatores ambientais associados com o desempenho térmico, luminoso e acústico do espaço urbano e arquitetônico, assim como algumas questões sobre a qualidade ambiental em escala local. A metodologia utiliza dados quantitativos e qualitativos obtidos em campo e em trabalhos de gabinete, por meio das seguintes etapas: 1. Exploratória (investigação bibliográfica, documental e infográfica); 2. Indutiva experimental (levantamento em campo de informações microclimáticas, individuais e subjetivas) e 3. Dedutiva computacional (simulação de modelos preditivos). A estrutura do trabalho está organizada para demonstrar como o objeto de pesquisa foi compreendido e como podem ser desenvolvidos os estudos nessa temática, apresentando primeiramente os condicionantes ambientais (paisagem natural e clima local) e a forma arquitetônico-urbana considerada, para posteriormente desenvolver a associação entre os temas principais – arquitetura e ambiente. A análise considera a percepção subjetiva da autora, a partir da observação de fragmentos do espaço arquitetônico-urbano, pertencentes a um todo. O trabalho comprova a hipótese inicial, na medida em que recomenda proposições de desenho arquitetônico e urbano para o caso estudado, tendo por base os critérios de desempenho ambiental. Além disso, estimula a discussão, o interesse e o conhecimento sobre o tema e corrobora a urgência de incorporação dos estudos ambientais no planejamento e nas posturas de desenho arquitetônico e urbano.

Palavras-chave: 1. Forma arquitetônico-urbana; 2. Desempenho ambiental; 3. Microescala; 4. Densidade construída; 5. Legislação urbana.

Abstract

The study in microscale of the relationship between the architectural-urban form and the environment is the goal of this research. It starts with the hypothesis that there are more appropriate architectural-urban forms than those provided by the urban and construction legislation to achieve the best environmental performance, making possible to assess what are the most suitable compositions according to the local conditions. In this context, it is presented as a study object an urban area with high density built in Florianópolis-SC, which is the reference to analyze the environmental impact generated by the architectural-urban form and the result of their final performance. For this evaluation, it was considered the environmental factors associated with the heat, light and acoustic performance of urban and architectural space, as well as some features of the local environmental quality. The methodology uses quantitative and qualitative data obtained *in loco* and by the office work, through the following steps: 1. Exploratory (bibliographic, documentary and infographic research); 2. Experimental inductive (field measurements and structured interviews) and 3. Computational deductive (simulation of predictive models). The structure of the work demonstrates how the research object was understood and how can be developed studies in this subject, first presenting the environmental conditions (natural landscape and climate) and the architectural-urban form considered to further develop the association among the main themes - architecture and environment. The analysis considers the subjective perception of the author, from the observation of fragments of architectural-urban space, belonging to a whole. The work confirms the initial hypothesis, according as recommends architectural and urban design propositions for the case study, based on the environmental performance criteria. In addition, it stimulates discussion, interest and knowledge on the topic and confirms the urgent incorporation of environmental studies in the urban planning and in the architectural design proposals.

Keywords: 1. Architectural-urban form; 2. Environmental performance; 3. Microscale; 4. Built density; 5. Urban Law.

Lista de Figuras

- 1-1** Localização de Florianópolis. (p.47)
- 1-2** Mapa de superfície de Florianópolis. (p.48)
- 1-3** Mapa de declividade de Florianópolis. (p.48)
- 1-4** Florianópolis: Distribuição da direção e da velocidade do vento. (p.50)
- 1-5** Trajetória solar anual em Florianópolis. (p.51)
- 1-6** Esquemas das escalas horizontais e verticais de análise do clima urbano. (p.53)
- 1-7** Estrutura viária e ocupação urbana atual de Florianópolis. (p.55)
- 1-8** Zoneamento mesoclimático de Florianópolis. (p.55)
- 1-9** Paisagem natural e meio ambiente artificial do distrito central de Florianópolis. Parte insular Oeste, vista desde o continente. (p.56)
- 2-1** Evolução da forma arquitetônico-urbana do distrito central de Florianópolis. (p.60)
- 2-2** Distrito central de Florianópolis ontem e hoje. (p.61)
- 2-3** Perfil urbano atual do Centro de Florianópolis. (p.61)
- 2-4** Distribuição dos espaços urbanos do Centro de Florianópolis. (p.62)
- 2-5** Vias, quarteirões e parcelas fundiárias do Centro de Florianópolis. (p.63)
- 2-6** Patrimônio histórico e cultural do Centro de Florianópolis. (p.64)
- 2-7** Gabaritos das edificações do Centro de Florianópolis. (p.65)
- 2-8** Usos do solo do Centro de Florianópolis. (p.66)
- 2-9** Vista panorâmica do conjunto construído 1. (p.76)
- 2-10** Vista panorâmica do conjunto construído 2. (p.77)
- 2-11** Vista panorâmica do conjunto construído 3. (p.79)
- 2-12** Vista panorâmica do conjunto construído 4. (p.80)
- 2-13** Vista panorâmica do recinto urbano 1. (p.81)
- 2-14** Vista panorâmica do recinto urbano 2. (p.81)
- 2-15** Vista panorâmica do conjunto construído 5. (p.82)
- 2-16** Volumetria do Centro de Florianópolis e unidades espaciais de análise. (p.83)
- 3-1** Associação da forma geométrica, topológica e ambiental. (p.87)
- 3-2** Localização, volumetria e parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 1. (p.90)
- 3-3** Perspectiva da Rua Deodoro, sentido Sudoeste-Nordeste. (p.91)
- 3-4** Perspectiva da Rua Felipe Schmidt, sentido Noroeste-Sudeste. (p.91)
- 3-5** Sombreamento do conjunto construído 1 no verão. (p.91)
- 3-6** Sombreamento do conjunto construído 1 no inverno. (p.91)
- 3-7** Concentração de pessoas sob as proteções solares na Rua Felipe Schmidt. (p.92)
- 3-8** Alterações visuais da luz natural nas fachadas das edificações coloniais. (p.93)
- 3-9** Localização, volumetria e parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 2. (p.94)
- 3-10** Perspectiva da Rua Deodoro, sentido Nordeste-Sudoeste. (p.95)

- 3-11 Perspectiva da Rua Vidal Ramos, sentido Noroeste-Sudeste. (p.95)
- 3-12 Sombreamento do conjunto construído 2 no verão. (p.96)
- 3-13 Sombreamento do conjunto construído 2 no inverno. (p.96)
- 3-14 Elementos construtivos de proteção e controle e apropriação do passeio da Rua Vidal Ramos. (p.98)
- 3-15 Volumetria do Edifício das Diretorias, visto da esquina da Rua Deodoro com a Rua Tenente Silveira. (p.99)
- 3-16 Marquise orgânica do Edifício das Diretorias, vista da esquina da Rua Deodoro com a Rua Tenente Silveira. (p.99)
- 3-17 Localização, volumetria e parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 3. (p.100)
- 3-18 Perspectiva da Rua dos Ilhéus, sentido Nordeste-Sudoeste. (p.101)
- 3-19 Perspectiva da Rua Anita Garibaldi, sentido Sudeste-Noroeste. (p.101)
- 3-20 Sombreamento do conjunto construído 3 no inverno. (p.101)
- 3-21 Sombreamento do conjunto construído 3 no verão. (p.101)
- 3-22 Aberturas e vedações transparentes aplicadas a 50% da área total de fachada. (p.103)
- 3-23 Utilização da iluminação artificial durante o ano laboral nas lojas comerciais do pavimento térreo das edificações. (p.104)
- 3-24 Localização, volumetria e parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 4. (p.104)
- 3-25 Perspectiva da Avenida Hercílio Luz, sentido Nordeste-Sudoeste. (p.106)
- 3-26 Perspectiva da Avenida Hercílio Luz, sentido Sudeste-Noroeste. (p.106)
- 3-27 Sombreamento do conjunto construído 4 no verão. (p.106)
- 3-28 Sombreamento do conjunto construído 4 no inverno. (p.107)
- 3-29 Aberturas e vedações transparentes aplicadas a 100% da área total de fachada. Edifício na Avenida Hercílio Luz. (p.109)
- 3-30 Aparelhos condicionadores do ar alteram a estética das fachadas das edificações. (p.109)
- 3-31 Localização, volumetria e parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 5. (p.109)
- 3-32 Perspectiva da Rua Tiradentes, sentido Sudeste-Noroeste. (p.110)
- 3-33 Perspectiva da Rua Nunes Machado, sentido Sudoeste-Nordeste. (p.110)
- 3-34 Sombreamento do conjunto construído 5 no verão. (p.111)
- 3-35 Sombreamento do conjunto construído 5 no inverno. (p.111)
- 3-36 Elementos construtivos de proteção e controle no pavimento térreo realizam a transição entre o meio exterior e o interior. (p.112)
- 3-37 Combinação de logradouros estreitos com construções de até três pavimentos atribui uma escala humana ao espaço público. (p.113)
- 3-38 Localização e volumetria do recinto urbano 1. (p.113)
- 3-39 Figueira Centenária da Praça XV de Novembro. (p.114)
- 3-40 Apropriação e permanência dos usuários da Praça XV de Novembro no inverno. (p.115)
- 3-41 Localização e volumetria do recinto urbano 2. (p.116)
- 3-42 Feira artesanal no Largo da Catedral Metropolitana em uma manhã de inverno. (p.117)

- 3-43** Horas diárias de sol no espaço exterior do Centro de Florianópolis no verão. (p.119)
- 3-44** Horas diárias de sol no espaço exterior do Centro de Florianópolis no inverno. (p.119)
- 3-45** Velocidade do vento Norte (m/s) no Centro de Florianópolis. Planta baixa. (p.123)
- 3-46** Velocidade do vento Norte (m/s) no Centro de Florianópolis. Cortes A, B e C. (p.123)
- 3-47** Velocidade do vento Sul (m/s) no Centro de Florianópolis. Planta baixa. (p.124)
- 3-48** Velocidade do vento Sul (m/s) no Centro de Florianópolis. Cortes A, B e C. (p.124)
- 3-49** Temperatura do ar (°C) no Centro de Florianópolis ao meio-dia do verão. (p.128)
- 3-50** Temperatura do ar (°C) no Centro de Florianópolis ao meio-dia do inverno. (p.128)
- 3-51** Qualidade ambiental urbana em escala local no Centro de Florianópolis. (p.132)
- 3-52** Sombreamento e número de horas de sol nas fachadas das edificações de planta baixa de base retangular no inverno em Florianópolis. (p.138)
- 3-53** Desempenho do vento na escala do pedestre (a 1,5 metros do solo) nas edificações de planta baixa de base retangular em Florianópolis. (p.138)
- 3-54** Estudo dos limites verticais e dos afastamentos entre as construções em Florianópolis, para garantia do acesso solar em ambientes exteriores e interiores, segundo a posição das edificações. (p.139)
- 3-55** Relação geométrica de edifícios e vias aéreas. (p.140)
- 3-56** Associação de base horizontal contínua e compacta com edificação isolada sobreposta. (p.141)
- 3-57** Orientação das vias e acesso solar em Florianópolis: vias de sentido Noroeste-Sudeste e Nordeste-Sudoeste. (p.142)
- 3-58** Orientação das vias e acesso solar em Florianópolis: vias de sentido Leste-Oeste e Norte-Sul. (p.142)
- 3-59** Aumento ou redução da velocidade do vento em vias padrão na escala do pedestre (a 1,5 metros do solo). (p.143)
- C-1** Localização da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz. (p.173)
- C-2** Dados da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz em 17/2/2013. (p.174)
- C-3** Dados da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz em 11/8/2013. (p.175)
- C-4** Dados da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz em 17/11/2013. (p.176)
- D-1** Localização dos pontos das medições sequenciais *in loco*. (p.178)
- E-1** Modelo de questionário sobre percepção, preferência e qualidade ambiental. (p.193)

Lista de Gráficos

- 1-1** Florianópolis: Variação da temperatura do ar (°C) no ano. (p.50)
- 1-2** Distribuição mensal da precipitação em Florianópolis. (p.52)
- 3-1** Iluminância (lux) no Centro de Florianópolis, às 12 horas do inverno, em condições de céu encoberto (50.000 lux). (p.121)
- 3-2** Velocidade do vento Norte (m/s) x altura (m) da UCL/RSL no Centro de Florianópolis. (p.126)
- 3-3** Velocidade do vento (m/s) no Centro de Florianópolis. (p.126)
- 3-4** Temperatura do ar (°C) no Centro de Florianópolis. (p.130)
- 3-5** Umidade relativa do ar (%) no Centro de Florianópolis. (p.131)
- E-1** Perfil dos usuários do Centro de Florianópolis: idade do entrevistado. (p.194)
- E-2** Perfil dos usuários do Centro de Florianópolis: meio de transporte que utiliza para se deslocar até o espaço. (p.194)
- E-3** Perfil dos usuários do Centro de Florianópolis: por qual motivo utiliza o espaço. (p.194)
- E-4** Perfil dos usuários do Centro de Florianópolis: frequência com que utiliza o espaço. (p.194)
- E-5** Como está se sentindo (verão). (p.195)
- E-6** Como preferia estar se sentindo (verão). (p.195)
- E-7** Como prefere a temperatura do ar (verão). (p.195)
- E-8** Como prefere a umidade relativa do ar (verão). (p.195)
- E-9** Como prefere o vento (verão). (p.195)
- E-10** Como prefere a insolação (verão). (p.195)
- E-11** O que mais incomoda (verão). (p.195)
- E-12** Como está se sentindo (inverno). (p.196)
- E-13** Como preferia estar se sentindo (inverno). (p.196)
- E-14** Como prefere a temperatura do ar (inverno). (p.196)
- E-15** Como prefere a umidade relativa do ar (inverno). (p.196)
- E-16** Como prefere o vento (inverno). (p.196)
- E-17** Como prefere a insolação (inverno). (p.196)
- E-18** O que mais incomoda (inverno). (p.196)
- E-19** Como está se sentindo (meia-estação). (p.197)
- E-20** Como preferia estar se sentindo (meia-estação). (p.197)
- E-21** Como prefere a temperatura do ar (meia-estação). (p.197)
- E-22** Como prefere a umidade (meia-estação). (p.197)
- E-23** Como prefere o vento (meia-estação). (p.197)
- E-24** Como prefere a insolação (meia-estação). (p.197)
- E-25** O que mais incomoda (meia-estação). (p.197)
- E-26** Relação entre a porcentagem de usuários insatisfeitos (%) e a temperatura do ar intraurbana (°C) em Florianópolis. (p.198)
- E-27** Opinião dos usuários do Centro de Florianópolis sobre a qualidade ambiental em escala local. (p.199)

Lista de Tabelas

- 2-1** Propriedades radiantes de superfícies urbanas e de materiais construtivos. (p.73)
- 2-2** Propriedades térmicas de solos e de materiais de pavimentação. (p.74)
- 3-1** Objetivos, critérios de avaliação e parâmetros de influência da forma arquitetônico-urbana nos fatores ambientais. (p.89)
- 3-2** Resultados de desempenho ambiental do conjunto construído 1. (p.90)
- 3-3** Resultados de desempenho ambiental do conjunto construído 2. (p.94)
- 3-4** Resultados de desempenho ambiental do conjunto construído 3. (p.100)
- 3-5** Resultados de desempenho ambiental do conjunto construído 4. (p.104)
- 3-6** Resultados de desempenho ambiental do conjunto construído 5. (p.110)
- 3-7** Resultados de desempenho ambiental do recinto urbano 1. (p.114)
- 3-8** Resultados de desempenho ambiental do recinto urbano 2. (p.116)
- 3-9** Limites verticais das construções em Florianópolis, para vias de orientação Leste-Oeste. (p.142)
- 3-10** Limites verticais das construções em Florianópolis, para vias de orientação Norte-Sul, Noroeste-Sudeste e Nordeste-Sudoeste. (p.143)
- 3-11** Influência do albedo dos materiais de pavimentação na temperatura de superfície (°C) no verão de Florianópolis. (p.147)
- D-1** Especificações da estação meteorológica portátil Kestrel 4.500 NV. (p.179)
- D-2** Especificações do luxímetro digital portátil LX1010BS. (p.179)
- D-3** Especificações do decibelímetro digital ITDEC-3000. (p.179)
- D-4** Dados das medições de velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar à sombra no verão. (p.180)
- D-5** Dados de iluminância à sombra no verão. Abóbada celeste clara (100.000 lux). (p.183)
- D-6** Dados das medições de velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar à sombra no inverno. (p.184)
- D-7** Dados de iluminância à sombra no inverno. Abóbada celeste clara (50.000 lux). (p.187)
- D-8** Dados das medições de velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar à sombra na meia-estação. (p.188)
- D-9** Dados de iluminância à sombra na meia-estação. Abóbada celeste clara (100.000 lux). (p.191)

Lista de Quadros

- 2-1** Parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 1. (p.76)
- 2-2** Parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 2. (p.77)
- 2-3** Parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 3. (p.79)
- 2-4** Parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 4. (p.80)
- 2-5** Parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 5. (p.82)
- 3-1** Insolação e iluminação natural nas vias e coberturas das edificações do Centro de Florianópolis. (p.120)
- 3-2** Ventilação natural predominante Norte (m/s) no Centro de Florianópolis. (p.125)
- 3-3** Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) no Centro de Florianópolis. (p.129)

Lista de símbolos, termos e unidades

α	Albedo (adimensional)
Atot	Área útil total construída (m^2)
CA	Coefficiente de aproveitamento (adimensional)
Cf	Fator de compacidade (adimensional)
Cv	Capacidade térmica [$J/(m^3 C)$]
D	Afastamento entre edificações
Dc	Densidade construída (adimensional)
ϵ	Emissividade (adimensional)
FVC	Fator de visão do céu (adimensional)
FVCmed	Fator de visão do céu médio (adimensional)
Hmed	Altura média das edificações (m)
I	Inclinação da via (graus)
L	Comprimento da via (m)
O	Orientação da via (adimensional)
Po	Fator de porosidade (adimensional)
Rg	Fator de rugosidade (m)
Si	Fator de sinuosidade (adimensional)
T	Temperatura do ar ($^{\circ}C$)
TI	Taxa de impermeabilização do solo (%)
TO	Taxa de ocupação (%)
U	Transmitância térmica [$W/(m^2C)$]
UR	Umidade relativa do ar (%)
Vmed	volume médio construído (m^3)
W	Largura da via (m)
λ	Condutividade térmica [$W/(m C)$]

Lista de Equações

2-1	Altura média das edificações (Hmed). (p.69)
2-2	Área útil total construída (Atot). (p.69)
2-3	Coefficiente de aproveitamento (CA). (p.69)
2-4	Taxa de ocupação (TO). (p.69)
2-5	Taxa de impermeabilização do solo (TI). (p.70)
2-6	Densidade construída (Dc). (p.70)
2-7	Volume médio construído (Vmed). (p.70)
2-8	Fator de compacidade (Cf). (p.70)
2-9	Fator de rugosidade (Rg). (p.71)
2-10	Fator de porosidade (Po). (p.71)
2-11	Fator de sinuosidade (Si). (p.71)

Lista de Siglas

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMC Área Mista Central
ARP Área Residencial Predominante
APC Área de Preservação Cultural
AVA Avaliação da Ventilação do Ar
CAD Computer-Aided Design
CMF Câmara Municipal de Florianópolis
CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSAC Centre for Sustainable Asian Cities
DETRAN/SC Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina
FCC Fundação Catarinense de Cultura
SIG Sistema de Informações Geográficas
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET Instituto Nacional de Meteorologia
IPHAN Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IPUF Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis
ISO International Organization for Standardization
PET Temperatura Fisiológica Equivalente
PMF Prefeitura Municipal de Florianópolis
PMV Voto Médio Predito
PPD Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas
RSL Subcamada de Rugosidade
SARS Síndrome Respiratória Aguda Grave
SEPHAN Serviço do Patrimônio Histórico, Artístico e Natural do Município
SIG Sistema de Informações Geográficas
UBL Camada Limite Urbana
UCL Camada de Cobertura Urbana
UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

Sumário

Introdução (p.31)

Estado da arte (p.37)

Capítulo 1 Clima local e clima urbano (p.45)

1.1 Apresentação da paisagem natural e do clima local (p.47)

1.2 Formação do clima urbano (p.53)

Capítulo 2 Forma arquitetônico-urbana (p.57)

2.1 Caracterização da forma arquitetônico-urbana (p.59)

2.2 Parametrização da forma arquitetônico-urbana (p.68)

Capítulo 3 Forma arquitetônico-urbana e desempenho ambiental (p.85)

3.1 Introdução (p.87)

3.2 Análise do desempenho ambiental da forma arquitetônico-urbana: a escala das partes (p.90)

3.3 Análise do desempenho ambiental da forma arquitetônico-urbana: a escala do todo (p.118)

3.4 Estudo de proposições de desenho arquitetônico e urbano (p.135)

3.5 Considerações finais (p.148)

Conclusões (p.151)

Referências bibliográficas (p.155)

Apêndices (p.167)

A Termos e definições (p.169)

B Literatura de apoio (p.172)

C Registros climáticos em meio ambiente natural (p.173)

D Medições *in loco* (p.177)

E Questionários (p.192)

F Simulações computacionais (p.200)

Introdução

Os impactos ambientais associados ao espaço construído são temas de pesquisas cada vez mais frequentes. Questões como a degradação ambiental resultante do crescimento e do adensamento construído das cidades, assim como as possíveis metodologias para a melhor compreensão dos seus impactos, vêm sendo estudadas por profissionais de áreas diversas e sob diferentes enfoques. De maneira geral, essas pesquisas são constituídas por alguns indicadores ambientais que estabelecem relações com índices econômicos, sociais e territoriais, mais do que com fatores urbanos e arquitetônicos. Somente algumas investigações apresentam como objetivo avaliar a relação entre as configurações arquitetônicas (como parte do conjunto urbano) e seus potenciais impactos ambientais.

Na Ásia, por exemplo, o Centre for Sustainable Asian Cities (CSAC) em Singapura desenvolve métodos de investigação com o objetivo de ampliar o conhecimento que auxilie o desenvolvimento sustentável das cidades asiáticas (CELANI, 2010). O estudo oferece subsídio para a definição das consequências ambientais de diferentes formatos de densidade urbana e para a compreensão dos microclimas das cidades. Já no Brasil, as investigações que associam a arquitetura e o ambiente mostram-se ainda incipientes, com resultados setoriais e sem uma abordagem abrangente para uma aplicação eficaz. Existem mais pesquisas sobre o impacto ambiental gerado pelas edificações que constituem produto do mercado imobiliário informal, como as favelas (HUBNER; OLIVEIRA; SANTO, 2004; MUCELIN; BELLINI, 2008) do que análises acerca dos impactos ambientais provenientes da arquitetura originada pelo mercado imobiliário formal. Essa constatação demonstra a necessidade de avaliar o impacto do espaço construído no meio ambiente natural levando em consideração seus instrumentos regulatórios.

A estrutura da maioria das cidades brasileiras está determinada por meio das legislações de controle do uso e ocupação do solo que definem a forma urbana e, de alguma maneira, a arquitetura resultante. A aplicação desses elementos regulatórios ocorre principalmente a partir dos planos diretores municipais e das normativas no âmbito da edificação, estabelecendo os parâmetros para as parcelas fundiárias, a porcentagem de sua ocupação, a altura das edificações e os afastamentos entre elas, o uso destinado aos objetos construídos, a densidade construída e populacional, as áreas livres ou edificadas, os espaços verdes, chegando a legislar alguns indicadores arquitetônicos como, por exemplo, as dimensões mínimas dos espaços interiores e das aberturas. Apesar da existência dessas legislações, na maioria das vezes sua elaboração não considera os aspectos relacionados com a ambiência do espaço urbano e arquitetônico, estando embasadas principalmente em questões econômicas. A aplicação conjugada dos diferentes indicadores arquitetônico-urbanos e ambientais apresenta

relevância, uma vez que esses instrumentos são decisivos no estudo dos impactos gerados pelos assentamentos humanos, com consequente definição da qualidade e do desempenho ambiental do espaço construído.

As edificações inevitavelmente alteram o meio ambiente natural e, em particular, os aspectos físicos do clima local: a velocidade e a direção dos ventos, a radiação e a luz solar. Possíveis impactos ambientais negativos incluem, por exemplo, a obstrução indesejável do vento - aumentando as temperaturas do ar nos ambientes exteriores e interiores e contribuindo inclusive para a formação das ilhas de calor urbanas; o aumento da velocidade dos ventos em torno dos edifícios - levando a condições desconfortáveis e perigosas para os pedestres; o sombreamento ou a incidência excessiva da luz solar nos recintos urbanos. Outros efeitos são provenientes especificamente da ação antropogênica, como a poluição atmosférica e o ruído. Este trabalho aborda os impactos ambientais da forma arquitetônico-urbana, sendo esta última entendida como a combinação dos elementos construídos da cidade, suas condições geomorfológicas e sociais, resultando na ocupação urbana final. A pertinência atual do tema proposto está na incorporação do ambiente não somente como um condicionante do projeto arquitetônico-urbano, mas como sua principal finalidade. Sua importância teórica centra-se na relevância que o projeto arquitetônico e urbano tem no desempenho compositivo - ambiental do espaço construído.

Esta tese analisa a associação entre o conjunto de edificações e o ambiente em que se insere, como parte de uma configuração arquitetônico-urbana que impõe atributos formais e ambientais ao seu entorno imediato. O contexto de alta densidade construída de Florianópolis-SC constitui a referência espacial, onde foi realizado o estudo de caso para avaliar as questões específicas sobre a configuração do conjunto arquitetônico-urbano e sua relação com o clima local. A pesquisa realiza um estudo comparativo entre os fatores climáticos e as alterações e resultados do clima nas zonas intraurbanas (microescala), levando a parte das conclusões sobre as influências do conjunto construído no desempenho ambiental arquitetônico-urbano. O trabalho se propõe a realizar uma análise com enfoque no tema (arquitetura e ambiente), com possibilidade de aproveitamento em outros estudos de caso similares, desde que consideradas as especificidades e devidas limitações. Parte-se da **hipótese** de que existem formas arquitetônico-urbanas mais apropriadas do que as previstas pela legislação urbana e edilícia para o alcance do melhor desempenho ambiental, sendo possível avaliar quais as composições mais adequadas segundo os condicionantes locais.

Objetivo geral

Analisar o desempenho ambiental em microescala de um conjunto de edificações em contexto de alta densidade construída em Florianópolis - SC.

Objetivos específicos

- Apresentar a paisagem natural e o clima local de Florianópolis.
- Caracterizar a forma arquitetônico-urbana em microescala de um recorte espacial de alta densidade construída em Florianópolis, segundo parâmetros relacionados com o desempenho ambiental.
- Analisar o desempenho ambiental da forma arquitetônico-urbana considerada, por meio de trabalhos de campo e de gabinete.
- Estudar proposições de desenho arquitetônico e urbano para Florianópolis, a partir de critérios de desempenho ambiental.

Metodologia

Esta tese é produto de um extenso trabalho de campo e de gabinete, desenvolvido entre os anos 2012 e 2015, e que apresenta por base o estudo de caso de uma área urbana específica do distrito central de Florianópolis. As avaliações e conclusões da pesquisa resultam de uma vasta revisão de literatura e de dezenas de visitas a campo, com centenas de registros fotográficos, escritos e orais anotados pela autora, assim como de estudos computacionais elaborados durante esse período. A investigação se utiliza de dados quantitativos e qualitativos, desenvolvendo-se a partir das seguintes etapas: 1. Exploratória (investigação bibliográfica, documental e infográfica); 2. Indutiva experimental (levantamento em campo de informações microclimáticas, individuais e subjetivas) e 3. Dedutiva computacional (simulação de modelos preditivos). As pesquisas bibliográfica, documental e infográfica fundamentaram o desenvolvimento teórico e prático da investigação. Os trabalhos de campo e os métodos computacionais possibilitaram analisar, verificar e simular o caso estudado e as propostas desenvolvidas no trabalho.

• Etapa exploratória

Pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica foi focalizada nas publicações que interessavam diretamente ao tema do trabalho – a relação entre arquitetura e ambiente. As referências teóricas adotadas fundamentam-se na importância do projeto arquitetônico e urbano como definidor e essência da forma do conjunto construído e do desempenho do seu resultado final. A revisão de literatura possibilitou o conhecimento das questões essenciais sobre os temas tratados, e parte de seu conteúdo pode ser conferido nos Apêndices A e B. O **Apêndice A** apresenta os termos e as definições adotadas na pesquisa e o **Apêndice B** indica as bibliografias de apoio utilizadas na fundamentação teórica.

A pesquisa bibliográfica tratou ainda de identificar as metodologias cientificamente comprovadas para a análise da relação entre a forma arquitetônico-urbana e o ambiente, e os instrumentos utilizados nesse tipo de estudo: medições *in loco* com o uso de estações meteorológicas fixas ou

móveis, aplicação de questionários de percepção e preferência ambiental com os usuários do espaço urbano exterior e simulações computacionais. Considerando os métodos cientificamente comprovados e de acordo com a disponibilidade de tempo, pessoal, equipamentos e recursos, esses procedimentos foram adaptados ao presente trabalho, para a análise do estudo de caso proposto.

Pesquisa documental e infográfica. O diagnóstico do recorte espacial considerado teve por base dois tópicos principais: 1. Paisagem natural e clima local; 2. Forma arquitetônico-urbana. Para esta etapa, foram utilizados os seguintes instrumentos: bases cartográficas e fotografias aéreas do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF) e do Google Earth, vetorizadas por meio do software AutoCAD (Computer Aided-Design); levantamento fotográfico simples e a partir de técnica específica com lente olho de peixe, particularmente adequada para avaliações em ambientes urbanos (SVENSSON, 2004; GÁL et al., 2007, 2009); legislação urbana e ambiental vigente.

- **Etapa indutiva experimental**

Medições *in loco*. Foram realizadas medições *in loco* de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, iluminância e nível de ruído, em locais de interesse do recorte espacial estudado, para fins de análise ambiental e de calibração dos modelos computacionais desenvolvidos na pesquisa. O procedimento foi realizado em dias representativos do verão, do inverno e da meia-estação (primavera) do ano de 2013. **Ainda que as medições *in loco* tenham sido realizadas segundo as normas técnicas específicas, a precisão de seus resultados não consistiu no objetivo principal desta pesquisa.** Os dados obtidos nas medições *in loco* foram comparados com os registros climáticos dos mesmos períodos da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz (**Apêndice C**), considerada neste trabalho como representativa do meio ambiente natural. Os procedimentos completos das medições *in loco*, as especificações dos aparelhos de medição utilizados e os dados obtidos em campo na íntegra estão disponíveis no **Apêndice D**.

Aplicação de questionários. Foram aplicados duzentos questionários com usuários do espaço urbano analisado, com o objetivo de avaliar sua percepção e preferência ambiental. Os questionários foram executados no decorrer do ano de 2013, no período diurno. O modelo de questionário adotado foi adaptado de normas internacionais sobre o ambiente térmico (ISO 10551, 1995). **O resultado piloto dos questionários determinou a necessidade de sua complementação, com a inclusão de aspectos relacionados com a qualidade ambiental urbana em escala local, a partir de observações realizadas pelas pessoas que participaram do estudo.** Apesar de o questionário estar constituído de perguntas fechadas, foram registradas eventuais considerações dos usuários sobre os ambientes urbanos analisados. Os procedimentos completos de aplicação dos questionários, o modelo de questionário utilizado e os resultados obtidos na íntegra estão disponíveis no **Apêndice E**.

- **Etapa dedutiva computacional**

Foram desenvolvidas simulações computacionais para fins de análise ambiental em complemento às medições *in loco* - no verão, no inverno e na meia-estação (primavera). Os softwares utilizados nesta pesquisa foram o Envi-met 3.1 (ENVI-MET, 2012) e o Autodesk Ecotect Analysis (AUTODESK, 2012), que são os programas mais aceitos na comunidade científica a título de avaliação ambiental em escala microclimática. Além das simulações computacionais do recorte espacial considerado, foram desenvolvidos modelos parametrizados com o objetivo de avaliar o desempenho ambiental de formas arquitetônico-urbanas pré-determinadas. Os procedimentos completos e os dados de entrada das simulações computacionais estão disponíveis no **Apêndice F**.

As análises sobre o desempenho ambiental da forma arquitetônico-urbana estudada constituem um produto de todas as etapas de trabalho acima explicitadas. A tabela abaixo resume os instrumentos, os resultados obtidos e os apêndices relacionados a cada uma das etapas:

Etapa	Instrumentos	Resultados	Apêndices
Exploratória	Publicações de referência sobre o tema; bases cartográficas do IPUF e do Google Earth; Software AutoCAD; máquina fotográfica	Revisão de literatura; acervo documental e infográfico; notas de campo	Apêndices A e B
Indutiva experimental	Aparelhos de medição de umidade relativa e temperatura do ar, vento, iluminação e acústica; questionários estruturados	Medições <i>in loco</i> dos fatores ambientais; percepção e preferência ambiental dos usuários	Apêndices C, D e E
Dedutivo computacional	Softwares Envi-met e Autodesk Ecotect Analysis	Simulação computacional de umidade relativa e temperatura do ar, ventilação natural e insolação	Apêndice F

É importante ressaltar que toda a produção visual deste trabalho – mapas, desenhos, fotos, gráficos, tabelas e quadros – foi desenvolvida pela autora, salvo as representações devidamente identificadas com a respectiva fonte.

Estrutura do trabalho

A estrutura deste trabalho está organizada para demonstrar como o objeto de pesquisa foi compreendido e como podem ser desenvolvidos os futuros estudos nessa temática, com a informação da sequência de etapas a serem abordadas. Por conseguinte, o texto principal está dividido em três capítulos, que conciliam os dois assuntos fundamentais (arquitetura e ambiente):

Capítulo 1: Clima local e clima urbano

O Capítulo 1 trata da apresentação do clima local e dos fatores que formam o clima urbano de Florianópolis, como condição necessária para a análise de desempenho ambiental proposta neste trabalho. Haja vista que o recorte espacial considerado está no distrito central de Florianópolis, faz-se necessário o estudo do seu território, onde os aspectos geocológicos, paisagísticos e urbanos interferem nos fenômenos climáticos. Para alcançar esse objetivo, inicialmente busca-se uma breve definição da paisagem e dos sistemas naturais, versando sobre os fatores climáticos locais para, posteriormente, abordar a urbanização que se apropriou do meio ambiente natural de Florianópolis.

Capítulo 2: Forma arquitetônico-urbana

O objetivo do Capítulo 2 é caracterizar a forma arquitetônico-urbana em microescala do objeto de estudo, como resultado do processo de apropriação do meio ambiente natural. Primeiramente, são abordados sucintamente os aspectos conceituais sobre a forma da cidade e o ambiente. Apresenta-se então a evolução urbana e o papel dos instrumentos de controle do uso e ocupação do solo no recorte espacial considerado nesta pesquisa. Em seguida, descreve-se a distribuição, a disposição e o conteúdo dos seus elementos arquitetônicos e urbanos, como definidores de sua forma arquitetônico-urbana atual. Posteriormente, apresentam-se os parâmetros utilizados para o estudo de desempenho ambiental proposto, e sua aplicação em unidades espaciais de análise que configuram partes pertencentes a um todo e que estabelecem resultados particulares em termos ambientais.

Capítulo 3: Forma arquitetônico-urbana e desempenho ambiental

O Capítulo 3 constitui o cerne da investigação e associa os conteúdos tratados nos capítulos anteriores. Uma vez que incorpora o assunto principal do trabalho, este capítulo apresenta introdução e considerações finais exclusivas, necessárias para o pleno entendimento das análises de desempenho ambiental do objeto de estudo e das possíveis proposições de desenho arquitetônico e urbano. A primeira parte do capítulo explicita os fatores ambientais, os objetivos e os critérios considerados no estudo de desempenho da forma arquitetônico-urbana. Na sequência, estão dispostos os resultados quantitativos e qualitativos obtidos nos trabalhos de campo e de gabinete, desde o ponto de vista da percepção subjetiva da autora e a partir da observação de fragmentos do espaço arquitetônico-urbano que pertencem a um todo. O estudo das propostas de desenho que melhor se adequam ao caso analisado objetivam, acima de tudo, estimular a discussão e o interesse acerca dos temas estudados. Finalmente, o texto encerra com algumas considerações finais sobre o objeto de estudo e em relação aos seus conteúdos principais: arquitetura e ambiente.

Estado da arte

Aspectos teóricos sobre a forma arquitetônico-urbana

Não existe um consenso na comunidade científica sobre qual a forma arquitetônico-urbana mais adequada para a obtenção do melhor desempenho ambiental; porém, o debate sobre a relação entre a configuração urbana e seus efeitos em termos ambientais tem ocorrido principalmente em torno de dois modelos de urbanização: o **disperso** e o **compacto**.

Modelo disperso

O modelo disperso é espacialmente maior e descentralizado, com eixos rodoviários prolongados e áreas suburbanas de baixa densidade populacional tipicamente residenciais. Apresenta como objetivo a redução dos efeitos negativos da cidade industrial sobre a saúde e o bem-estar do habitante urbano, com sua consequente melhoria na qualidade de vida (BREHENY, 1996). As possibilidades de aplicação desse modelo devem-se às novas tecnologias de transporte desenvolvidas a partir do final do século XIX, com as consequentes modificações estruturais nas cidades. Alguns urbanistas com seus estudos para o projeto de cidade ideal são precursores do modelo disperso, dentre os quais destacamos a bastante conhecida Cidade-jardim do inglês Ebenezer Howard (1892), a Cité Radieuse do franco-suíço Le Corbusier (1924) e a Broadacre City do norte-americano Frank Lloyd Wright (1932) (HOWARD, 2002; HALL, 2005; CHOAY, 2010).

Determinados fatores contribuem para a propagação da urbanização dispersa, como por exemplo: o valor amortizado dos terrenos das periferias; a globalização e o crescimento econômico; o aumento populacional; a falta de regulamentação e de planejamento do território; mudanças sociais, culturais e tecnológicas. Alguns impactos no meio ambiente natural são decorrentes da urbanização dispersa, como a utilização de áreas agrícolas e florestais para fins urbanos, com prejuízo da biodiversidade e com a impermeabilização dos solos.

A principal crítica negativa a esse modelo consiste na dependência em relação ao automóvel e em suas consequências ambientais, sociais e econômicas. Nesse sentido, são pioneiros os estudos de Newman e Kenworthy (NEWMAN; KENWORTHY, 1996) para as cidades americanas, que associam o aumento do uso do automóvel particular diretamente à dispersão urbana e aos atuais consumos de energia elétrica sendo, na opinião dos autores, menos importantes os benefícios apresentados pelo transporte privado. Já Gordon e Richardson (GORDON; RICHARDSON, 1997) questionam essa teoria com estudos que sugerem uma proporção maior de viagens locais e a curtas distâncias nas urbanizações dispersas, devido a um deslocamento em longo prazo das ofertas de emprego para as periferias. Por esse motivo, os pesquisadores opinam que não se justificariam altos investimentos públicos

com os sistemas de transporte em massa, a exemplo das redes ferroviárias. Além disso, as novas tecnologias “limpas” de baixo carbono, como os veículos de emissão zero, supostamente resultariam na sustentabilidade do transporte individual motorizado. Os aspectos negativos contrários à expansão urbana seriam, portanto, compensados pelos seus benefícios, uma vez que a dispersão promove melhor qualidade de vida às pessoas, independentemente de classe social.

Modelo compacto

O modelo compacto surgiu na década de 1960, como parte do movimento Novo Urbanismo, em reação à ampla expansão das cidades após a Segunda Guerra Mundial (ALFORD; WHITEMAN, 2009). Suas teorias intensificaram-se a partir dos anos 1980, quando iniciaram os debates sobre a sustentabilidade no planejamento urbano, em particular acerca da necessidade de redução dos deslocamentos (NEWMAN; KENWORTHY, 1996). Um dos seus principais objetivos consiste nos ganhos prometidos em termos de eficiência energética dos transportes e na consequente redução das emissões de dióxido de carbono, uma vez que combina maiores concentrações da população e acessibilidade local ao trabalho, comércio e serviços. Sempre associado às altas densidades urbanas, o modelo compacto considera que distâncias mais curtas resultam em incentivos aos deslocamentos a pé e de bicicleta, devendo para tanto estar integrado com uma rede de transportes públicos.

Em geral, o modelo compacto promove a distribuição de atividades em escala inter e intraurbana, reduzindo o tempo de deslocamento e tornando as cidades mais eficientes do ponto de vista ambiental (GAIGNÉ et al., 2012). Estudos que analisam a relação entre os diferentes padrões de expansão urbana e os deslocamentos em Milão, por exemplo, confirmam que a forma compacta resulta em menores impactos ambientais e em valores amortizados com a terra urbana (CAMAGNI et al., 2002; TRAVISI et al., 2010). A compactação permite ainda a melhor organização da oferta de infraestrutura e serviços, com mistura de usos em altas densidades, o que implica em menores emissões de poluentes em relação às baixas densidades, além de representar um menor custo econômico.

A forma arquitetônico-urbana compacta é, portanto, geralmente caracterizada como a mais eficiente para o uso racional de energia elétrica e para a preservação dos recursos naturais, diminuindo a poluição atmosférica, otimizando a infraestrutura urbana, protegendo áreas agrícolas rururbanas e incentivando a diversidade cultural e social. Mascaró (2001) cita Copenhague e Barcelona como cidades de alta densidade de ocupação do solo urbano, bons serviços de transporte público, e baixo consumo de energia *per capita* em relação às cidades dispersas de baixa densidade, baseadas no transporte automotor privado. Entretanto, os mesmos autores criticam a alta densidade urbana quando não consideradas as questões relacionadas com o clima, com as condições socioeconômicas locais e com o impacto no ambiente natural e construído.

Pesquisadores têm argumentado que uma política bem planejada de compactação urbana pode resultar na melhoria da oferta habitacional, da atividade cultural e comunitária, com maior coesão social, eficiência e equidade dos serviços coletivos (JENKS; BURTON; WILLIAMS, 1996). É consenso entre os proponentes do modelo compacto sobre a importância do planejamento urbano para a promoção e regulação de maiores densidades, de maneira a maximizar seus benefícios e evitar possíveis prejuízos ambientais.

O grau de compactação e dispersão de uma cidade é resultado de parâmetros e índices urbanísticos, como os afastamentos laterais e de fundos, recuos frontais, alturas das edificações, taxas de ocupação e de aproveitamento. A mensuração desses indicadores permite averiguar seu impacto morfológico e comparar os resultados do desempenho diferencial de seus índices construtivos (ANZOLCH, 2003). O estudo do impacto da forma arquitetônico-urbana no meio ambiente em que se insere oferece, portanto, subsídios para as intervenções na cidade e para a determinação da morfologia mais adequada em cada caso.

Forma arquitetônico-urbana e desempenho ambiental

As pesquisas sobre o desempenho ambiental da forma arquitetônico-urbana geralmente estão restritas à edificação e não atendem ao espaço exterior urbano. Nos casos em que o tema é abordado na escala urbana, o objetivo muitas vezes é o de prever as condições exteriores para a avaliação dos ambientes interiores. Nesta tese, as análises sobre o desempenho ambiental da forma arquitetônico-urbana consideram a correlação permanente entre o espaço urbano e o arquitetônico, e estão fundamentadas a partir dos seguintes parâmetros: insolação e iluminação natural, ventilação natural, umidade relativa e temperatura do ar, e qualidade ambiental urbana.

Forma arquitetônico-urbana, insolação e iluminação natural

A disponibilidade de acesso ao sol e à luz natural nas fachadas das edificações constitui o principal tema das pesquisas que relacionam esses parâmetros à forma arquitetônico-urbana. A incidência da radiação solar direta sobre as envoltórias da edificação está associada às condições de conforto térmico no interior dos ambientes, aos efeitos bactericidas do sol e ao aproveitamento da energia solar. O regulamento da insolação e da iluminação natural nas políticas de planejamento urbano teve início no século XIX, quando surgiram doenças e epidemias nas cidades do mundo recém industrializado. Esse cenário deveu-se em parte pelas situações sanitárias insalubres das densas urbanizações surgidas na época - onde o acesso ao sol era inviável, agravadas pelas migrações de residentes rurais que buscavam trabalho nas fábricas dos centros citadinos (BOUBEKRI, 2008).

Um dos projetos urbanos solares mais conhecidos é o plano de Barcelona, idealizado pelo engenheiro urbanista Ildefonso Cerdá entre 1850 e 1860. Cerdá concebeu um plano urbano com formato de tabuleiro em xadrez, composto por ruas de 20 metros de largura e quarteirões de 113 x 113 metros. Com o objetivo de maximizar o acesso solar, a altura dos edifícios foi cingida inicialmente em 16 metros e as taxas de ocupação do solo foram limitadas, de maneira a criar espaços abertos no interior das quadras e prover luz solar e ar fresco para todas as fachadas das edificações. Pouco se conserva atualmente do plano original de Cerdá: no decorrer dos anos, as áreas antes impedidas de construção foram ocupadas; as edificações, verticalizadas e vários dos recintos interiores dos quarteirões foram preenchidos. Todavia, essas alterações ocorreram sem comprometer completamente o acesso solar, conciliando a qualidade do espaço edificado com os interesses do mercado financeiro (DECKER, 2012).

Pesquisas recentes sobre esse assunto procuram vincular o máximo potencial construtivo com a disponibilidade de acesso ao sol e à luz natural na cidade (KNOWLES, 2003; KANTERS; HORVAT, 2012) ou definir a forma arquitetônico-urbana mais eficiente para uma mesma densidade construída (COMPAGNON, 2004; CHENG et al., 2006). Outros trabalhos desenvolvem parâmetros de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural (LEDER, 2007; LEDER et al., 2008; LEDER; PEREIRA, 2008) ou metodologias para averiguar o impacto no acesso solar e luminoso da vizinhança, proveniente de novas construções (SCALCO, 2010; SCALCO et al., 2010). Todo estudo relacionado ao tema precisa ponderar a obstrução da trajetória local aparente do sol e garantir o espectro de uma parte do céu e a insolação mínima nos recintos abertos. Duas horas diárias de exposição solar no ambiente urbano e arquitetônico são geralmente consideradas suficientes para garantir as exigências psicológicas do homem (PEREIRA, 1995; MIANA, 2010).

Forma arquitetônico-urbana e ventilação natural

A ausência ou a presença de vento consiste em um dos fatores de maior impacto sobre o clima das cidades. O vento modifica a temperatura do ar, o grau de perda da umidade e a transpiração da vegetação. Em climas quentes e úmidos, característicos das regiões brasileiras, um adequado conjunto urbanístico e arquitetônico favorece a dissipação do calor e melhora as condições térmicas, com redução no uso de condicionamento artificial. A ventilação natural consiste na principal estratégia passiva para esses casos, sendo importante manter seu apropriado potencial nos locais urbanizados e evitar a obstrução do vento dominante pelas construções.

Uma adequada circulação de ar no espaço urbano possibilita também o transporte de poluentes para fora da cidade, com efeitos benéficos na saúde das pessoas. Hong Kong, por exemplo, foi atingida em 2003 pela Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), causadora da morte de centenas de habitantes na época. Para solucionar os problemas relacionados com a poluição do ar, a administração municipal desenvolveu a metodologia

de Avaliação da Ventilação do Ar (AVA), que estabelece critérios de desenho para as situações de vento fraco, com o objetivo de promover o ar fresco e limpo em condições urbanas congestionadas (NG, 2009, 2010; YUAN; NG, 2012).

Por outro lado, a disposição dos volumes construídos pode aumentar as rajadas de vento no entorno dos edifícios, resultando em correntes constantes ou não uniformes arriscadas para os pedestres, e até mesmo fatais para idosos e enfermos (BLOCKEN; CARMELIET, 2004). O efeito da velocidade do vento na segurança do pedestre é frequentemente classificado pela escala de Beaufort (LAWSON; PENWARDEN, 1975), que foi desenvolvida em 1805 pelo hidrógrafo irlandês Francis Beaufort como um sistema para estimar os pontos fortes do vento sem a utilização de instrumentos. De acordo com essa escala, a velocidade do ar de 5 m/s determina o início do desconforto para o pedestre, os valores acima dos 10 m/s são definitivamente desagradáveis, e são consideradas perigosas as velocidades a partir dos 15 m/s, quando o pedestre está suscetível a golpes por rajadas. Estudos em condições tropicais recomendam os valores compreendidos entre os 3,5 e os 5,0 m/s (MIANA, 2010).

No planejamento das grandes cidades, a ventilação natural é geralmente tratada com um resumo de orientações durante a fase de aprovação do projeto urbano ou arquitetônico. Em alguns casos, como San Francisco, a legislação específica não permite novas construções antes da comprovação de que as condições de vento resultantes serão seguras e adequadas. Em Nova York, cerca de 30% dos projetos urbanos precisam ser revisados, devido aos rígidos padrões de controle da poluição do ar. Já em Boston, o Departamento de Planejamento especifica a obrigação de estudos pormenorizados da ventilação natural urbana em situações específicas de edifícios verticais (STATHOPOULOS, 2011, p.15).

Forma arquitetônico-urbana, umidade relativa e temperatura do ar

Os estudos sobre esse tema geralmente focam o aumento das temperaturas do ar em micro e em mesoescala, decorrente das funções e formas da cidade. As análises estão quase sempre baseadas em índices locais que determinam a zona de conforto térmico, definida como aquela que se encontra entre o frio tolerável (sem estar demasiado incômodo) e a condição que permite a adaptação ao calor, sem que o corpo humano tenha que realizar um esforço excessivo (OLGYAY, 1998, p.17). Indicadores têm sido desenvolvidos para medir o conforto térmico nos ambientes interiores e exteriores, como o Voto Médio Estimado (PMV) e a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD), baseados no modelo de conforto de Fanger (FANGER, 1970); a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), proposto por Gagge et al. (GAGGE et al., 1971) e aperfeiçoado por Höppe (HÖPPE, 1999); ou a Temperatura Efetiva Padrão para o Exterior (OUT_SET*) de Pickup e De Dear (PICKUP; DE DEAR, 2000). Fundamentados nesses modelos, foram estabelecidos alguns padrões internacionais de conforto térmico (ISO 7730, 2005; ASHRAE, 1992), que são utilizados como referência nesses estudos.

É comprovado que locais com uso do solo e área construída equivalente apresentam as mesmas características de temperatura do ar (FRANCO et al., 2010). Avaliações na área urbana de Toronto (RINNER; HUSSAIN, 2011), por exemplo, evidenciam diferenças significativas entre as temperaturas médias do ar das regiões destinadas ao uso industrial e comercial (29,1 °C), aos parques (25,1 °C) e às superfícies d'água (23,1 °C). Estudos empíricos em São Paulo (DUARTE; SERRA, 2003; DUARTE, 2010) também estabelecem correlações entre a temperatura do ar e alguns instrumentos regulatórios, como a taxa de ocupação e o coeficiente de aproveitamento, assim como a existência de arborização e de superfícies d'água. Avaliações na cidade de Damasco, Síria (YAHIA, 2012; YAHIA; JOHANSSON, 2012a, 2012b, 2012c), demonstram que o desenho das ruas, sua relação com a altura das edificações, o tipo de edifício (se isolado ou não), a orientação e a presença de vegetação exercem influência sobre a temperatura do ar no ambiente urbano.

De acordo com essas pesquisas, as diferentes densidades construídas estão relacionadas com o aquecimento urbano e são facilmente quantificáveis. Alguns autores (KRAYENHOFF et al., 2009; STEWART; OKE, 2009) propõem a adoção de zonas termoclimáticas como meio de padronização, classificação e comparação entre situações urbanas na escala próxima à superfície. Esse zoneamento define a capacidade de um sítio para modificar o seu microclima térmico, segundo as propriedades de radiação, térmicas, de rugosidade, umidade e antropogênicas.

Um dos principais efeitos dessas alterações são as ilhas de calor urbanas, que consistem no acréscimo das temperaturas do ar nas cidades em comparação ao seu entorno imediato não edificado, de caráter natural e rural. As temperaturas do ar em meio urbano são via de regra mais elevadas devido à maior condutividade e capacidade de contenção de calor nas construções, à menor evaporação, às transformações do vento em torno dos edifícios e à elevada concentração de poluentes na atmosfera. Durante o dia, os telhados, as ruas e as demais superfícies duras dos elementos construtivos armazenam calor, e esse aquecimento define a temperatura do ar inicial, que é dissipada no período noturno por convecção. Esse processo de resfriamento também ocorre no campo, porém a cidade em geral terá temperaturas do ar mais elevadas do que o entorno não edificado até o amanhecer.

Não existe um consenso sobre as épocas do ano de intensidades máximas das ilhas de calor, uma vez que esse resultado depende dos condicionantes de cada cidade, como o clima local, os fatores geográficos, a hora do dia e a estação do ano (UPMANIS; CHEN, 1999; VOOGT, 2004). Outros aspectos determinantes são a topografia, a densidade de edificações e as propriedades dos materiais de construção (PRATS et al., 2005). Alguns autores afirmam que a ilha de calor é mais forte no verão, conforme comprovam avaliações para Londres (KOLOKOTRONI; GIRIDHARAN, 2008), enquanto outros estudos mostram que as ilhas de calor prevalecem na estação inverno, como no caso de Barcelona (MORENO-GARCIA, 1994). Avaliações em Roma (FABRIZI et al., 2010) revelam um crescimento médio de magnitude de 3 a 4 graus na temperatura do ar durante a noite nos meses

de verão. Nas análises para Rancagua, Chile (SARRICOLEA et al., 2008), os resultados mostram a máxima intensidade da ilha de calor de 6°C no verão/primavera e de 3°C no inverno/outono.

O aumento das temperaturas do ar resulta em impactos ambientais significativos no meio urbano, em particular no que tange ao consumo de energia elétrica. Estudos para Los Angeles (AKBARI et al., 2001; AKBARI, 2005), indicam que a demanda de eletricidade nas cidades amplia em 2 a 4% para cada incremento de 1,0 °C na temperatura do ar, devido principalmente ao aumento da demanda de energia de pico para o arrefecimento no verão. Algumas das principais estratégias para controlar as temperaturas do ar no ambiente urbano são a inserção de áreas verdes, por meio de parques, praças ou conjuntos de árvores (GIRIDHARAN et al., 2007, 2008; YUAN; BAUER, 2007; SPANGENBERG et al., 2008; MONTEIRO; ALUCCI, 2009; BOWLER, D., BUYUNG-ALI, L., KNIGHT, T. & PULLIN, 2010; BOWLER et al., 2010; LABAKI et al., 2011; ANJOS et al., 2012) e a utilização de superfícies construídas de alto albedo, principalmente telhados e pavimentos urbanos exteriores (LEVINSON et al., 2005a, 2005b, 2007; AKBARI; LEVINSON, 2008; TAHA, 2008, 2009).

Forma arquitetônico-urbana e qualidade ambiental

Os estudos que abordam a qualidade ambiental urbana geralmente destacam os impactos ambientais derivados do crescimento das cidades, decorrentes da falta de infraestrutura para o atendimento às demandas da população. O tema aparece principalmente associado à apropriação do espaço e ao tipo de utilização do solo e, para sua análise, geralmente são considerados fatores físicos e sociais componentes da paisagem. A maioria dos autores (NUCCI, 2008; NETTO; KRAFTA, 2009; UGEDA JUNIOR; AMORIM, 2009; SCHMIDT; NUCCI, 2010; SILVA et al., 2010) utiliza indicadores ambientais, sociais, econômicos e culturais nesse tipo de avaliação.

Um dos principais estudos sobre o tema (NUCCI, 2008; SCHMIDT; NUCCI, 2010) fundamenta-se no “Planejamento da Paisagem”, que identifica as variáveis ou atributos negativos que possam comprometer a qualidade ambiental urbana, através de visitas a campo e pesquisa documental. O método apresenta por base um levantamento e representação cartográfica de atributos negativos. Essas variáveis incluem, por exemplo, carência de cobertura vegetal e de espaços livres de edificação, áreas com risco de enchentes, fontes potencialmente poluidoras, ruas com tráfego intenso de veículos e ruído acima do permitido por norma técnica. A conclusão consiste na construção de um mapa síntese de qualidade ambiental urbana, resultante da identificação, espacialização e quantificação dessas variáveis em plantas temáticas. O estudo pode subsidiar o planejamento urbano e o ordenamento da paisagem, diagnosticando os limites e as possibilidades do ambiente em relação ao seu uso e ocupação.

Para alguns pesquisadores (NETTO; KRAFTA, 2009; NETTO; SABOYA; et al., 2012; NETTO; VARGAS; et al., 2012) existe a necessidade de

indicadores que identifiquem como os diferentes padrões de morfologia arquitetônico-urbana (segundo o grau de compactidade e rarefação) impactam a microeconomia, a socialidade urbana ou a dependência veicular na movimentação intraurbana. Nesse sentido, Netto e Krafta (NETTO; KRAFTA, 2009) propõem fundamentos teóricos e metodológicos para um sistema de indicadores organizados em dois eixos: metaindicadores de desempenho (equidade, eficiência, qualidade espacial e sustentabilidade) e dimensões urbanas (morfologia, dinâmica socioeconômica, limiares urbanos e relações cidade-ambiente).

Apesar dos avanços dessas pesquisas nos últimos anos, os autores destacam as dificuldades para conhecimento dos impactos do conjunto das propriedades espaciais sobre as dinâmicas urbanas. Tal análise é importante para uma avaliação da cidade como fenômeno dinâmico e relacional, cujos componentes têm efeitos uns sobre os outros, principalmente quanto aos processos sociais e econômicos que dependem das estruturas urbanas para os resultados de vitalidade, equidade e eficiência.



1

Clima local e clima urbano





Foto:
Florianópolis, 2014

1.1

Apresentação da paisagem natural e do clima local

O clima local consiste em uma cadência rítmica e sucessiva de diversos tipos de tempo ou estados atmosféricos, considerando os fenômenos habituais da atmosfera nas distintas localidades, desde os dados e estados mais repetitivos até os mais raros ou extremos. Entende-se por estado da atmosfera o conjunto de atributos (radiação, temperatura e umidade do ar, e pressão atmosférica) que caracterizam a atmosfera em um determinado instante e lugar. Os estudos de climatologia abordam as interações desses diferentes estados atmosféricos com os fatores geocológicos e paisagísticos locais que compõem o meio ambiente natural. Neste subtítulo, os elementos que interagem e definem o clima local de Florianópolis serão abordados sucintamente, como condição necessária para o estudo de desempenho ambiental proposto no trabalho.

Fatores geocológicos e paisagísticos locais

Florianópolis está localizada na parte Leste do estado de Santa Catarina, nas coordenadas geográficas 27°36` S e 48°33` O. Possui uma área territorial de 675 km² e sua constituição física e ambiental se diferencia da maioria das capitais do Brasil pelo fato de que seu território se decompõe em duas estruturas principais: a porção continental, a Oeste, e a Ilha de Florianópolis, a Leste. A parte continental está limitada a Leste com o Oceano Atlântico e a Oeste com o município de São José (**Figura 1-1**).



Figura 1-1 Localização de Florianópolis. Fonte: Adaptado de Google Earth, 2012.

A Ilha está totalmente inserida no Oceano Atlântico e apresenta geometria bastante irregular, com dimensões aproximadas de 55 km no sentido Norte-Sul e de 15 km no sentido Leste-Oeste. Ilha e continente são separados em cerca de 500 metros no seu trecho mais próximo, onde desde a década de 1920 faz-se a travessia viária terrestre por meio de pontes que ligam a parte insular com a parte continental.

A Ilha caracteriza-se por um bloco maciço central, no sentido Norte-Sul, dividido em dois setores pela Planície do Campeche (**Figura 1-2**). No setor Norte, as elevações atingem altitudes de 150 a 400 metros. No setor Sul, as maiores altitudes definidas pelos morros e maciços atingem dos 250 aos 500 metros, com uma superfície máxima de 532 metros no Morro do Ribeirão, situado no distrito do Ribeirão da Ilha. Nas cotas inferiores insulares e continentais, os terraplenos apresentam uma altitude predominante de 25 metros. Os maciços que apresentam declividades acima dos 30% determinam as Áreas de Preservação com Uso Limitado (APL), e as regiões com declividade superior a 46,6% são classificadas pelo atual plano diretor de Florianópolis (IPUF, 2014) como Área de Preservação Permanente (APP) (**Figura 1-3**).

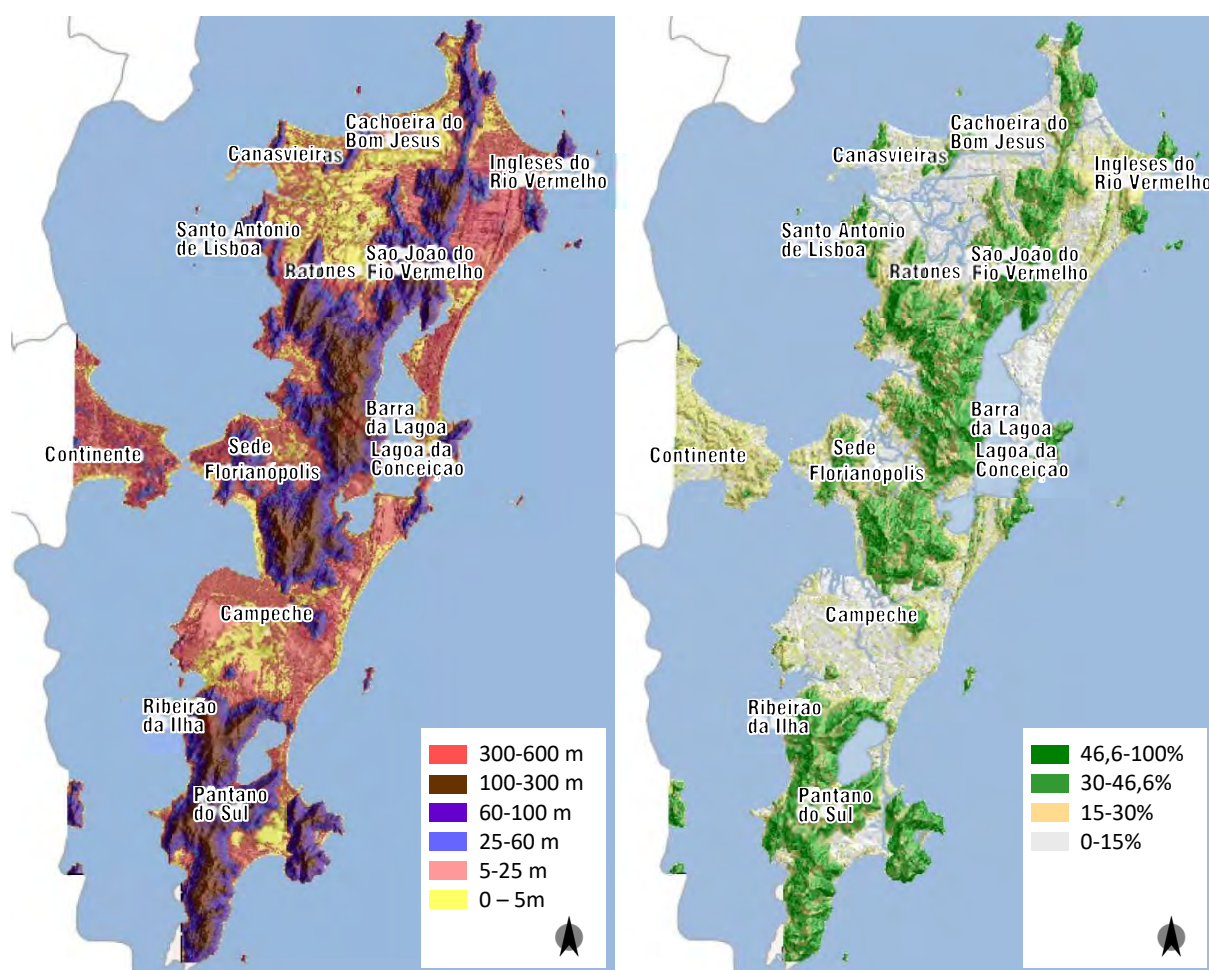


Figura 1-2 (Esquerda) Mapa de superfície (altitude) de Florianópolis.

Figura 1-3 (Direita) Mapa de declividade de Florianópolis.

Fonte: Adaptado do Geoprocessamento Corporativo do IPUF, 2014.

Esse maciço cristalino separa as faces Leste e Oeste da Ilha, determinando dois lados geologicamente diferentes. A face Oeste do maciço cristalino, voltada para as baías, apresenta elevações topográficas suaves e as suas águas tranquilas desenham pequenas enseadas por toda a costa. Já a face Leste, exposta ao mar aberto, apresenta praias e planícies extensas, e declividades acentuadas.

A diversidade geomorfológica estabeleceu diferentes ecossistemas em toda a Ilha. Os distintos ambientes são constituídos por praias, baías, costões, morros, promontórios, mangues, lagoas, restingas e dunas. Nesses sistemas, a vegetação da Ilha é geralmente classificada em dois grupos: o primeiro é determinado pelas condições dominantes do solo, e o segundo é determinado pelo clima. Assim, tem-se respectivamente os mangues (solo salinizado e pantanoso) e as dunas, restingas e vegetações de praia (solo arenoso), além da Mata Atlântica (elevado índice de umidade e baixa amplitude térmica).

Esses diversos sistemas naturais continuam perceptíveis, mesmo após os impactos da ocupação urbana ocorrida no decorrer dos séculos. No distrito central de Florianópolis, mais densamente edificado, a presença marcante dos morros e dos maciços com alta declividade mantém parte dos aspectos originais da natureza. Ainda assim, as alterações artificiais no meio ambiente natural das regiões planas impactaram consideravelmente o território continental e insular.

Fatores climáticos locais

O clima predominante em Florianópolis é o subtropical úmido ou subtropical *Cfa* na classificação climática de Köppen-Geiger, caracterizado por quatro estações bem definidas e verões úmidos controlados principalmente pelas massas de ar tropicais e polares.

Temperatura do ar (graus Celsius - °C)

Florianópolis possui amplitude térmica elevada e temperatura média do ar anual de 20°C, com média de 16°C no inverno e de 25°C no verão. As normais climatológicas registradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de 1961 a 1990 indicam que as temperaturas médias máximas do ar variam dos 20°C no inverno aos 28°C no verão, com máximas absolutas de 31°C e 38°C, respectivamente. Já as temperaturas médias mínimas do ar oscilam dos 13°C no inverno e aos 21°C no verão, com mínimas extremas de 1°C e 15°C (**Gráfico 1-1**).

A variação da temperatura horária no mês mais quente (fevereiro) e no mês mais frio (julho) resulta em uma senóide constante no decorrer do ano, com temperaturas mínimas diárias registradas em torno das 6 horas e máximas às 15 horas.

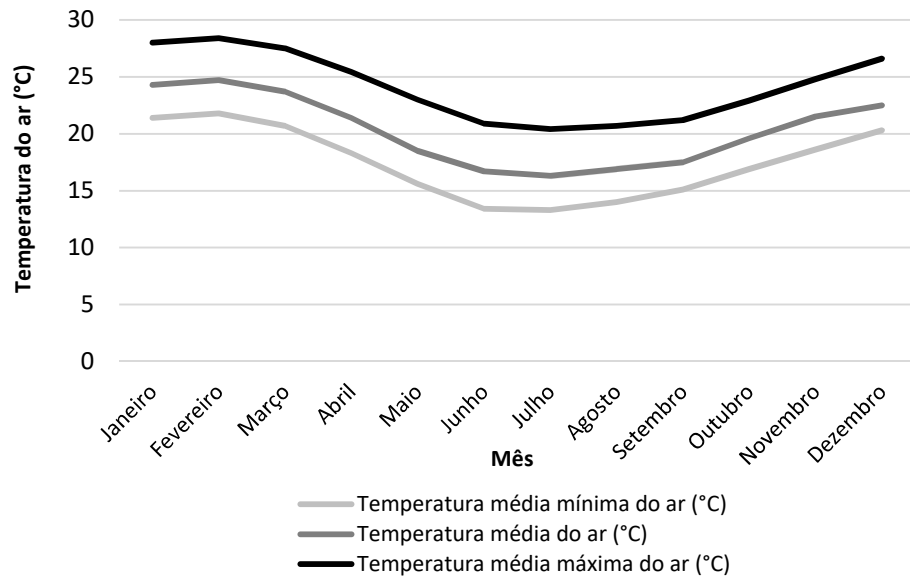


Gráfico 1-1 Florianópolis: Variação da temperatura do ar (°C) no ano.
 Fonte: INMET, 2012. Elaborado pela autora.

Umidade relativa do ar (porcentagem - %)

A umidade relativa do ar em Florianópolis mantém-se elevada durante todo o ano, com média anual de 82%. A umidade relativa do ar varia com a temperatura do ar, motivo pelo qual esses dois fatores climáticos são tratados conjuntamente neste trabalho.

Ventos (metros por segundo - m/s)

A velocidade média anual dos ventos é de 3 m/s, com máximas geralmente em torno dos 12 m/s (**Figura 1-5**). Em março de 2013 foram registradas velocidades de até 38 m/s. Em quase todo o ano predomina o vento Norte, que recebe influência da Massa de Ar Tropical Atlântica (quente e úmida). Nos meses de maio a setembro é bastante frequente ainda o vento Sul ou Sudoeste, geralmente em baixas velocidades.

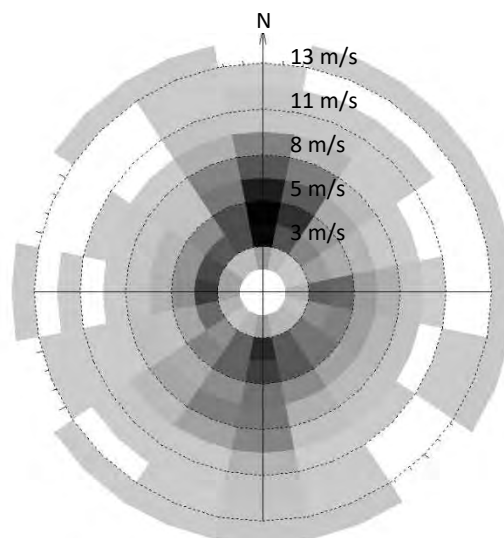


Figura 1-4 Florianópolis: Distribuição da direção e da velocidade do vento.
 Fonte: Adaptado de Ecotect, 2012.

O vento Sudoeste também é conhecido como minuano e recebe influência da Massa de Ar Polar Atlântica (fria e úmida), ocorrendo geralmente após as frentes frias e o período de chuvas no outono e no inverno. Outra particularidade acontece na primavera, quando são frequentes os ventos de direção Leste.

Radiação (horas)

A insolação total anual em Florianópolis é de 2096 horas, sendo que o mês de janeiro é o que recebe o maior número de horas de sol (201 horas). Já o mês de setembro recebe menos quantidade de sol, cerca de 129 horas. A altura solar máxima ao meio-dia é de 85° no verão e de 40° no inverno (Figura 1-5).

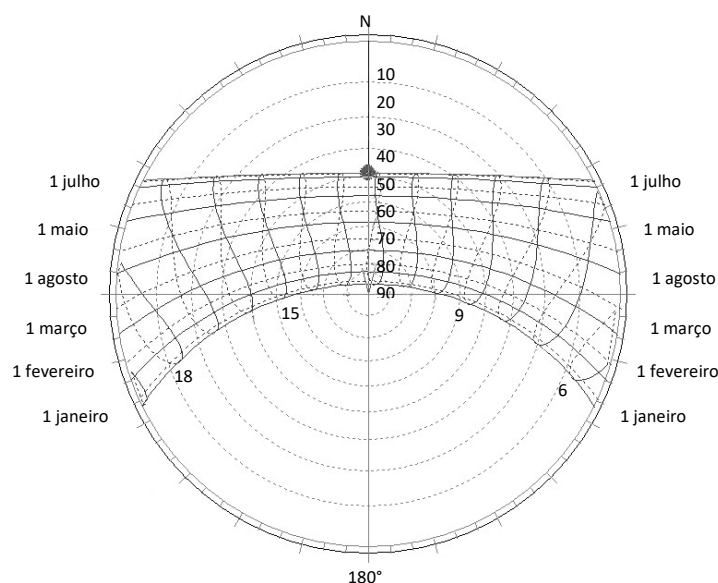


Figura 1-5 Trajetória solar anual em Florianópolis.
Fonte: Adaptado de Ecotect, 2012.

A disponibilidade solar e luminosa de um lugar depende de fatores como a estação do ano (dos dias luminosos de verão aos dias escuros de inverno), o clima (se chuvoso, nublado ou ensolarado) e o período do dia (do amanhecer ao entardecer).

Nebulosidade e tipo de céu (lux)

O sol constitui a fonte primária de radiação e luz, porém do ponto de vista da iluminação natural a abóbada celeste é a fonte de luz diurna considerada. De acordo com a região geográfica, a abóbada celeste pode ser encoberta, parcialmente coberta ou clara. O céu encoberto é o mais frequente em Florianópolis e ocorre de 30 a 50% ao ano, motivo pelo qual esse tipo de céu foi tomado como referência nesta pesquisa. A iluminância média global ao meio-dia varia dos 49.000 lux no inverno aos 88.000 lux no verão. A iluminância média difusa nesses mesmos períodos oscila dos 17.000 aos 37.500 lux (SOUZA; PEREIRA, 2004).

Precipitação (milímetros - mm)

A precipitação total é de cerca de 1517 mm, apresentando a maior média mensal no verão, quando chega a 197 mm no mês de fevereiro. O mês de junho possui a menor média mensal, com 89 mm (**Gráfico 1-2**).

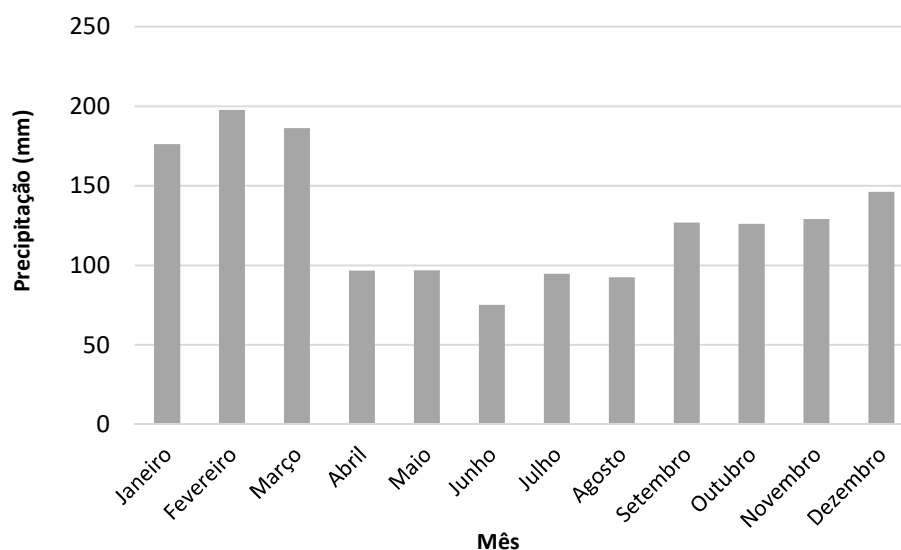


Gráfico 1-2 Distribuição mensal da precipitação em Florianópolis.
Fonte: INMET, 2012. Elaborado pela autora.

O verão se caracteriza pelas chuvas fortes e de curta duração, principalmente no período da tarde, devido à intensidade do calor e aos altos índices de umidade do ar. Essas precipitações geralmente resultam em tempestades, acompanhadas de descargas elétricas e rajadas de vento. Já no inverno, as chuvas são contínuas e menos intensas, com volume pluviométrico inferior e médias mensais abaixo dos 100 mm.

1.2

Formação do clima urbano

O contraste entre o clima local e aquele que é derivado do processo de urbanização consiste no principal fundamento dos estudos de climatologia urbana. Enquanto as zonas rurais são constituídas por terrenos com superfícies praticamente planas, as áreas urbanas caracterizam-se pelas extensões acidentadas provindas da massa construída. O clima urbano está geralmente associado aos seguintes fatores: localização da cidade na região, dimensão do espaço urbanizado, densidade construída, parcelamento e cobertura do solo, altura dos edifícios, orientação e largura das vias e existência de áreas verdes (GIVONI, 1998).

Diversos autores têm desenvolvido metodologias para o estudo do clima urbano, dentre os quais destacamos os pioneiros Monteiro (1976; 1990a; 1990b; 1990c) e Oke (1987), e as pesquisas recentes de Oke (2004; 2006), Krayenhoff et al. (2009) e Stewart e Oke (2009). Neste trabalho, o estudo do clima urbano obedece aos critérios de análise de Oke (1987, 2004, 2006) que define escalas horizontais e verticais na cidade, segundo a zona atmosférica. Em âmbito horizontal, o autor determina três escalas básicas: a mesoescala, a escala local e a microescala (**Figura 1-6**).

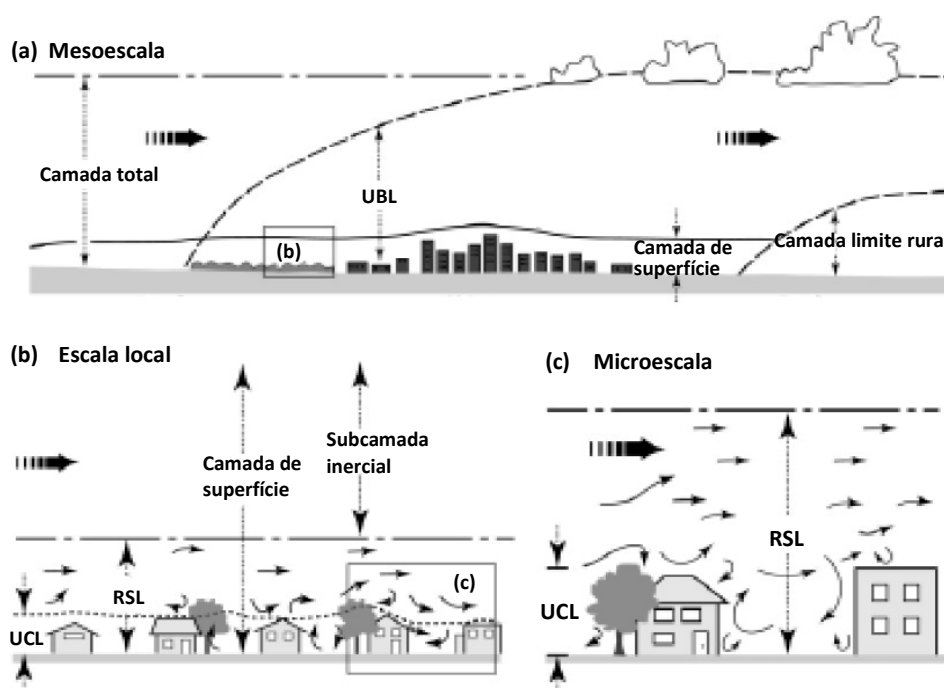


Figura 1-6 Esquemas das escalas horizontais e verticais de análise do clima urbano.
Fonte: Adaptado de Oke, 2006, p.3.

A mesoescala abrange dezenas de quilômetros de extensão e refere-se às influências de grandes áreas urbanas no tempo atmosférico e no clima. A escala local inclui aspectos da paisagem sem efeitos de microescala, como a topografia, e delimita regiões com atributos urbanos semelhantes. Já a

microescala considera que cada elemento do espaço urbano possui seu próprio microclima, estando relacionada com a configuração e dimensões de edifícios individuais, vias, pátios, vegetação, jardins, entre outros; estende-se de menos de um metro até centenas de metros.

Quanto às escalas verticais de análise do clima urbano, Oke (1987, 2004, 2006) destaca três classificações: UCL – urban canopy layer (camada de cobertura urbana), RSL – roughness sub-layer (subcamada de rugosidade) e UBL – urban boundary layer (camada limite urbana) (**Figura 1-6**). A UCL possui altura equivalente à média dos elementos de rugosidade (principais edifícios e árvores) e está no máximo a 300 metros de distância a partir do solo, onde ocorrem as trocas verticais de calor e umidade entre a atmosfera e os elementos urbanos, características da microescala. A RSL corresponde à escala local, onde ainda são perceptíveis alguns efeitos das características das superfícies individuais e dos obstáculos. A UBL representa a mesoescala e a interação do conjunto da cidade com o ambiente; está acima da altura das edificações e no limite da área de influência do espaço urbano com as alterações climáticas, tipicamente considerado dentro dos 1000 metros.

Nesta pesquisa, o estudo do clima urbano limita-se horizontalmente pela microescala e verticalmente pela UCL, que constituem o tema central do trabalho. Para seu entendimento, no entanto, faz-se necessário situar a zona microclimática considerada no respectivo mesoclima. Este subtítulo trata da apropriação do meio ambiente natural de Florianópolis pelo homem e de sua influência na formação das distintas zonas mesoclimáticas do território.

A apropriação do meio ambiente natural

O início do povoamento de Florianópolis data do século XVII. Em 1673 o bandeirante Francisco Dias Velho fundou Nossa Senhora do Desterro, estabelecendo o marco geográfico das primeiras construções. Em 1823, Desterro foi elevada à categoria de cidade, tornou-se capital da Província de Santa Catarina, inaugurando um período de grandes investimentos na construção de edifícios públicos e obras urbanas. Até as primeiras duas décadas do século XX, a ocupação populacional se restringiu basicamente às imediações da vila formada por Dias Velho e por apropriações pontuais dispersas pelo interior da Ilha. Somente no século XX houve a expansão urbana dessa área central para os balneários, configurando a forma atual da cidade. Florianópolis tornou-se um polo atrativo para o turismo e o emprego, exigindo novas estruturas urbanas e gerando um acréscimo populacional que totaliza hoje em mais de 421.000 pessoas (IBGE, 2010).

Nas últimas três décadas do século XX, novos bairros surgiram e ocupações desordenadas eclodiram em diversos pontos da Ilha. A estrutura urbana global da Ilha e do continente constitui-se atualmente das antigas e das novas estruturas espaciais, e segue a demanda imposta pela expansão urbano-turística do presente. O distrito central (também denominado Sede),

onde a Ilha mais se aproxima do continente, coincide com o núcleo histórico e constitui-se em um local de articulação do aglomerado urbano. A cidade expandiu-se linearmente, partindo do centro, pelas vias coloniais, que foram substituídas por novos caminhos em alguns trechos (**Figura 1-7**). O território de Florianópolis está delimitado principalmente pela água e apresenta áreas com forte resistência à ocupação. As principais regiões de preservação protegidas pela legislação ambiental e, portanto, impróprias para a ocupação humana, são os mangues, as dunas e as encostas dos morros.

Zoneamento mesoclimático

Os elementos constitutivos do clima associados às especificidades dos fatores geoecológicos e paisagísticos e à urbanização de Florianópolis contribuem fundamentalmente na caracterização climática das distintas partes do seu território (**Figura 1-8**). Enquanto a porção continental apresenta topografia e urbanização relativamente regular, a Ilha possui grande variação altimétrica, com áreas planas densamente urbanizadas em contraste com regiões de encostas de baixos índices construtivos.

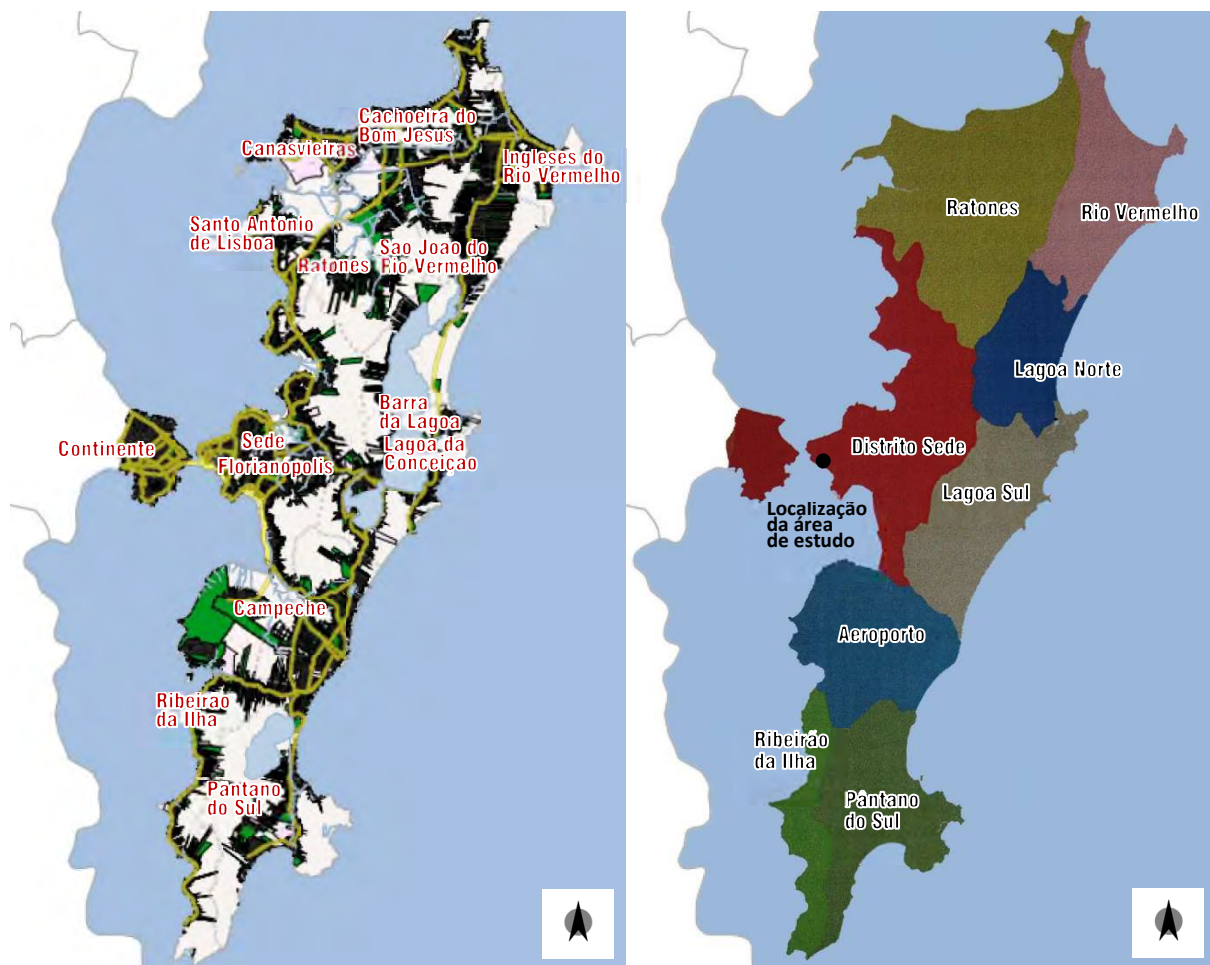


Figura 1-7 (Esquerda) Estrutura viária e ocupação urbana atual de Florianópolis.
Fonte: Adaptado do Geoprocessamento Corporativo do IPUF, 2014.

Figura 1-8 (Direita) Zoneamento mesoclimático de Florianópolis.
Fonte: Adaptado de Mendonça, 2002.

A geometria litorânea e a relação ilha-continente favorecem condições climáticas adversas, como espaços protegidos dos ventos e das massas de ar ou suscetíveis ao acúmulo de chuvas. A tese de Mendonça (2002) analisa e classifica as zonas mesoclimáticas no aglomerado urbano de Florianópolis: Distrito Sede, Ratonas, Rio Vermelho, Lagoa Norte, Lagoa Sul, Aeroporto, Pântano do Sul e Ribeirão da Ilha.

A zona mesoclimática do Distrito Sede constitui o foco de estudo desta pesquisa, abrangendo o distrito central de Florianópolis (**Figura 1-9**). As ilhas de calor nessa região variam conforme o tempo atmosférico - condições de céu claro e ventos calmos podem promover a sua formação. A ação desses elementos é regulada pelas vertentes de água e pela influência marítima, que interagem com as condições atmosféricas e influenciam na distribuição de insolação e na circulação dos ventos. Os maiores episódios de aquecimento urbano do bairro central ocorrem no verão, quando não há domínio polar. Os registros desse período são de temperaturas do ar superiores em até 5°C em relação às anotadas no meio ambiente natural, durante o dia. No inverno, os registros chegam a valores superiores a 3°C, de intensidade principalmente noturna (MENDONÇA, 2002). Os principais fatores modificadores do clima local dessa região são as atividades propriamente urbanas, as residências e os estabelecimentos de comércio e de serviços, com seus condicionadores de ar, e o tráfego de automóveis. A ilha de calor no Centro de Florianópolis é geralmente reduzida nos finais de semana, quando ocorre também a diminuição dessas atividades.

Figura 1-9
Paisagem natural e meio ambiente artificial do distrito central de Florianópolis. Parte insular Oeste, vista desde o continente (2014).



O recorte espacial estudado neste trabalho está delimitado ao Norte e a Leste pelo Morro da Cruz, maciço de cotas superiores que produz um efeito de barreira e reduz as ações do vento Norte, predominante no verão. Por outro lado, o sítio é suscetível às correntes de ar no inverno, em função da ausência de acidentes naturais no lado Sul. A proximidade com o mar ao Sul resulta em um regime de brisas local devido às diferenças nas temperaturas do ar entre o mar e a terra.



2

Forma arquitetônico-urbana





Foto:
Centro de
Florianópolis, 2014

2.1

Caracterização da forma arquitetônico-urbana

A forma arquitetônico-urbana pode ser analisada em macro e em microescala (ALFORD; WHITEMAN, 2009). A escala macro delinea de maneira geral o tipo de cidade, incluindo por exemplo os limites geográficos que determinam a ocupação - como a condição litorânea ou a topografia natural, o nível de dispersão e compactação, a extensão territorial, a infraestrutura e as fases reconhecíveis do seu desenvolvimento. A microforma arquitetônico-urbana, pelo contrário, descreve as características aparentes da cidade na escala do bairro ou distrito, como os padrões de rua, o desenho de quarteirões e edifícios e a densidade construtiva. O estudo em microescala da forma arquitetônico-urbana de parte do distrito central de Florianópolis constitui o objetivo deste subtítulo e será abordado sucintamente a partir das questões que envolvem sua evolução e regulação, assim como a distribuição, a disposição e o conteúdo dos espaços e elementos arquitetônicos e urbanos.

Evolução e regulação da forma arquitetônico-urbana

A forma arquitetônico-urbana do atual distrito central de Florianópolis constitui reflexo de dois intervalos históricos. O primeiro, data desde a fundação do povoado de Desterro até o final do século XIX e configura a urbanização de um tempo em que praticamente não havia ordenação de uso e ocupação do solo por parte do poder público. Essa época está marcada pelo lento desenvolvimento urbano e pela influência da colonização portuguesa na arquitetura. O segundo período pode ser considerado a partir do século XX e destaca-se pelas transformações socioeconômicas e tecnológicas, em particular após a construção da ponte Hercílio Luz (1924-1926), primeira travessia via terrestre entre a ilha e o continente. A forma arquitetônico-urbana resultante desde esse período representa a sobreposição de uma série de leis dispersas e de cinco planos diretores que, somados às inovações tecnológicas e às sucessivas alterações demandadas pelo mercado imobiliário, contribuíram para a modelação da atual paisagem construída.

O primeiro plano diretor de Florianópolis foi finalizado em 1955 e elaborado pela equipe de arquitetos Edvaldo Paiva, Demétrio Ribeiro e Edgar Graeff (PAIVA et al., 1952; PMF, 1955). Tinha ênfase no desenvolvimento econômico, com o incentivo de atividades industriais e a proposta de um porto jamais consolidado na porção continental. Algumas mudanças na estrutura espacial do bairro constituem produto desse plano, como o alargamento das ruas, a verticalização da malha colonial e a execução do Aterro da Baía Sul sobre o mar, visando a instalação de atividades urbanas (**Figura 2-1**). O segundo plano (CMF, 1976) foi coordenado pelo arquiteto Luís Felipe da Gama Lobo D'Eça e aprovado na Câmara Municipal em 1976.

Tinha por objetivo principal transformar Florianópolis em um polo de desenvolvimento do estado, em que o sistema viário constituía o elemento prioritário. Dentre as propostas fundamentais para o centro metropolitano, estão a nova conexão ilha-continente (Ponte Colombo Salles) e os aterros que permitiram a implementação da Avenida Rubens de Arruda Ramos (Avenida Beira-Mar Norte), com consequente expansão urbana. Os novos índices construtivos elevaram aos doze pavimentos praticamente todo o antigo povoado de Desterro, configurado por vias estreitas e lotes coloniais. O Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF) foi criado em 1977 e, em 1982, o órgão apresentou o terceiro plano para o bairro central de Florianópolis (CMF, 1982), então denominado Distrito Sede. Esse plano estava restrito aos bairros insulares e visava o crescimento urbano do entorno da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Em 1991, foi inaugurada a terceira e última ponte que estabelece a ligação entre a ilha e o continente (Ponte Pedro Ivo Campos) e, em 1997, o IPUF apresentou o plano diretor (IPUF, 1997) que regulou o uso e a ocupação do solo do distrito central até 2014. Atualmente, o crescimento urbano do território da capital catarinense, inclusive regiões balneárias, é regido pela Lei Complementar n. 482 (IPUF, 2014), que dispõe sobre a política de desenvolvimento, o plano de uso e ocupação do solo, os instrumentos urbanísticos e o sistema de gestão. O código de obras e edificações (CMF, 2000) determina as dimensões mínimas dos compartimentos interiores, entre outros regulamentos.

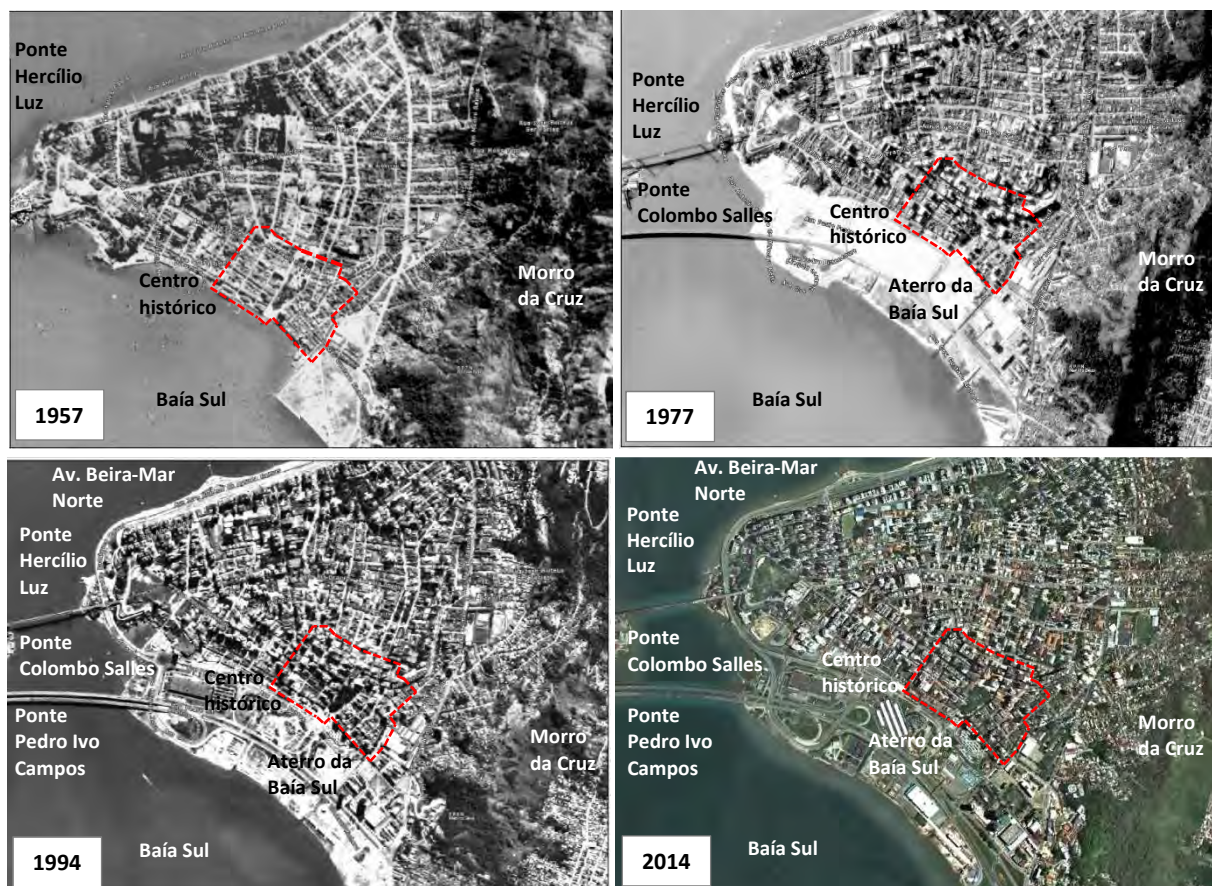


Figura 2-1 Evolução da forma arquitetônico-urbana do distrito central de Florianópolis.
 Fonte: Adaptado de PMF, Geoprocessamento Corporativo, 2012/ Google Earth, 2014.

Figura 2-2 Distrito central de Florianópolis ontem (1930) e hoje (2014).
Fonte: Acervo da UFSC (1930). Acervo da autora (2014).



Figura 2-3 Perfil urbano atual do Centro de Florianópolis (2014).

O distrito central de Florianópolis permanece até hoje como núcleo funcional da cidade, onde está concentrado o maior volume de construções (**Figura 2-2**). O denominado centro histórico, sítio primitivo do povoamento de Desterro, consiste na área de interesse deste trabalho, localizado a sudoeste do Morro da Cruz e a Norte da Baía Sul (**Figura 2-3**). O plano diretor atual (IPUF, 2014) classifica o local como Área Mista Central (AMC), de “alta densidade, complexidade e miscigenação, destinada a usos residenciais, comerciais e de serviços”, apresentando uma das maiores densidades líquidas dentre os bairros da cidade (910 habitantes por hectare), e permitindo edificações de até doze pavimentos. O recorte espacial analisado e identificado neste trabalho como Centro de Florianópolis possui cerca de 23 hectares e constitui urbanização consolidada, de importância histórica, arquitetônica e cultural.

O bairro já foi bastante estudado pela literatura local, principalmente quanto à evolução da forma urbana (PELUSO JR.,1991; VEIGA, 2010; REIS, 2012) e à apropriação do espaço público (VAZ, 1991). Entretanto, não há pesquisas sobre o estudo da composição arquitetônico-urbana e seus resultados em termos ambientais, sendo este um dos motivos pelos quais a área foi escolhida como recorte espacial deste trabalho. O local também é rico em atributos arquitetônicos e urbanos - com espaços públicos, edificações e vias de configurações diversas - o que incita o estudo proposto. Outra razão está no conhecimento prévio da vitalidade que caracteriza o lugar, reunindo em um mesmo local as quatro condições norteadoras das teorias de Jacobs (2000) para a diversidade urbana: multifuncionalidade de usos, quadras curtas, concentração de pessoas e combinação de edifícios de distintos períodos históricos.

Distribuição dos espaços urbanos

O recorte espacial considerado neste trabalho está dividido em duas partes desiguais pelo eixo da Praça XV de Novembro, que antigamente se estendia em suave declive até a praia (**Figura 2-4**). Na origem do povoado de Desterro, a praça foi localizada no centro da costa da enseada, onde a curva da orla marítima era mais acentuada. Sua figura irregular, geometricamente trapezoidal, vincula as partes do centro histórico de modo a conformar um todo. O atual Largo da Catedral Metropolitana, onde se localiza a Igreja Matriz (1753), constitui o marco inicial da colonização portuguesa e acentua a irregularidade da praça, em posição oblíqua à antiga linha da praia.

Imagens remotas de Florianópolis mostram que as primeiras casas foram edificadas em ambos os lados da Praça XV de Novembro, no largo defronte à igreja ou na extensão da praia. As edificações oficiais – o Palácio do Governo, atual Museu Cruz e Souza (1765) e a Casa de Câmara e Cadeia (1780) – foram concentradas ao redor da Praça XV de Novembro, em uma característica comum das cidades litorâneas catarinenses.

A execução do Aterro da Baía Sul na década de 1970, com cerca de 500 metros de extensão no sentido transversal, afastou definitivamente o Centro da cidade do mar. A maior parte do aterro abriga o centro cívico, que se caracteriza pelas edificações isoladas em amplos espaços abertos e pela ausência quase completa de relação entre o interior e o exterior. Atualmente, o centro histórico é limitado a Sul pelo Largo da Alfândega, espaço público outrora banhado pelo mar e que apresenta grande importância comercial.

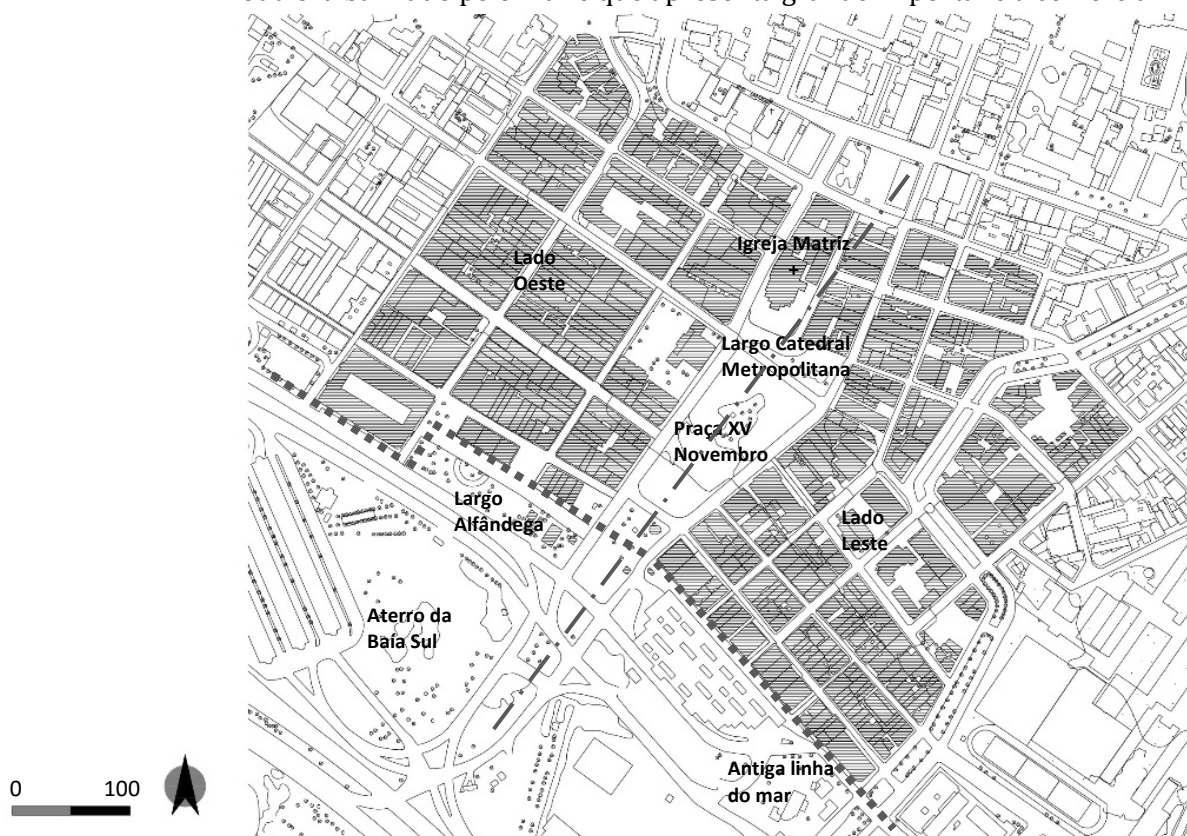


Figura 2-4 Distribuição dos espaços urbanos do Centro de Florianópolis.

Fonte: Elaborado pela autora, com base cartográfica do IPUF, 2014.

Disposição dos elementos arquitetônicos e urbanos

A Praça XV de Novembro constitui o espaço urbano mais importante na definição das vias e dos quarteirões do centro histórico de Florianópolis. A praça como elemento articulador determina um traçado viário formado por ruas paralelas e perpendiculares semelhantes a um tabuleiro de xadrez, procedente do povoado de Desterro e que perdura até os dias atuais. Esse rigoroso traçado caracteriza-se pela imposição das linhas retas para as sinuosidades do terreno. A expansão urbana do Centro em direção ao Norte não conservou o quadriculado original de Desterro e é bastante irregular, moldando-se às condições topográficas ou fundiárias e tendo por base o loteamento de antigas propriedades rurais e chácaras.

A grelha ortogonal do centro histórico se estrutura em diferentes malhas regulares orientadas pelo formato irregular da Praça XV de Novembro. As distâncias dentro do centro histórico podem ser alcançadas a pé, e os fluxos rígidos provenientes das circulações perpendiculares adquirem livre passagem na praça. Algumas circulações, como a Rua Felipe Schmidt, a Rua Vidal Ramos e a Avenida Hercílio Luz, se sobressaem pela sua importância, devido ao uso exclusivo destinado ao pedestre ou ao nível hierárquico no escoamento de veículos. Mesmo com a malha viária ortogonal, existe grande variedade de vias, quanto à largura e capacidade de fluxo (de 8 a 26 metros de largura), à função (exclusivas de pedestres, mistas ou destinadas ao tráfego de veículos) e à pavimentação (asfalto, pedra, concreto) (Figura 2-5).

- Vias**
- Vias arteriais
 - Vias coletoras
 - Vias locais
 - Vias preferenciais de pedestres
 - Vias exclusivas de pedestres
- 1 Conselheiro Mafra
 - 2 Felipe Schmidt
 - 3 Tenente Silveira
 - 4 Vidal Ramos
 - 5 Deodoro
 - 6 Trajano
 - 7 Arcipreste Paiva
 - 8 Ilhéus
 - 9 Anita Garibaldi
 - 10 Fernando Machado
 - 11 Hercílio Luz
 - 12 Nunes Machado
 - 13 Tiradentes
 - 14 Paulo Fontes

0 100

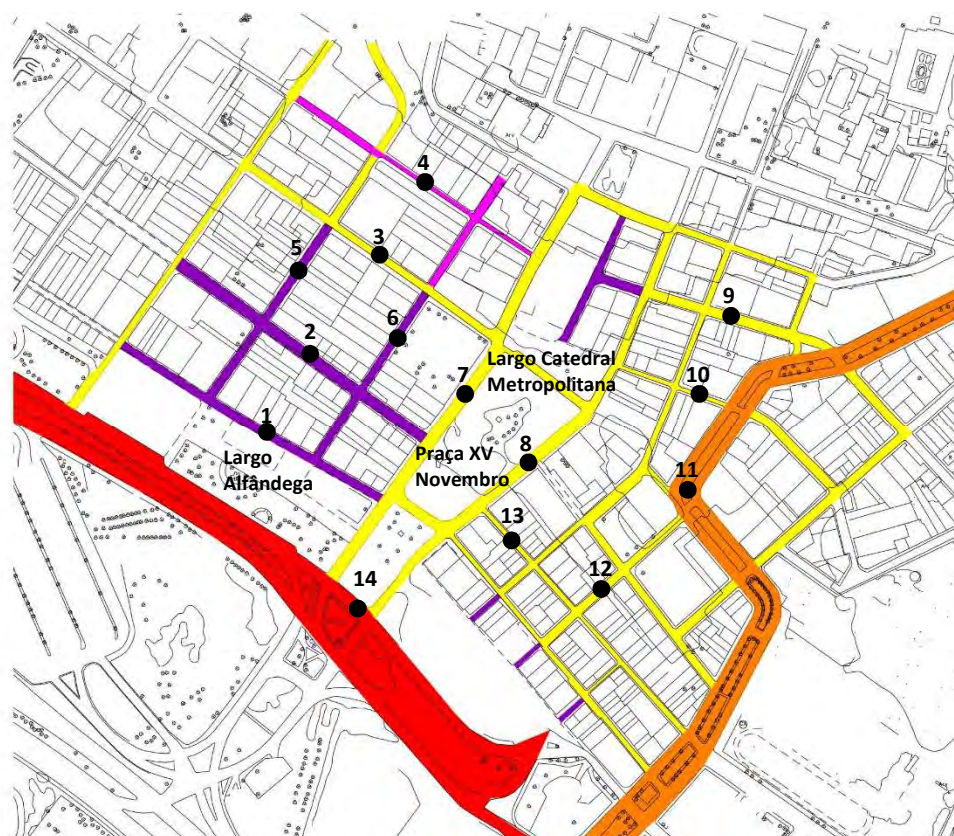


Figura 2-5 Vias, quarteirões e parcelas fundiárias do Centro de Florianópolis.
Fonte: Elaborado pela autora, com base cartográfica do IPUF, 2014.

As vias à Oeste da Praça XV de Novembro apresentam larguras regulares, em torno de 12 metros. Ainda assim, esses recintos diferem completamente um do outro devido à função a que se destinam, aos materiais construtivos e à arquitetura. O tamanho e a geometria dos quarteirões também são mais regulares no setor Oeste, que apresenta praticamente a metade do número de quadras que se observa no lado Leste. Todo o centro histórico possui quarteirões de dimensões reduzidas – inferiores a 100 metros – que diminuem as distâncias de quem percorre o bairro. Na porção à Leste da Praça XV de Novembro, verifica-se o contraste entre o conjunto de quadras regulares de tamanho mínimo e de logradouros reduzidos - onde teve início o povoado de Desterro – e as configurações urbanas posteriores ao Norte, de quarteirões desiguais e vias largas.

Conjuntos construídos de valor histórico e arquitetônico persistem na área e nos possibilitam recobrar o tempo em que tiveram origem. Muitas dessas edificações são tombadas na esfera municipal, estadual ou federal - classificadas segundo o nível de tombamento (P1, P2 e P3) - ou enquadradas no plano diretor como Área de Preservação Cultural (APC). Esses edifícios estão geralmente agrupados em alguns quarteirões e possuem volumetria ou linguagem arquitetônica em comum, que exprimem a atuação das escolas artísticas em que foram fundamentados e sua função na cidade. Trata-se de edificações singulares como referenciais históricos e signos urbanos, enquanto unidades de valor paisagístico, cultural e urbanístico (**Figura 2-6**).



Figura 2-6 Patrimônio histórico e cultural do Centro de Florianópolis.

Fonte: SEPHAN, 1990, 1993; IPHAN, 2012; FCC, 2014. Elaborado pela autora, com base cartográfica do IPUF, 2014.

Nos conjuntos construídos históricos, são comuns as unidades habitacionais geminadas e edificadas sobre os limites frontais dos lotes, sem afastamentos laterais e, muitas vezes, sem afastamentos de fundos, com grande contiguidade de massa construída. A maioria dessas edificações é estreita e profunda, e o gabarito muitas vezes não ultrapassa os três pavimentos. Essa configuração era entendida no início do século XX como um dos principais motivos da insalubridade urbana, uma vez que as unidades habitacionais recebiam pouca insolação e ventilação natural. Nesse período, o poder público passou a investir em soluções para as dificuldades relacionadas com a habitabilidade do ambiente urbano, por meio de regulamentos de higiene e de códigos de posturas que reordenaram a implantação e a volumetria das edificações. O desejo de conforto e a modernização motivaram novas formas de construir e habitar, e definiram o processo gradativo de renovação urbana, com a implantação de diversos serviços de infraestrutura, como luz elétrica, água encanada, esgoto sanitário, telefone, além de novas alternativas de moradia e de lazer.

Os quarteirões localizados na porção Norte do recorte espacial estudado caracterizam-se pela expansão urbana vertical, como resultado dos planos diretores e das transformações socioeconômicas e tecnológicas do século XX. Habitações antigas e de baixo gabarito atualmente dividem o espaço urbano com as modernas e robustas edificações de até treze pavimentos, definidas pelos novos materiais construtivos. As arquiteturas verticalizadas ocupam quase sempre os limites das parcelas fundiárias, sem recuos frontais e com reduzido ou nenhum afastamento lateral (**Figura 2-7**).



Figura 2-7 Gabaritos das edificações do Centro de Florianópolis.
Fonte: Elaborado pela autora, com base cartográfica do IPUF, 2014.

Conteúdo dos espaços urbanos

O centro histórico de Florianópolis apresenta atualmente grande versatilidade de funções, em decorrência do papel da cidade como capital do estado, núcleo prestador de serviços e polo turístico. Uma das principais atividades está no comércio popular, que oferece uma ampla quantidade de postos de trabalho. O bairro possui o mais tradicional centro comercial da cidade – o Mercado Público (1899) – que abriga estabelecimentos para a venda de produtos típicos e por onde, estima-se, transitam cerca de dez mil pessoas por dia. Os quarteirões de dimensões reduzidas e as ruas integradas são facilmente acessíveis em todo o contexto urbano, propiciando a saturação das atividades comerciais e de serviços. Grande parte dos novos e antigos edifícios destina-se exclusivamente a essas funções, existindo ainda as edificações pontuais designadas para os ofícios institucionais e religiosos.

O uso residencial foi gradativamente reduzido nesse trecho urbano, a partir da especialização terciária. Atualmente, somente vinte edificações em toda a área estão destinadas para fins habitacionais. O cruzamento da planta de uso do solo com a de gabaritos evidencia que os edifícios residenciais são principalmente verticalizados, determinados pelas legislações urbanas do século XX. Essas unidades estão concentradas nos quarteirões localizados ao Norte, para além dos conjuntos históricos, nas imediações da Rua Vidal Ramos ou da Avenida Hercílio Luz, e oferecem a esses setores atributos particulares em sua forma arquitetônico-urbana final (**Figura 2-8**).



Figura 2-8 Usos do solo do Centro de Florianópolis.

Fonte: Elaborado pela autora, com base cartográfica do IPUF, 2014.

Cerca de 70% das pessoas que responderam aos questionários desta pesquisa frequentam o Centro de Florianópolis diariamente durante a semana, 50% dos entrevistados o fazem por motivo de trabalho ou estudo e somente 10% residem no bairro. A centralização das atividades comerciais e de serviços em oposição à escassez dos usos habitacionais induz a diferentes momentos na apropriação do espaço público. Durante o período laboral, o local apresenta grande potencial de permanência, com inúmeras atividades formais e informais e diversidade de usuários. Nos finais de semana, entretanto, ocorre a desertificação das vias públicas nos horários não comerciais, o que muitas vezes reduz a utilização espacial até mesmo de importantes lugares públicos, como a Praça XV de Novembro e o Largo da Catedral Metropolitana.

A forma arquitetônico-urbana atual do Centro de Florianópolis é um conjunto heterogêneo de quarteirões, praças e vias públicas, ainda que sobressaia um traçado viário homogêneo reticulado. O bairro se caracteriza como um núcleo de superposição de atividades, possibilitando a interação dos usuários nos seus lugares públicos abertos de uso coletivo. Nesse ambiente de formas e funções diversificadas, os distintos habitantes experimentam o modelo de cidade tradicional ou moderna, onde a barreira entre o público e o privado é facilmente transposta ou as relações sociais são mais reservadas.

2.2

Parametrização da forma arquitetônico-urbana

A forma arquitetônico-urbana das cidades brasileiras está principalmente determinada pelos planos diretores e códigos de obras e edificações, por meio dos indicadores de controle e ocupação do solo, como a taxa de ocupação e o coeficiente de aproveitamento. A aplicação de índices exclusivos que associam a forma arquitetônico-urbana com o desempenho ambiental é recente, e são escassas as pesquisas sobre o tema.

Na França, o urbanista Luc Adolphe (ADOLPHE, 2001) desenvolveu um conjunto de indicadores morfológicos para avaliações ambientais em escala distrital, por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). O método pode ser utilizado em situações diversas, como no estudo de tendências microclimáticas ao ar livre ou na análise ambiental comparativa nas escalas de vizinhança, interdistrito ou intermunicípio. A proposta apresenta um total de nove indicadores morfológicos de desempenho ambiental: densidade; rugosidade; porosidade; sinuosidade; oclusividade; compacidade; contiguidade; admissão solar e mineralização.

Esses parâmetros foram estudados também pelos japoneses Yoshida e Omae (2005), cuja análise está baseada em um modelo de paisagem urbana. Os pesquisadores utilizaram blocos como unidade espacial no estudo desenvolvido em Tóquio. Um total de seis propriedades morfológicas desses blocos foram interpretadas em termos quantitativos para cada bloco: área de superfície por área projetada; volume por área projetada; taxa de ocupação; altura média das edificações; área de superfície por volume construído e volume médio das edificações.

Alguns dos parâmetros de ocupação do solo urbano definidos por Adolphe (2001) e por Yoshida e Omae (2005) foram utilizados nesta pesquisa para definir geométrica e topologicamente a forma arquitetônico-urbana do Centro de Florianópolis, para fins de análise ambiental. O estudo considera ainda parâmetros relacionados com a geometria das vias e com os materiais construtivos, além dos usos destinados ao solo, à presença de vegetação e à aplicação dos elementos compositivos da arquitetura em meio urbano.

Parâmetros relacionados com a ocupação do solo urbano

Os parâmetros da forma arquitetônico-urbana relacionados com a ocupação do solo urbano abrangem os índices comuns aplicados nos planos diretores municipais como, por exemplo, a altura média das edificações, a área útil total construída, o coeficiente de aproveitamento e as taxas de ocupação e de impermeabilização do solo. Nesta pesquisa, incluímos ainda determinados indicadores sugeridos por Adolphe (2001) e por Yoshida e

Omae (2005), adaptados ao presente estudo: densidade construída, volume médio construído, compacidade, rugosidade, porosidade e sinuosidade.

Altura média das edificações (metro - m)

A altura média das edificações (Hmed) de um conjunto de edifícios é o somatório do produto da altura de um edifício pela sua área de projeção, dividido pela área de projeção do conjunto de edifícios (área construída total):

$$H_{med} = \frac{\sum (\text{altura do edifício} * \text{área de projeção do edifício})}{\text{área construída total}}$$

Equação 2-1 Altura média das edificações (Hmed).

Área útil total construída (metro quadrado - m²)

A área útil total construída (Atot) consiste no somatório das áreas úteis de todos os pavimentos de um edifício ou conjunto de edifícios:

$$A_{tot} = \sum (\text{área de projeção do edifício} * \text{número de pavimentos da edificação})$$

Equação 2-2 Área útil total construída (Atot).

Coefficiente de aproveitamento (adimensional)

O coeficiente de aproveitamento (CA) de um edifício ou conjunto de edifícios é a relação entre a área útil total construída e a área de projeção do(s) edifício (s):

$$CA = \frac{\sum \text{área útil total construída}}{\sum \text{área de projeção do edifício}}$$

Equação 2-3 Coeficiente de aproveitamento (CA).

Na prática, o coeficiente de aproveitamento é extensivamente adotado como indicador padrão para a regulação do zoneamento e controle do uso do solo. Esse dado informa a quantidade de terreno a ser destinada à edificação, podendo ser utilizado na estimativa dos recursos necessários para a construção e na previsão do seu retorno financeiro (CHENG, 2010).

Taxa de ocupação (porcentagem - %)

A taxa de ocupação (TO) representa a relação percentual entre a área utilizada para construção de um edifício ou conjunto de edifícios e a área total do terreno (CHENG, 2010). Taxas de ocupação elevadas podem obstruir os fluxos de vento no meio urbano e aumentar sua massa térmica, resultando no aquecimento do entorno. Esse parâmetro muitas vezes é utilizado no planejamento da cidade para o controle das áreas edificáveis e não edificáveis, preservando uma porcentagem mínima do tecido urbano para a vegetação e o paisagismo. Sua medição é dada pela fórmula:

$$TO = \frac{\sum \text{área de projeção do edifício}}{\text{área total do terreno}}$$

Equação 2-4 Taxa de ocupação (TO).

Taxa de impermeabilização do solo (porcentagem - %)

A taxa de impermeabilização do solo (TI) representa a relação percentual entre a área impermeável e área total do terreno (IPUF, 2014). Altas taxas de impermeabilização na cidade ocorrem principalmente devido à ocupação do solo pelas edificações e ao tipo de pavimentação de ruas e calçadas, geralmente asfáltica. A impermeabilização impede a absorção da água pelo solo, dificultando o processo natural de drenagem e influenciando no microclima térmico urbano.

$$TI = \frac{\sum \text{área impermeabilizada}}{\text{área total do terreno}}$$

Equação 2-5 Taxa de impermeabilização do solo (TI).

Densidade construída (adimensional)

A densidade construída (Dc) corresponde à relação entre o somatório das áreas úteis totais construídas de um edifício ou conjunto de edifícios e a área total do terreno (ADOLPHE, 2001):

$$Dc = \frac{\sum \text{área útil total construída}}{\text{área total do terreno}}$$

Equação 2-6 Densidade construída (Dc).

Volume médio construído (metro cúbico - m³)

O mesmo volume construído pode ser resultado de um pequeno número de edifícios volumosos ou de um elevado número de edifícios de volume reduzido, o que implica em diferentes efeitos aerodinâmicos. O volume médio (Vmed) é calculado por Yoshida e Omae (2005) como a relação entre o somatório dos volumes construídos e o número total de edificações:

$$Vmed = \frac{\sum \text{volume construído}}{\sum \text{número de edifícios}}$$

Equação 2-7 Volume médio construído (Vmed).

Fator de compacidade (adimensional)

A compacidade (Cf) está relacionada com a exposição da envoltória do edifício ao ar livre ou a edifícios adjacentes. A alta compacidade possui a desvantagem de diminuir a ventilação urbana, mas pode ter efeitos positivos como a redução no ganho de calor ou na energia gasta com arrefecimento. Para medir a compacidade média, Adolphe (2001) desenvolveu uma equação que relaciona a área da envoltória exterior do edifício com seu volume:

$$Cf = \frac{\sum (\text{área da envoltória do edifício})}{\text{volume do edifício}}$$

Equação 2-8 Fator de compacidade (Cf).

Fator de rugosidade (metro - m)

A rugosidade (Rg) representa a altura média do dossel urbano e especifica o efeito de desaceleração da velocidade média do vento. Adolphe (2001) definiu um parâmetro de rugosidade que reflete o número proeminente de obstáculos que afetam o fluxo do ar, dado pelo produto da altura dos edifícios por sua área, dividido pela área total do terreno:

Rg=

$$\sum (\text{área do edifício}) * (\text{altura do edifício}) / \text{área total do terreno}$$

Equação 2-9 Fator de rugosidade (Rg).

Fator de porosidade (adimensional)

A porosidade (Po) é explicada por Adolphe (2001) como uma indicação dos espaços abertos úteis dentro do dossel urbano. Consiste na relação entre a abertura útil do volume e o volume total do ambiente urbano, excluindo o efeito dos espaços exteriores fechados ou de ruas perpendiculares ao escoamento dos ventos. Sua medição é dada pela fórmula:

Po=

$$\frac{\sum (\text{seção transversal útil de áreas abertas}) * (\text{comprimento de áreas abertas})}{(\sum \text{volume de áreas abertas} + \sum \text{volume dos edifícios})}$$

Equação 2-10 Fator de porosidade (Po).

Fator de sinuosidade (adimensional)

Os espaços abertos contínuos perpendiculares ou em ângulo à direção do fluxo dos ventos são contabilizados por Adolphe (2001) como o fator de sinuosidade (Si). Para o cálculo dos seus efeitos, o autor utiliza o comprimento dos segmentos de vias e o cosseno do ângulo formado entre o azimute do fluxo dos ventos predominantes e o azimute do segmento linear da via:

Si=

$$\frac{\sum (\text{comprimento do segmento de via}) * (\cos^2\theta)}{\sum (\text{comprimento do segmento de via})}$$

Equação 2-11 Fator de sinuosidade (Si).

Parâmetros relacionados com a geometria das vias

A geometria das vias influencia na admissão da radiação solar (ondas curtas) e na emissividade (ondas longas) das superfícies dos edifícios e do solo. Além disso, a configuração dos logradouros altera os resultados de ventilação, insolação e iluminação do espaço urbano, sendo fundamental para o desempenho térmico e luminoso. Os parâmetros relacionados com a geometria das vias considerados neste trabalho são o **fator de visão do céu** e a **dimensão**, a **orientação** e a **inclinação das ruas**.

Fator de visão do céu (adimensional)

O fator de visão do céu (FVC) é um parâmetro que descreve a geometria complexa urbana. É definido por Oke (1987) como a razão entre a quantidade de céu visto a partir de um ponto dado sobre uma superfície horizontal. Ou seja, 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. O FVC é um número adimensional entre zero e uma unidade - quanto maiores os obstáculos no céu, menor é o seu valor. Sua quantificação pode ser realizada por meio de fotografia, processos analíticos, processamento de imagens, diagramas ou gráficos. Existe vinculação entre o

FVC e o desempenho ambiental em meio urbano, em particular quanto à temperatura do ar (SVENSSON, 2004; MINELLA et al., 2009; UNGER, 2009; SOUZA et al., 2010; MINELLA; RASIA; et al., 2011; MINELLA; ROSSI; et al., 2011; CHEN; NG, 2011; CHEN et al., 2012). Entretanto, não é de surpreender que essas relações não sejam exatas, dada a complexidade da estrutura urbana. Nesta pesquisa, foi utilizado um fator de visão do céu médio (FVCmed) nas vias consideradas para o estudo.

Dimensão, orientação e inclinação das vias (metro – m; grau)

As dimensões de uma rua geralmente são expressas pelo seu prospecto médio, que significa a altura média de suas edificações (Hmed) dividida pela largura da via (W), ou Hmed/W. Esse indicador é geralmente inverso ao fator de visão do céu, isto é, quanto maior o FVC, menor é a relação Hmed/W. O cânion urbano pode ser explicado como uma rua relativamente estreita e com edifícios alinhados de forma contínua em ambos os lados, em geral com uma relação Hmed/W > 2. A orientação das vias (O) é indicada pelo eixo de maior número de edifícios e permite relacionar a forma arquitetônico-urbana à direção predominante dos ventos locais e à regulação solar. A inclinação das vias (I) indica o ângulo formado entre o azimute do fluxo do vento predominante em Florianópolis (Norte) e o azimute do segmento de via.

Parâmetros relacionados com os materiais construtivos

As características óticas e térmicas dos materiais construtivos acarretam em impactos sobre as condições ambientais do espaço urbano. A absorção e emissividade da radiação solar dos planos que constituem os edifícios e o solo depende, além da sua disposição geométrica, das propriedades da superfície receptora. Neste trabalho, foram consideradas as características óticas e térmicas dos materiais da pavimentação, das fachadas e dos telhados das construções.

O **albedo** (α) constitui o primeiro desses fatores, e é definido pela quantidade de luz solar refletida ou absorvida pelo material, determinada principalmente pela sua cor superficial. No meio urbano está diretamente associado à captação de energia líquida por materiais de substratos de radiação de ondas curtas (TAHA, 1997). Quanto menor o albedo, maior é a energia absorvida a partir do sol.

A parcela de energia solar absorvida aquece as superfícies urbanas, sendo em parte emitida para o ambiente interno (no caso das edificações) e em parte reemitida para o exterior em forma de radiação de ondas longas (SILVEIRA; ROMERO, 2005). Esse resultado ocorre em função da **emissividade** (ϵ) do material construtivo superficial. A emissividade consiste em uma propriedade física que indica a quantidade de energia térmica emitida por unidade de tempo. A absorção de ondas longas depende

mais do brilho da superfície do que de sua cor. A **Tabela 2-1** informa os valores de albedo e de emissividade para os materiais urbanos comuns.

Tabela 2-1 Propriedades radiantes de superfícies urbanas e de materiais construtivos.

Superfície	Material	Albedo (α)	Emissividade (ϵ)
Estradas	Asfalto	0,05-0,20	0,90
Paredes	Concreto	0,10-0,40	0,71-0,90
	Tijolo	0,20-0,40	0,90-0,92
	Pedra	0,20-0,35	0,85-0,90
	Madeira	---	0,90
Telhados	Alcatrão e cascalho	0,08-0,18	0,92
	Telha cerâmica	0,10-0,35	0,90
	Ardósia	0,10	0,90
	Aço corrugado	0,10-0,16	0,13-0,28
Janelas	Vidro simples	0,08	0,87-0,94
Pinturas	Branca	0,50-0,90	0,85-0,95
	Verde, marrom, vermelha	0,20-0,35	0,85-0,95
	Preta	0,02-0,15	0,90-0,98

Fonte: Adaptado de Oke, 1987, p. 281.

A inércia térmica dos materiais urbanos também influencia no desempenho ambiental exterior. Esse conceito significa a resistência do material às tentativas de alteração do seu estado termodinâmico e caracteriza a sua capacidade de armazenamento de calor. Materiais construtivos com elevada inércia térmica resultam em ambientes exteriores menos frios nas noites de inverno e em dias menos quentes no verão (SILVEIRA; ROMERO, 2005). Nas avaliações e simulações computacionais desenvolvidas neste trabalho foram consideradas as seguintes propriedades relacionadas com a inércia térmica: transmitância térmica (para as edificações); condutividade térmica e capacidade térmica (para as pavimentações e o solo).

A **transmitância térmica** (U), medida em $W/(m^2C)$, atua no envelope construtivo (paredes e telhados) e indica as trocas de energia (luz ou calor) entre os meios exterior e interior (LAMBERTS, R. et al., 2004). Neste trabalho, foi adotado um valor genérico de transmitância térmica para as paredes dos edifícios [$2,9 W/(m^2C)$] e para os telhados [$6,0 W/(m^2C)$].

A **condutividade** e **capacidade térmica** do solo e dos materiais de pavimentação determinam sua transmissão de calor por condução. Dependem principalmente da porosidade, umidade e matéria orgânica existente no solo. A **condutividade térmica** (λ), medida em $W/(m C)$, está associada à densidade do material construtivo e indica a capacidade de condução de calor por unidade de tempo (LAMBERTS, R. et al., 2004). A **capacidade térmica** (C_v) ou capacidade volumétrica de calor, medida em $J/(m^3 C)$, indica a quantidade de calor necessária para elevar em um grau a temperatura de $1 cm^3$ do material. A **Tabela 2-2** informa os valores aproximados de condutividade e capacidade térmica de diferentes tipos de solo e materiais de pavimentação.

Tabela 2-2 Propriedades térmicas de solos e de materiais de pavimentação.

Superfície	Solo ou material de vedação	Condutividade térmica λ [W/(m C)]	Capacidade térmica C_v [J/(m ³ C)]
Solo (permeável)	Barro	0	1,212
	Areia	0	1,463
	Areia argilosa	0	1,404
	Barro arenoso	0	1,320
	Argila	0	1,212
	Argila arenosa	0	1,175
	Argila siltosa	0	1,150
	Turfa	0	0,836
Material de pavimentação (impermeável)	Concreto cimentício	1,63	2,083
	Concreto mineral	2,33	1,750
	Asfalto (com cascalho)	1,16	2,214
	Asfalto (com basalto)	0,90	2,251
	Granito	4,61	2,345
	Basalto	1,73	2,386
	Ladrilho	1,00	2,000

Fonte: ENVIMET, 2012.

Os materiais de pavimentação com elevada condutividade e capacidade térmica podem transferir calor para o subsolo, onde fica estocado e é relançado para o exterior durante o período noturno.

Aplicação dos parâmetros da forma arquitetônico-urbana

Pesquisas sugerem que é principalmente na escala de bloco que os parâmetros da forma arquitetônico-urbana afetam a condição ambiental, apesar das influências do entorno imediato (YOSHIDA; OMAE, 2005; ZHANG et al., 2012). O bloco como um conjunto construído que possui relações entre as partes e o todo e estabelece resultados em termos ambientais constitui a unidade espacial fundamental avaliada neste trabalho. Para esse estudo, o Centro de Florianópolis foi decomposto em partes, totalizando em cinco conjuntos construídos que exercem influências sobre o meio em que se inserem e apresentam singular desempenho ambiental.

Cada **conjunto construído** identificado no Centro de Florianópolis apresenta uma implantação de geometria quadrilátera, com uma área aproximada de dois hectares. Esse número representa a extensão máxima permitida pelo plano diretor municipal (IPUF, 2014) para o quarteirão dos zoneamentos delimitados como Área Mista Central (AMC) e Área Residencial Predominante (ARP), aplicados aos bairros de alta densidade construída. Os resultados dos parâmetros da forma arquitetônico-urbana dos conjuntos construídos considerados estão descritos nos **Quadros** numerados de **2-1 a 2-5** (da p.76 à p.82), que também apresentam imagens dos blocos avaliados (localização, volumetria, fator de visão do céu com fotografia da via de referência, pavimentação e arquitetura típica).

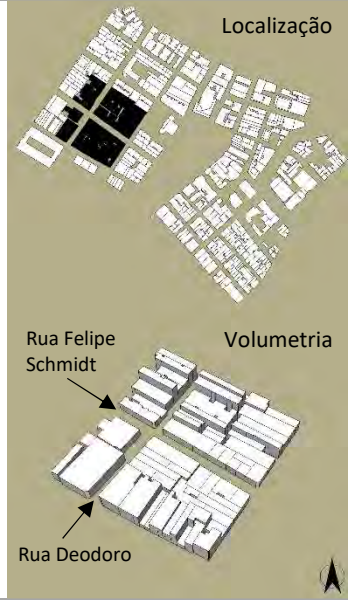
Conjunto construído 1

O conjunto construído 1 (**Quadro 2-1** e **Figura 2-9**) é conformado pelo centro histórico localizado no lado Oeste da Praça XV de Novembro, de ocupação horizontal homogênea e arquitetura colonial. Está configurado por quarteirões de dimensões aproximadas de 80~90 metros e parcelamento irregular, com lotes sem muros ou grades. Suas edificações apresentam baixo e médio gabarito, com no máximo cinco pavimentos, sendo mais de 50% delas tombadas na esfera municipal, estadual ou federal. A arquitetura caracteriza-se pela tipologia compacta e contínua, com ausência de afastamentos laterais e frontais e com marquises estreitas que funcionam como elementos de proteção solar. Os usos destinados aos edifícios estão divididos entre as atividades de comércio e serviço. As vias de referência são a Rua Felipe Schmidt (orientação Noroeste-Sudeste) e o trecho sul da Rua Deodoro (orientação Nordeste-Sudoeste), e ambas consistem em calçadas de utilização exclusiva para os pedestres, pavimentados com pedra portuguesa (petit-pavé). O fator de visão do céu médio dessas vias é de 0,5, sendo a razão entre a altura das edificações e a largura das ruas de 0,95. Dentre os cinco conjuntos construídos analisados, destaca-se pelos menores valores dos seguintes parâmetros da forma arquitetônico-urbana: altura média das edificações (11,36 m); área útil total construída ($51 \times 10^3 \text{ m}^2$); coeficiente de aproveitamento (3,00); densidade construída (2,52) e rugosidade (9,17). Apesar dos baixos índices construtivos, esse conjunto de edificações possui as maiores taxas de ocupação (81%) e de compacidade (0,38).

Conjunto construído 2

O conjunto construído 2 (**Quadro 2-1** e **Figura 2-10**) está constituído principalmente por construções representativas do período moderno, executadas após a década de 1970. É formado por quatro quarteirões de geometria retangular com dimensões aproximadas de 70~90 metros cada um. A arquitetura apresenta tipologia compacta e contínua, geralmente sem afastamentos laterais e frontais. O gabarito das edificações é bastante variável, com construções de até treze pavimentos e altura média de 20,7 metros, o que configura um dos trechos mais verticalizados do bairro. Os usos também são diversificados, com atividades comerciais, de serviços, religiosas, mistas e residenciais. As vias de referência são as ruas Vidal Ramos (orientação Noroeste-Sudeste) e o trecho Norte da Rua Deodoro (orientação Nordeste-Sudoeste). A Rua Vidal Ramos concentra os usos residenciais e se distingue de todos os logradouros da área central pelo controle da velocidade no trânsito e pela delimitação do trajeto para as diferentes modalidades de transporte (automóveis, motocicletas, bicicletas e pedestres) por meio da diferenciação das cores (cinza, vermelho e amarelo) dos blocos intertravados de concreto que compõem sua pavimentação. De todos os casos analisados, apresenta a maior área útil total construída ($96 \times 10^3 \text{ m}^2$).

Quadro 2-1 Parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 1.

Localização		Conjunto construído 1 Ocupação do solo urbano			
	Id.	Parâmetro	Unidade	Valor	
	Hmed	Altura média das edificações	m	11,36	
	Atot	Área útil total construída	m ²	51 x 10 ³	
	CA	Coeficiente de aproveitamento	---	3,00	
	TO	Taxa de ocupação	%	81	
	TI	Taxa de impermeabilização	%	81	
	Dc	Densidade construída	---	2,52	
	Vmed	Volume médio construído	m ³	2.995	
	Cf	Compacidade	---	0,38	
	Rg	Rugosidade	m	9,17	
	Po	Porosidade	---	0,20	
	Si	Sinuosidade	---	0,50	

FVC		Geometria das vias		Felipe Schmidt	Deodoro (Sul)
Id.	Parâmetro	Unidade	Valor	Valor	Valor
FVCmed	Fator de visão do céu médio	---	0,5	0,5	0,5
W	Largura da via	m	12	12	12
L	Comprimento da via	m	150	150	150
Hmed/W	Relação Hmed/W	---	0,95	0,95	0,95
O	Orientação	---	NO-SE	NE-SO	NE-SO
I	Inclinação	graus	54	33	33

Pavimentação		Materiais construtivos			
Id.	Parâmetro	Unidade		Valor	
α_p	Albedo paredes	---		0,5	
α_t	Albedo telhados	---		0,3	
α	Albedo pavimento	---		0,4	
ϵ	Emissividade pavimento	---		0,9	
λ	Condutividade térmica pavimento	W/(m C)		1,73	
Cv	Capacidade térmica pavimento	J/(m ³ C)		2,386	

Figura 2-9 Vista panorâmica do conjunto construído 1 (2015).



Quadro 2-2 Parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 2.

Localização		Conjunto construído 2 Ocupação do solo urbano			
Id.	Parâmetro	Unidade	Valor		
Hmed	Altura média das edificações	m	20,77		
Atot	Área útil total construída	m ²	96 x 10 ³		
CA	Coeficiente de aproveitamento	---	4,91		
TO	Taxa de ocupação	%	71		
TI	Taxa de impermeabilização	%	75		
Dc	Densidade construída	---	4,45		
Vmed	Volume médio construído	m ³	6.244		
Cf	Compacidade	---	0,29		
Rg	Rugosidade	m	14,8		
Po	Porosidade	---	0,25		
Si	Sinuosidade	---	0,55		

FVC		Geometria das vias		
Id.	Parâmetro	Unidade	Vidal Ramos Valor	Deodoro (Norte) Valor
FVCmed	Fator de visão do céu médio	---	0,3	0,3
W	Largura da via	m	11	11
L	Comprimento da via	m	170	120
Hmed/W	Relação Hmed/W	---	1,9	1,9
O	Orientação	---	NO-SE	NE-SO
I	Inclinação	grau	54	33

Pavimentação		Materiais construtivos		
Id.	Parâmetro	Unidade	Valor	
α_p	Albedo paredes	---	0,5	
α_t	Albedo telhados	---	0,3	
α	Albedo pavimento	---	0,4	
ϵ	Emissividade pavimento	---	0,9	
λ	Condutividade térmica pavimento	W/(m C)	1,63	
Cv	Capacidade térmica pavimento	J/(m ³ C)	2,083	

Figura 2-10 Vista panorâmica do conjunto construído 2 (2015).



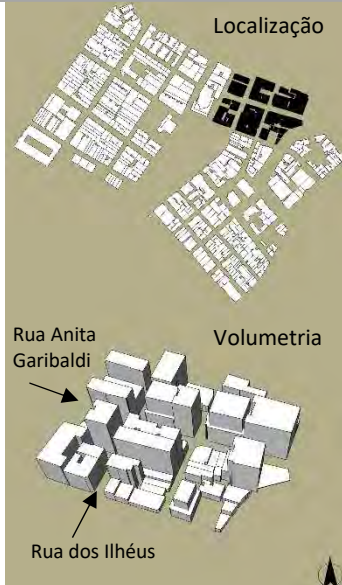
Conjunto construído 3

O conjunto construído 3 (**Quadro 2-3** e **Figura 2-11**) reúne a maior quantidade de edifícios verticalizados, de até treze pavimentos. Cerca de metade da sua área construída está ocupada por edificações de médio ou alto gabarito. Os quarteirões são de tamanho reduzido, e o conjunto constitui-se de seis quadras com dimensões aproximadas de 45~60 metros. A arquitetura predominante é vertical, geralmente sem afastamentos laterais e frontais. Os usos são diversos (comércio, serviços, religioso e institucional), mas são ausentes as edificações destinadas à utilização residencial. Os logradouros do bloco tomados como referência na análise são a Rua dos Ilhéus (orientação Nordeste-Sudoeste) e a Rua Anita Garibaldi (orientação Noroeste-Sudeste), ambas vias estreitas (de 10 a 12 metros de largura) e com características de cânion urbano ($H_{med}/W > 2$), de pavimentação asfáltica, direcionadas ao tráfego de veículos e pedestres. O fator de visão do céu médio das vias de referência é o mais baixo (0,25 a 0,28), ao mesmo tempo em que o bloco possui os maiores valores para os seguintes parâmetros: altura média das edificações (25,22 m); coeficiente de aproveitamento (5,79); densidade construída (4,74); volume médio construído (7.120 m^3) e rugosidade (15,5).

Conjunto construído 4

O conjunto construído 4 (**Quadro 2-4** e **Figura 2-12**) é o mais heterogêneo, quanto às alturas das edificações e ao tamanho das parcelas fundiárias. Os quarteirões e lotes são irregulares, com dimensões e tamanhos diversos, que vão dos 2.700 aos 7.050 m^2 (quarteirões) e dos 90 aos 2.600 m^2 (lotes). A tipologia e o gabarito das edificações também é bastante variável. O conjunto possui arquiteturas coloniais de baixo gabarito, tombadas pela legislação patrimonial, geralmente isoladas no lote, com existência de muros e grades. Construções do período moderno também estão presentes, configurando uma multiplicidade de edificações com diferentes números de pavimentos (de dois a treze andares) e usos. Algumas edificações apresentam tipologia híbrida, com uma base contínua sem afastamentos laterais e frontais e uma torre sobreposta isolada. O logradouro principal é a Avenida Hercílio Luz, de orientação variável, que se distingue por ser uma via coletora (largura de 26 metros) composta por duas faixas de rolamento nos dois sentidos e espaço reservado para estacionamento/ carga e descarga. As calçadas laterais são estreitas (largura inferior a 1,50 m), mas a avenida possui um passeio e trajeto exclusivo para pedestres entre as faixas de rolamento. Essa via é a única que apresenta vegetação, e é também a de maior fator de visão do céu (0,55 a 0,65) e menor relação entre a altura média das edificações e a largura da via (0,7 a 0,9). A principal característica desse conjunto em relação aos demais é a reduzida taxa de ocupação do solo (somente 55%), o que determina também o menor fator de capacidade (0,26), além do maior valor para a porosidade (0,35).

Quadro 2-3 Parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 3.

Localização		Conjunto construído 3 Ocupação do solo urbano			
	Id.	Parâmetro	Unidade	Valor	
	Hmed	Altura média das edificações	m	25,22	
	Atot	Área útil total construída	m ²	90 x 10 ³	
	CA	Coefficiente de aproveitamento	---	5,79	
	TO	Taxa de ocupação	%	67	
	TI	Taxa de impermeabilização	%	100	
	Dc	Densidade construída	---	4,74	
	Vmed	Volume médio construído	m ³	7.120	
	Cf	Compacidade	---	0,27	
	Rg	Rugosidade	m	15,5	
	Po	Porosidade	---	0,20	
	Si	Sinuosidade	---	0,44	

FVC		Geometria das vias		
Id.	Parâmetro	Unidade	Anita Garibaldi Valor	Ilhéus Valor
FVCmed	Fator de visão do céu médio	---	0,28	0,25
W	Largura da via	m	12	10
L	Comprimento da via	m	170	120
Hmed/W	Relação Hmed/W	---	2,1	2,5
O	Orientação	---	NO-SE	NE-SO
I	Inclinação	graus	73	21

Pavimentação		Materiais construtivos		
Id.	Parâmetro	Unidade	Valor	
α_p	Albedo paredes	---	0,2	
α_t	Albedo telhados	---	0,3	
α	Albedo pavimento	---	0,2	
ϵ	Emissividade pavimento	---	0,95	
λ	Condutividade térmica pavimento	W/(m C)	1,16	
Cv	Capacidade térmica pavimento	J/(m ³ C)	2,214	

Figura 2-11 Vista panorâmica do conjunto construído 3 (2015).



Quadro 2-4 Parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 4.

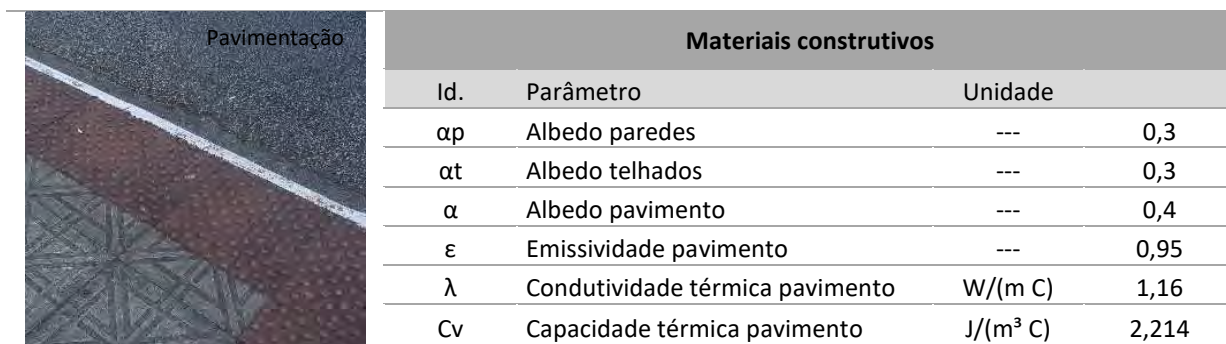
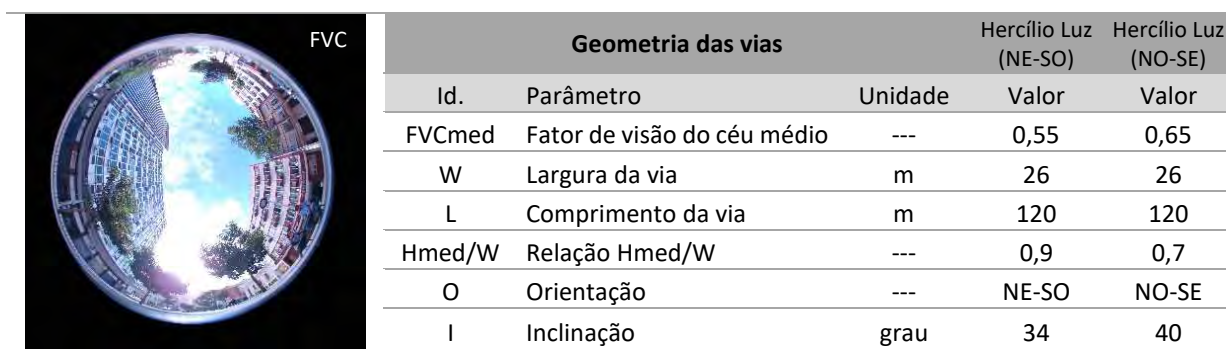
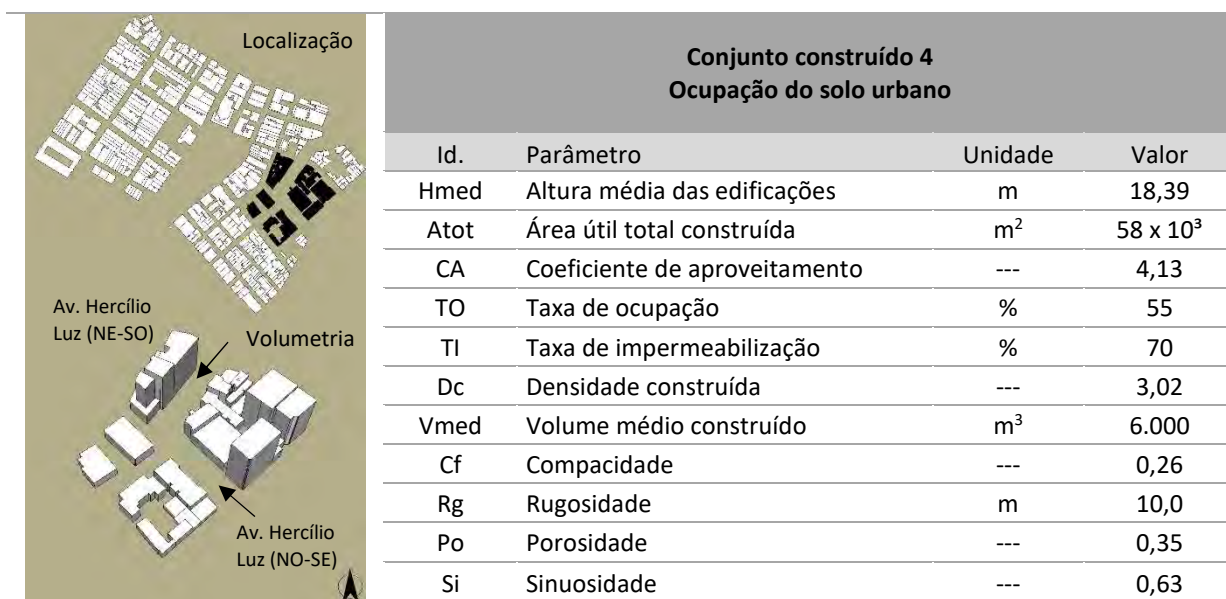


Figura 2-12 Vista panorâmica do conjunto construído 4 (2015).



Conjunto construído 5

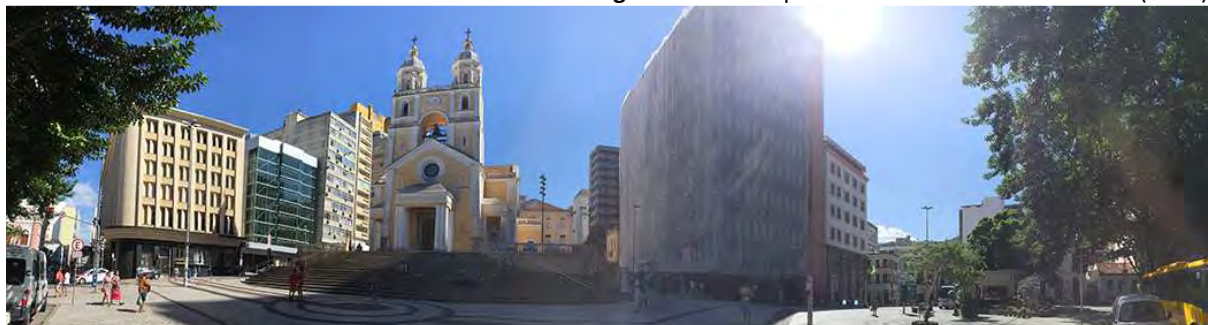
O conjunto construído 5 (**Quadro 2-5** e **Figura 2-15**) está conformado por edificações históricas e modernas tombadas ou pertencentes à Área de Preservação Cultural (APC). Os quarteirões são regulares e de dimensões variáveis – de 32 a 112 metros de comprimento entre interseções de vias. Mais de 90% das construções apresenta baixo ou médio gabarito, caracterizando a ocupação densa horizontal e de tipologia compacta e contínua, com usos diversos. O conjunto apresenta as vias mais estreitas da área central, com larguras de 8 (Rua Tiradentes) a 10 metros (Rua Nunes Machado). As vias estreitas, destinadas a pedestres e veículos, dificultam o trânsito automotor e impossibilitam a construção de calçadas com as dimensões mínimas estabelecidas pelo plano diretor atual (1,50 m). Assim como no conjunto construído 1, esse bloco possui o maior fator de compacidade (0,38) e o menor coeficiente de aproveitamento (3,00). Também apresenta reduzido fator de rugosidade (9,72) e de volume médio construído (2.204 m^3), neste caso devido ao elevado número total de edificações (89).

Além dos cinco conjuntos construídos aqui delimitados, foram analisados dois recintos urbanos do Centro de Florianópolis, com particularidades adversas – trata-se de uma praça úmida e de uma praça seca. Recintos urbanos são espaços definidos pelos planos do piso e da parede, com características microclimáticas particulares. As praças estão delimitadas pelas fachadas das edificações que as circundam, e são plenas de significados e de ambiência própria. O **recinto urbano 1** (**Figura 2-13**) consiste na Praça XV de Novembro, praça úmida de densa vegetação perene, conformada por edificações históricas e com uma área aproximada de 9.750 m^2 . O **recinto urbano 2** (**Figura 2-14**) é o Largo da Catedral Metropolitana, que configura uma praça seca sem qualquer tipo de vegetação.

Figura 2-13 Vista panorâmica do recinto urbano 1 (2015).



Figura 2-14 Vista panorâmica do recinto urbano 2 (2015).



Quadro 2-5 Parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 5.

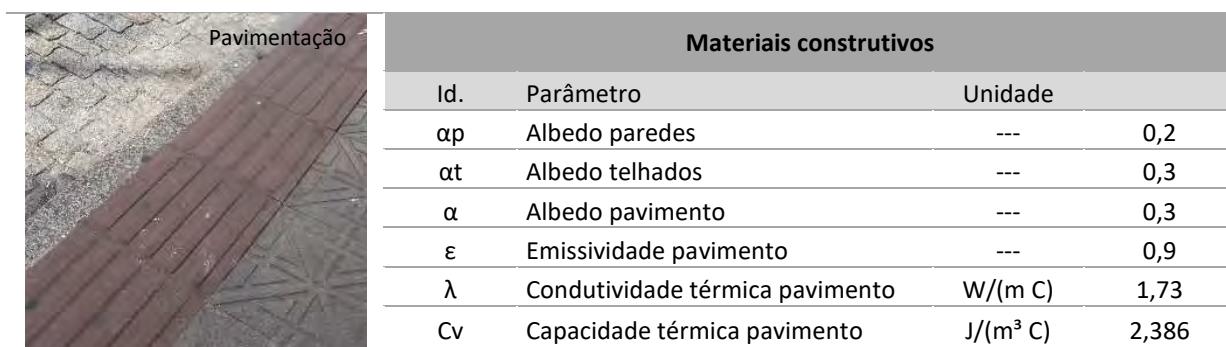
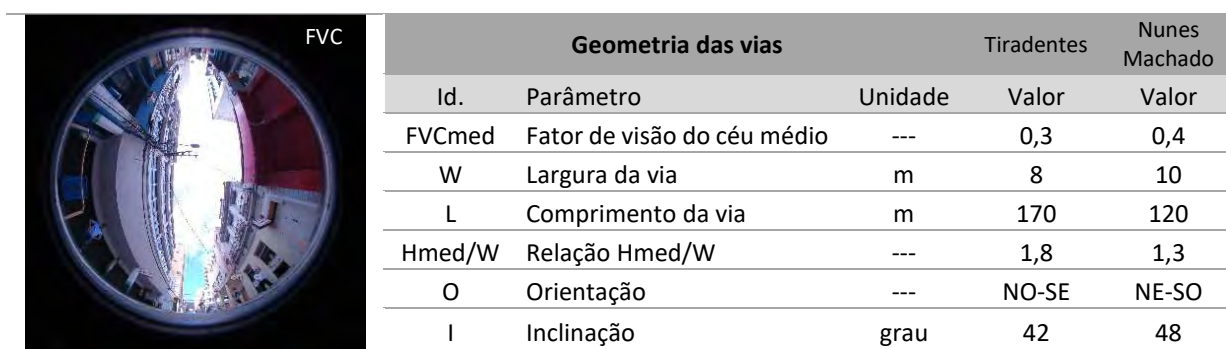
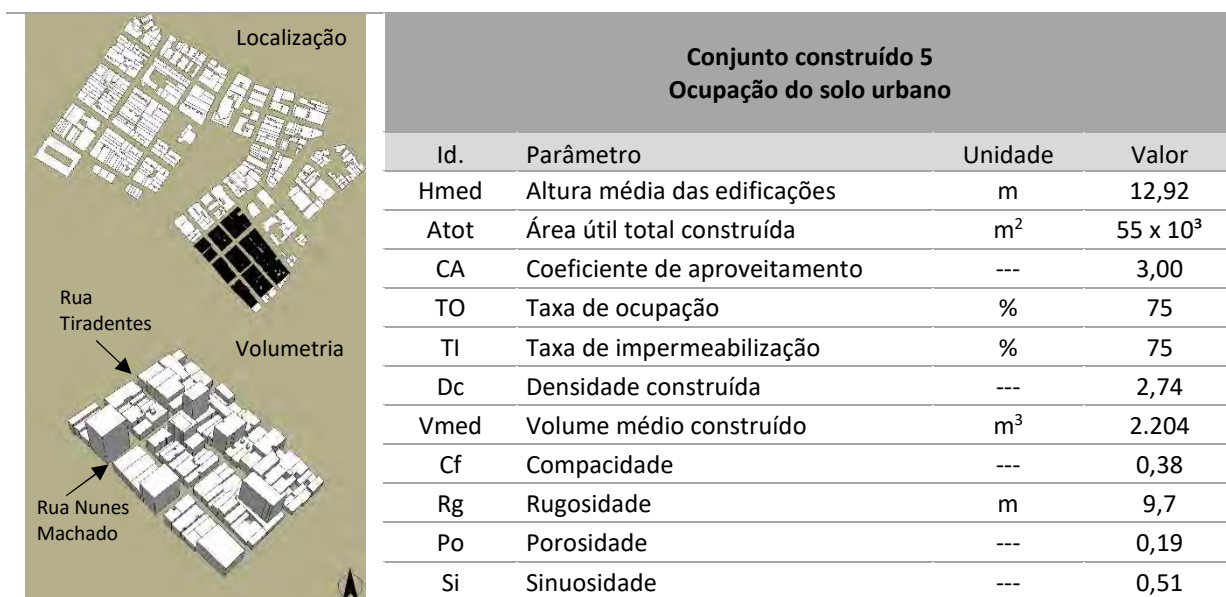


Figura 2-15 Vista panorâmica do conjunto construído 5 (2015).



O Largo da Catedral Metropolitana possui área de 2.990 m² e está cercado por arquiteturas do período colonial, moderno e contemporâneo. A altura média das edificações que configuram esse Largo e a Praça XV de Novembro está em torno dos 15 metros. Os dois recintos urbanos são definidos pela Rua Arcipreste Paiva e pela Rua dos Ilhéus, ambas de orientação Nordeste-Sudoeste. A volumetria final da área estudada nesta pesquisa e as unidades espaciais de análise podem ser conferidas na **Figura 2-16**.

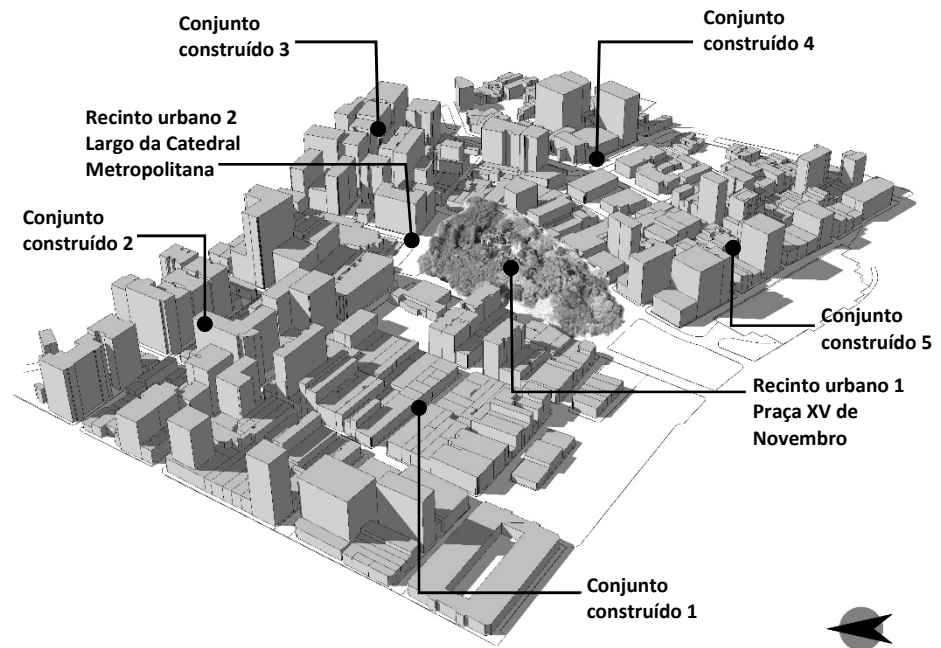


Figura 2-16 Volumetria do Centro de Florianópolis e unidades espaciais de análise.

A avaliação da ambiência resultante da forma arquitetônico-urbana dessas unidades espaciais e do todo é o tema do **Capítulo 3** desta pesquisa, abordando questões relacionadas com a qualidade ambiental e com o desempenho térmico, luminoso e acústico do espaço urbano.



3

Forma arquitetônico-urbana e desempenho ambiental





Foto: Edifício das
Diretorias,
Florianópolis, 2014
[Engenheiro Domingos
Trindade, 1961]

3.1

Introdução

O desempenho ambiental do espaço urbano e arquitetônico é o resultado da ação combinada da umidade relativa e da temperatura do ar, da radiação térmica e da luz solar e da velocidade do vento, além dos fatores relacionados exclusivamente com a ação antropogênica e os usos destinados ao solo, como a acústica e a poluição atmosférica. A sensação de conforto deriva de um equilíbrio entre todos esses elementos e condiz com a condição da mente que expressa a satisfação com o ambiente (ASHRAE, 1992). Embora exista um recente consenso mundial acerca da convergência dos indicadores de conforto, essa definição ainda constitui um tema controverso, uma vez que expressa a cultura, as crenças, os valores e as expectativas de uma sociedade (CHAPPELLS; SHOVE, 2005). A percepção ambiental subjetiva permite conexões sensoriais entre diferentes localidades urbanas no espaço e no tempo e depende dos fatores pessoais individuais, como as qualidades físicas, o vestuário, a atividade desenvolvida e as preferências pessoais.

A análise da relação entre o meio construído e os seus resultados em termos ambientais precisa considerar a identificação e a compreensão de como o usuário percebe as mudanças na estrutura da cidade. A complexa composição urbana pode ser distinta pela observação associada de sua forma geométrica, topológica e ambiental (**Figura 3-1**). Considerar os espaços por meio dos sentidos e das sensações que suscitam significa definir sua verdadeira composição. O ambiente é percebido primeiramente como uma série de experiências parciais, mais do que como uma totalidade. Para compreender a interação entre os fenômenos experimentais e o seu resultado, dividimos o todo e analisamos nossas percepções parciais (HOLL, 2011).

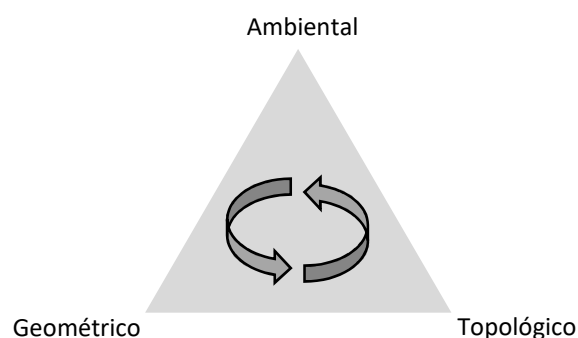


Figura 3-1 Associação da forma geométrica, topológica e ambiental.

Este capítulo apresenta as análises da relação entre a forma arquitetônico-urbana e seus resultados em termos ambientais no Centro de Florianópolis. O estudo que segue se desenvolve a partir da observação de fragmentos do espaço urbano e de dados quantitativos e qualitativos obtidos em campo, pelos quais se pretende responder às perguntas: A forma arquitetônico-

urbana do Centro de Florianópolis satisfaz aos requisitos de desempenho ambiental? Quais as proposições de desenho arquitetônico e urbano mais adequadas para Florianópolis, em termos ambientais?

Para essa avaliação, foram considerados os aspectos relacionados com o desempenho térmico, luminoso e acústico. Diversas literaturas e normas técnicas que recomendam critérios mínimos para o cumprimento dos requisitos de desempenho ambiental no espaço urbano e arquitetônico foram adotadas como referência (**Apêndice B**), além dos estudos de campo desenvolvidos neste trabalho. A seguir, apresentamos os objetivos e os critérios de desempenho considerados segundo os fatores ambientais de análise (iluminação natural, insolação, ventilação natural, umidade relativa e temperatura do ar, acústica), assim como sobre quais os parâmetros da forma arquitetônico-urbana que mais influenciam nesses fatores:

Insolação e iluminação natural

- Objetivo: salubridade, conforto térmico exterior e interior, conforto luminoso exterior e interior.
- Critério: duas horas diárias de exposição solar no ambiente urbano e arquitetônico são geralmente suficientes para garantir as exigências psicológicas do homem (PEREIRA, 1995; MIANA, 2010). Nas latitudes próximas dos 30°, recomenda-se uma abertura mínima para o céu de 35° para atender aos requisitos de iluminação natural exterior (MASCARÓ, 2009).
- Parâmetros de influência da forma arquitetônico-urbana: altura média das edificações (Hmed); coeficiente de aproveitamento (CA); taxa de ocupação (TO); fatores de compacidade (Cf) e de porosidade (Po); orientação (O), inclinação (I) e perfil das vias (Hmed/W); fator de visão do céu médio (FVCmed); materiais construtivos e presença de vegetação.

Ventilação natural

- Objetivo: qualidade do ar e conforto térmico exterior e interior.
- Critério: estudos em condições tropicais recomendam velocidades do vento no espaço urbano entre os 3,5 e os 5,0 m/s (MIANA, 2010).
- Parâmetros de influência da forma arquitetônico-urbana: coeficiente de aproveitamento (CA); taxa de ocupação (TO); fatores de rugosidade (Rg), compacidade (Cf), porosidade (Po) e sinuosidade (Si); orientação (O), inclinação (I) e perfil das vias (Hmed/W); e presença de vegetação.

Umidade relativa e temperatura do ar

- Objetivo: conforto térmico exterior e interior.
- Critério: os resultados dos questionários aplicados neste trabalho entre os usuários do Centro de Florianópolis comprovam que o intervalo de neutralidade térmica, em que está o maior número de usuários satisfeitos com o ambiente térmico, é dos 17 aos 25 °C (**Apêndice E**).
- Parâmetros de influência da forma arquitetônico-urbana: área total construída (Atot); coeficiente de aproveitamento (CA); taxa de ocupação

(TO); densidade construída (Dc); volume médio construído (Vmed); orientação (O) e inclinação (I) das vias; fator de visão do céu médio (FVCmed); materiais construtivos; usos do solo e presença de vegetação.

Acústica

- Objetivo: conforto acústico exterior e interior.
- Critério: as normas técnicas destinadas às áreas habitadas (ABNT NBR 10151, 2000; NBR 10152, 1987) recomendam um nível de ruído máximo de 60 decibéis para zonas mistas, com vocação comercial e administrativa.
- Parâmetros de influência da forma arquitetônico-urbana: densidade construída (Dc), volume médio construído (Vmed); usos do solo e presença de vegetação.

A **Tabela 3-1** esquematiza os objetivos, critérios e parâmetros da forma arquitetônico-urbana que influenciam nos fatores ambientais considerados:

Tabela 3-1 Objetivos, critérios de avaliação e parâmetros de influência da forma arquitetônico-urbana nos fatores ambientais.

Fator ambiental	Objetivo	Critério	Parâmetros de influência da forma arquitetônico-urbana
Insolação e iluminação natural	Salubridade, conforto térmico exterior e interior Conforto luminoso exterior e interior	Mínimo de duas horas de sol no espaço urbano e nas fachadas, abertura mínima para o céu de 35°	- Ocupação do solo: Hmed; CA; TO; Cf; Po - Vias: O; I; Hmed/W; FVCmed - Materiais construtivos - Presença de vegetação
Ventilação natural	Qualidade do ar e conforto térmico exterior e interior	Velocidade do vento no espaço urbano entre 3,5 e 5,0 m/s	- Ocupação do solo: CA; TO; Rg; Cf; Po; Si - Vias: O; I; Hmed/W - Materiais construtivos - Presença de vegetação
Umidade relativa e temperatura do ar	Conforto térmico exterior e interior	Temperatura do ar intraurbana entre 17 e 25°C	- Ocupação do solo: Atot; CA; TO; TI; Dc; Vmed - Vias: O; I; FVCmed - Materiais construtivos - Usos do solo - Presença de vegetação
Acústica	Conforto acústico exterior e interior	Nível de ruído máximo de 60 dB (A)	- Ocupação do solo: Dc; Vmed - Usos do solo - Presença de vegetação

Alguns aspectos sobre a qualidade ambiental urbana em escala local também foram incluídos no estudo, desde o ponto de vista do usuário do espaço exterior, com abordagens gerais sobre a mobilidade e acessibilidade de vias e espaços públicos, mobiliário urbano, vegetação urbana, poluição sonora e atmosférica.


3.2

Análise do desempenho ambiental da forma arquitetônico-urbana: a escala das partes

Este subtítulo evidencia os resultados de desempenho ambiental da forma arquitetônico-urbana obtidos nesta pesquisa, tendo como referência as unidades espaciais de análise definidas no **Capítulo 2**.

Conjunto construído 1

Figura 3-2
Localização,
volumetria e
parâmetros da forma
arquitetônico-urbana
do conjunto
construído 1.

Sem escala 

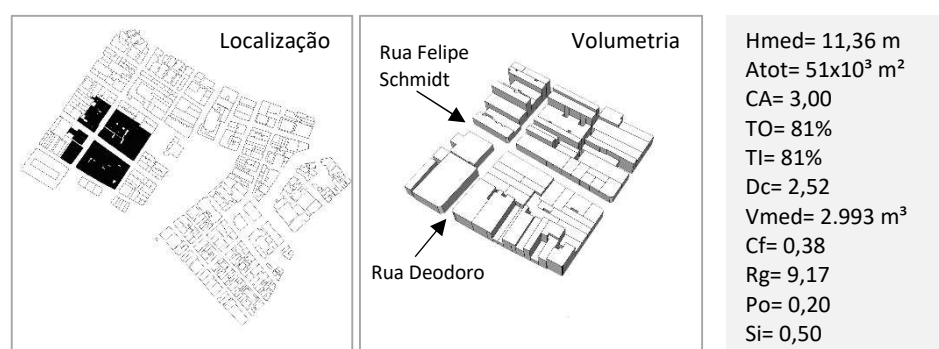


Tabela 3-2 Resultados de desempenho ambiental do conjunto construído 1.

Insolação

Verão: média de sete horas diárias de sol no espaço urbano.

Inverno: média de quatro horas diárias de sol no espaço urbano.

Iluminação natural (Céu encoberto: 50.000 lux)

Rua Felipe Schmidt: iluminância no nível do solo de 29.000 lux (58%) e nas fachadas das edificações de 15.000 lux (30%).

Rua Deodoro: iluminância no nível do solo de 19.000 lux (38%) e nas fachadas das edificações de 8.000 lux (16%).

Ventilação natural

Rua Felipe Schmidt: velocidade do vento reduzida em 75% em relação ao meio rural.

Rua Deodoro: velocidade do vento reduzida em 65% em relação ao meio rural.

Temperatura do ar

Verão: 9 horas (27,4°C, +1,5%*); 15 horas (34,3°C, +4,0%*).

Inverno: 9 horas (14,8°C, -1,3%*); 15 horas (17,3°C, +1,7%*).

* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.

Umidade relativa do ar

Verão: 9 horas (79,8%, +1,0%*); 15 horas (64,2%, +8,8%*).

Inverno: 9 horas (68%, +1,4%*); 15 horas (62,4%, -0,9%*).

* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.

Acústica

Nível de ruído máximo de 60 decibéis.

O conjunto histórico a Oeste da Praça XV de Novembro (**Figura 3-2** e **Tabela 3-2**) diferencia-se das demais partes do Centro de Florianópolis pelo perfil homogêneo, de linhas predominantemente horizontais, em que a abóbada celeste é mais perceptível ao observador do que as edificações. No lado Sul,

esse trecho urbano faz fronteira com o Largo da Alfândega, praça constituída de raros elementos arbóreos e de um chafariz cercado de bancos, quiosques e importantes exemplares arquitetônicos, como o Mercado Público Municipal (1899) e a Antiga Alfândega (1876). A Oeste e a Norte do conjunto histórico, as ocupações urbanas limítrofes apresentam elevada densidade construída, com edificações verticais que obstruem a paisagem no horizonte. Já a Leste, o cenário de fundo evidencia a densa arborização da Praça XV de Novembro e o pico do Morro da Cruz. A torre da Igreja de São Francisco (1815), de arquitetura barroca e neoclássica, desponta na parte superior da perspectiva visual como um elemento vertical singular (**Figura 3-3** e **Figura 3-4**).

Figura 3-3 (Esquerda)
Perspectiva da Rua Deodoro, sentido Sudoeste-Nordeste (2015).

Figura 3-4 (Direita)
Perspectiva da Rua Felipe Schmidt, sentido Noroeste-Sudeste (2015).



As edificações nesse trecho urbano possuem geralmente três pavimentos e permitem a penetração direta dos raios solares nos recintos abertos, com uma média de sete horas diárias de insolação no verão (**Figura 3-5**) e de quatro horas diárias no inverno (**Figura 3-6**).

Figura 3-5
Sombreamento do conjunto construído 1 no verão.
Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.

Sem escala

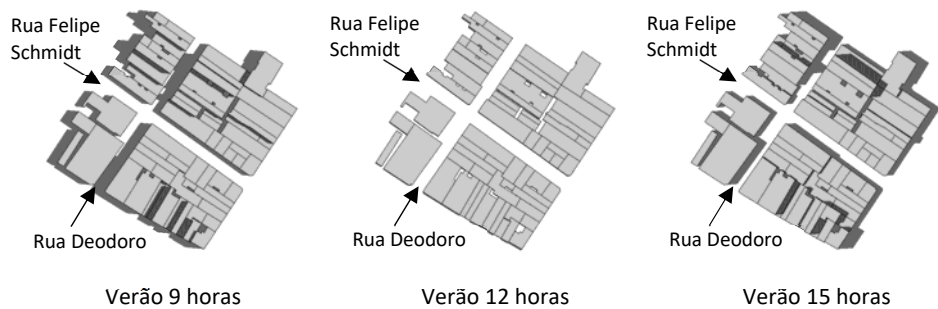
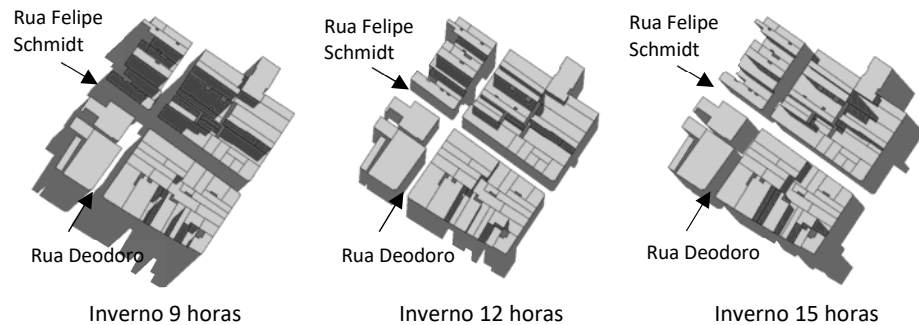


Figura 3-6
Sombreamento do conjunto construído 1 no inverno.
Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.

Sem escala



A presença do sol pode significar uma oportunidade ou uma inconveniência. Apesar dos benefícios evidentes da luz solar, a insolação direta muitas vezes resulta em um excessivo e desvantajoso ganho de calor. Nos verões, quando a altura solar em Florianópolis se eleva aos 85 graus sobre o horizonte, o calçadão da Rua Felipe Schmidt ($O= NO-SE$; $FVC_{med}= 0,5$; $H_{med}/W= 0,95$; $I=54^\circ$) recebe sol praticamente todo o dia, produzindo desconforto térmico. As temperaturas do ar são em torno de meio grau mais altas em relação aos registros obtidos nas demais localidades do Centro de Florianópolis, chegando aos $34,3^\circ C$ nas tardes da estação quente, o que significa um valor 4% superior em relação ao meio natural.

Nessas circunstâncias, não são raros os episódios em que os transeuntes procuram um espaço debaixo das coberturas ou sob as curtas sombras duras e dinâmicas projetadas pelas edificações ou estruturas efêmeras, buscando um refúgio do sol (**Figura 3-7**). Ou que os donos dos estabelecimentos comerciais tirem proveito dos elementos flexíveis de controle e proteção solar, como venezianas ou toldos, estrategicamente aplicados nas aberturas ou nas vedações transparentes. No verão, a percepção ambiental para cerca de 84% dos usuários entrevistados neste trecho urbano é de calor excessivo, e o sol constitui a variável mais incômoda para mais de 66% das pessoas.



Figura 3-7
Concentração de pessoas sob as proteções solares na Rua Felipe Schmidt (2015).

A composição do tecido urbano – edificações de altura uniforme, massa construída contígua compacta, elevada taxa de ocupação e baixo índice de porosidade – impede a permeabilidade do vento nos ambientes abertos, diminuindo o potencial de amenização do calor, com uma redução média de 70% nas velocidades anuais do vento em relação ao meio rural. A Rua Deodoro ($O= NE-SO$; $FVC_{med}= 0,5$; $H_{med}/W= 0,95$; $I=33^\circ$) geralmente recebe mais vento do que a Rua Felipe Schmidt, devido à inclinação mais favorável às correntes de ar de Norte e Sul. A ausência absoluta de obstáculos construídos ao Sul deixa a região mais permeável ao vento nessa direção. Os quarteirões curtos, com dimensões inferiores aos 90 metros, reduzem o efeito de retenção do vento pelas construções, já que os logradouros funcionam como vias aéreas escavadas na densa massa edificada.

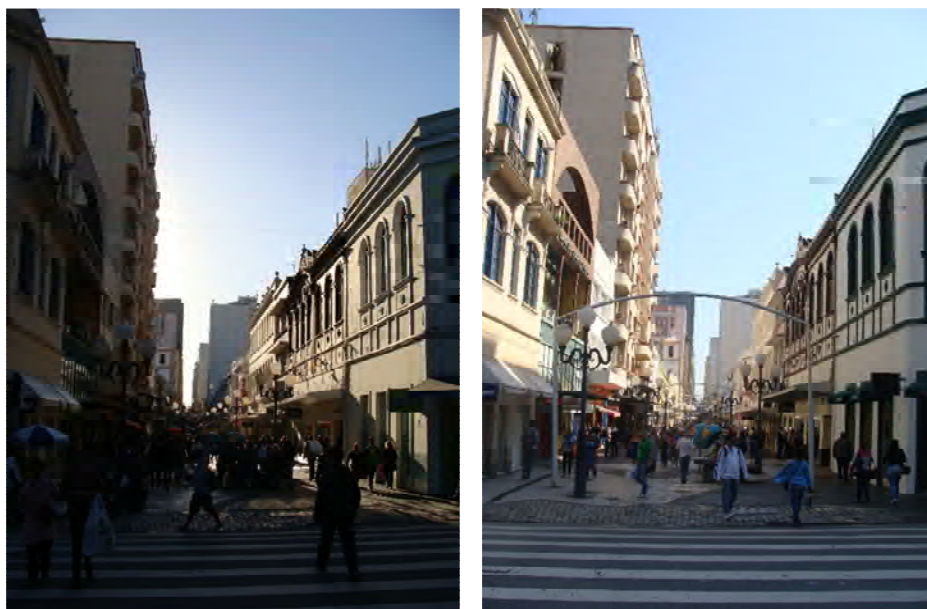
O perfil urbano com edificações de baixo gabarito, associado aos materiais de elevado albedo da pavimentação petit-pavê e das fachadas, resulta sempre em altos índices de iluminância. Na Rua Felipe Schmidt, a quantidade de iluminação natural é pelo menos 30% superior aos registros dos demais logradouros do Centro de Florianópolis, em quaisquer condições da abóbada celeste. Em situações de céu encoberto, a quantidade de iluminação no eixo viário da Rua Felipe Schmidt é de 29.000 lux, com cerca de 15.000 lux nas fachadas voltadas para a face Sul das construções. Na Rua Deodoro, os índices de iluminância reduzem quase pela metade, porém ainda são elevados – 19.000 lux no eixo do logradouro e 8.000 lux nas fachadas das edificações. Nos dias em que a abóbada celeste está desobstruída, as superfícies opacas de cores claras da Rua Felipe Schmidt podem causar ofuscamento indireto por refletância, com desconforto visual e perda da visibilidade de objetos.

Os registros de iluminância no período vespertino de verão chegam a ser dezoito vezes superiores aos valores obtidos nas manhãs de inverno, e as alterações visuais que a luz natural produz nas fachadas das edificações no decorrer do ano são mais visíveis, sempre destacando os detalhes e as reentrâncias da arquitetura colonial (**Figura 3-8**). As fachadas contínuas monocromáticas e sem volumes construídos em destaque determinam a monotonia visual para o usuário que percorre essas vias, interrompida somente nos limites com a Praça XV de Novembro ou com as edificações de gabarito elevado dos quarteirões ao Norte do recorte espacial considerado.

Figura 3-8 a e b
Alterações visuais da luz natural nas fachadas das edificações coloniais.

Foto a (Esquerda)
Rua Felipe Schmidt às 16 horas no inverno (2013).

Foto b (Direita)
Rua Felipe Schmidt às 12 horas no inverno (2015).



A configuração contígua do tecido urbano, com edificações de testada exígua e de muita profundidade (a relação entre a profundidade e o tamanho da testada de algumas construções chega a ser de 6/1), sem afastamentos laterais e, muitas vezes, sem afastamentos de fundos, bloqueia a entrada de sol e de luz natural no interior das edificações. Nem mesmo toda uma fachada frontal envidraçada é suficiente para iluminar os ambientes


interiores, e percebe-se o uso ininterrupto dos sistemas artificiais de iluminação nos pavimentos térreos dos estabelecimentos comerciais, em qualquer período do ano. O mesmo sucede em relação à ventilação natural: a ausência de fachadas livres dificulta a inserção de janelas adequadas para a entrada e a saída do ar, no conhecido processo de ventilação cruzada.

As janelas ritmadas, geralmente maiores em altura do que em largura, acentuam a passagem do tempo e destacam o processo de evolução desse componente compositivo na arquitetura. Nas edificações do século XIX, as janelas geralmente aparecem como soluções restritas – de 30 a 40% das superfícies das fachadas coloniais está constituída pelos materiais transparentes - definidas pela arquitetura vigente na época e pelas limitações tecnológicas. Uma das funções mais importantes das vedações transparentes está em manter a relação do exterior com o interior da edificação, e a redução desses elementos pode diminuir também o número dessas transições. Não é o caso, entretanto, do calçadão do centro histórico de Florianópolis: as edificações sem recuos frontais fortalecem as relações entre o espaço público e o privado, entre o ambiente fechado e o aberto.

A multifuncionalidade de usos alimenta o movimentado calçadão do centro histórico e, mesmo com as atividades diversas, o nível de ruído geralmente é uniforme e sem picos, abaixo dos 60 decibéis. A ausência de obstáculos construídos verticais permite a propagação do som para além do ambiente urbano, reduzindo seu efeito na escala do pedestre. O ruído é proveniente principalmente da fala humana, do agitado comércio formal e informal, dos agentes publicitários locais e de artistas que realizam apresentações culturais diárias ou esporádicas nesse trecho urbano.

Conjunto construído 2

Figura 3-9
Localização,
volumetria e
parâmetros da forma
arquitetônico-urbana
do conjunto
construído 2.

Sem escala 

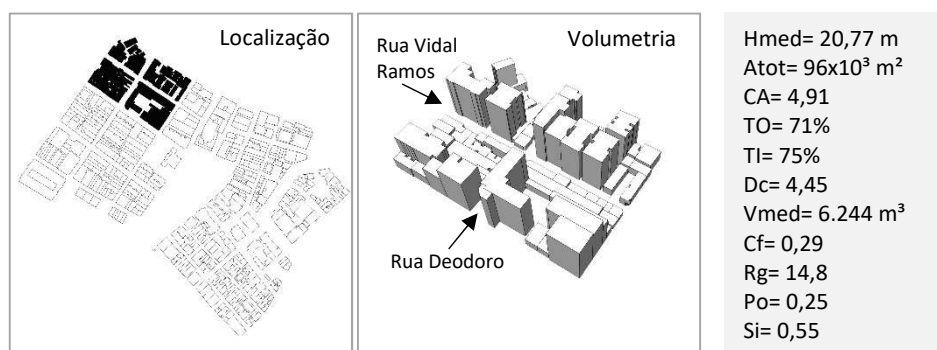


Tabela 3-3 Resultados de desempenho ambiental do conjunto construído 2.

Insolação

Verão: média de duas horas diárias de sol no espaço urbano.

Inverno: máximo de uma hora diária de sol no espaço urbano.

Iluminação natural (Céu encoberto: 50.000 lux)

Rua Vidal Ramos: iluminância no nível do solo de 15.000 lux (30%) e nas fachadas das edificações de 8.000 lux (16%).

Rua Deodoro: iluminância no nível do solo de 13.000 lux (26%) e nas fachadas das edificações de 8.400 lux (17%).

Ventilação natural

Rua Vidal Ramos: velocidade do vento reduzida em 78% em relação ao meio rural.
Rua Deodoro: velocidade do vento reduzida em 59% em relação ao meio rural.
Rajadas no cruzamento entre vias.

Temperatura do ar

Verão: 9 horas (26,7°C; -1,1%*); 15 horas (32,9°C; -0,3%*).

Inverno: 9 horas (14,9°C; -0,6%*); 15 horas (16,9°C; -0,6%*).

* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.

Umidade relativa do ar

Verão: 9 horas (82,2%; +3,9%*); 15 horas (64,7%; +9,6%*).

Inverno: 9 horas (65,8%; -1,7%*); 15 horas (61,8%; -1,8%*).

* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.

Acústica

Rua Vidal Ramos: nível de ruído máximo de 55 decibéis.

Rua Deodoro: nível de ruído médio de 60 decibéis; 65 decibéis com trânsito de veículos pesados.

Continuação da **Tabela 3-3**.

O trecho urbano que abrange a Rua Vidal Ramos e o fragmento Norte da Rua Deodoro (**Figura 3-9 e Tabela 3-3**) caracteriza-se pela heterogeneidade das construções, quanto à altura (dos edifícios exclusivamente térreos aos de treze pavimentos) e à forma (dos prismas verticais de base quadrada ou retangular aos blocos alongados horizontais). Essa heterogeneidade proporciona dinamismo às linhas verticais e horizontais dos volumes construídos, resultando em uma paisagem visual onde se observa em destaque um encadeamento de edificações de ampla altura combinado com a abertura da abóbada celeste acima da linha do horizonte, em meio às construções (**Figura 3-10 e Figura 3-11**).

Figura 3-10 (Esquerda)
Perspectiva da Rua Deodoro, sentido Nordeste-Sudoeste (2015).

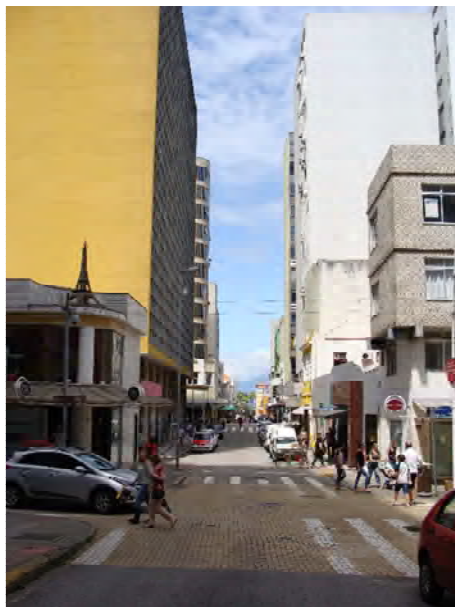


Figura 3-11 (Direita)
Perspectiva da Rua Vidal Ramos, sentido Noroeste-Sudeste (2015).



A média de exposição solar direta nos logradouros desse conjunto urbano no verão é de duas horas diárias: tempo suficiente para uma época em que a insolação não é tão desejada (**Figura 3-12**). Embora as edificações verticais

contribuam para a concepção de espaços exteriores agradáveis na maior parte do ano, no inverno esses mesmos elementos são geralmente prejudiciais. Nos dias frios, a Rua Vidal Ramos ($O = \text{NO-SE}$; $FVC_{med} = 0,3$; $H_{med}/W = 1,9$; $I = 54^\circ$) recebe insolação direta de apenas uma hora, sempre no entardecer. Na Rua Deodoro ($O = \text{NO-SE}$; $FVC_{med} = 0,3$; $H_{med}/W = 1,9$; $I = 33^\circ$), o período de exposição solar diária durante o inverno é superior, porém ainda reduzido, não atingindo o mínimo de duas horas recomendadas (Figura 3-13).

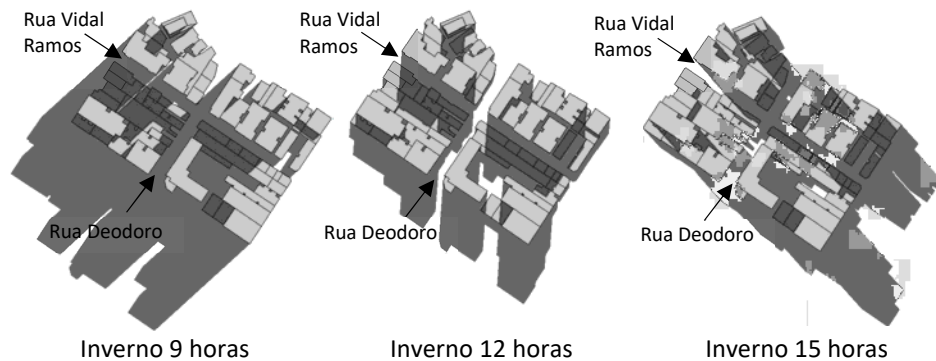
Figura 3-12
Sombreamento do conjunto construído 2 no verão.
Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.

Sem escala



Figura 3-13
Sombreamento do conjunto construído 2 no inverno.
Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.

Sem escala



A disposição dos volumes construídos verticais nas vias e nos quarteirões intensifica o sombreamento do espaço público no inverno. Na Rua Vidal Ramos, as edificações de gabarito elevado (treze andares), geralmente residenciais, estão agrupadas no lado Norte da via e ao Sul dos quarteirões, obstruindo quase completamente a trajetória solar nos meses frios. Esses modernos edifícios foram inaugurados essencialmente entre as décadas de 1960 e 1980, após o avanço das tecnologias construtivas e de infraestrutura urbana que possibilitaram novas formas arquitetônicas, distintas das remotas construções históricas. A relação entre a parcela fundiária e a edificação, entretanto, permaneceu inalterada, resultando em um desenho conformado por paredes verticais sem afastamentos laterais ou com distanciamentos ínfimos, dificultando a permeabilidade do sol e do vento no espaço urbano.

Esse desenho compromete também o desempenho ambiental dos compartimentos interiores, inclusive porque muitos dos edifícios verticais situados nesse fragmento urbano são destinados à habitação e exigem, portanto, espaços de permanência com maiores requisitos de insolação, iluminação e ventilação natural. Nas situações onde os cômodos não

possuem comunicação direta com o exterior – geralmente quando localizados no miolo das edificações - verifica-se o uso de prismas abertos na parte superior. Os prismas de iluminação e de ventilação natural são permitidos com restrições pelo atual código de obras de Florianópolis (CMF, 2000) e possibilitam o mínimo, porém não ideal, acesso à iluminação e ao vento nos aposentos interiores.

Em função da configuração vertical contínua e predominantemente perpendicular às correntes de ar de Norte e Sul, a ventilação natural no nível do solo é obstruída em cerca de 78% na Rua Vidal Ramos, com velocidades máximas normalmente inferiores a 3,5 m/s. Já a Rua Deodoro está mais suscetível aos fluxos de vento, principalmente de sentido Sul e, nesse caso, o conjunto de edificações verticais pode canalizar o vento em determinados trechos da via, aumentando a velocidade da corrente de ar próxima ao solo. São comuns e muitas vezes desagradáveis as rajadas de vento na escala do pedestre, principalmente no inverno. No cruzamento conformado pelos altos edifícios, entre a Rua Vidal Ramos e a Rua Deodoro, o deslocamento descendente do vento é acelerado com o movimento horizontal, resultando em velocidades 40% superiores em relação às esquinas configuradas pelas edificações com menos de três pavimentos.

As temperaturas do ar apresentam as menores variações de todo o Centro de Florianópolis e são sempre inferiores aos registros obtidos em meio rural – as diferenças oscilam dos 26,7°C (-1,1%) aos 32,9°C (-0,3%) das manhãs às tardes de verão. No inverno, as diferenças na temperatura do ar intraurbana em relação ao ambiente natural são de -0,6%, nos períodos matutino (14,9°C) e vespertino (16,9°C). O resultado se reflete na opinião dos usuários - esse trecho urbano é considerado um dos mais agradáveis dentro do recorte espacial estudado – em uma média anual, 57% das pessoas entrevistadas nesse conjunto de edificações ratificam satisfação com o ambiente exterior. As maiores insatisfações ocorrem no verão, quando 66% dos entrevistados consideram o ambiente exterior extremamente quente e a variável ambiental mais incômoda é o sol. Ou seja, o sol, ausente no inverno e presente no verão, é geralmente o elemento que mais determina a percepção subjetiva das pessoas que frequentam esses locais.

A sensação de conforto decorre também da estrutura física dos espaços públicos, principalmente nas imediações da Rua Vidal Ramos, que passou por um processo de requalificação na última década, por iniciativa dos lojistas locais e pelo imperativo de ampliar a atratividade e a qualidade do ambiente urbano. Uma parceria público-privada possibilitou a concretização de diversas propostas de melhorias, como a reforma e o alargamento de calçadas segundo as normas de acessibilidade; a personificação e a instalação de mobiliário urbano (bancos, lixeiras e totens); a pintura e a padronização das fachadas dos estabelecimentos comerciais; a substituição dos pavimentos das vias e dos passeios; o aterramento do cabeamento elétrico e telefônico. Todas essas ações tornaram a paisagem urbana mais bela e convidativa, proporcionando identidade e contribuindo para a percepção ambiental positiva dos usuários.

A hegemonia das cores claras nas superfícies verticais e horizontais ameniza os efeitos negativos da verticalização na iluminação natural, clareando ambientes que seriam completamente escuros se fossem constituídos por materiais construtivos de baixo albedo, como o asfalto ou o concreto. Os registros de iluminância nos eixos das vias em dias de céu encoberto vão dos 13.000 aos 15.000 lux, superiores em cerca de 8 a 15% em relação a outros recintos também conformados por altas construções que impedem a penetração direta da luz solar.

A Rua Vidal Ramos é o caminho menos ruidoso de todo o centro histórico, com um nível de ruído máximo de 55 decibéis, ainda que acolha o trânsito de pedestres, bicicletas e automóveis. Essa vantagem se deve sobretudo a dois fatores: o controle da velocidade para o trânsito de veículos, limitado a 20 km/h por meio de sinalização e de lombadas físicas; e o pavimento em blocos intertravados de concreto, que gera menos ruído no atrito dos pneus com o solo. A pavimentação, exclusiva desse trecho urbano, organiza os diversos tipos de fluxo por meio da coloração: o cinza e o amarelo determinam os locais de uso exclusivo e preferencial de pedestres, respectivamente; e o vermelho identifica as circulações de veículos.

As coberturas translúcidas adjacentes às edificações da Rua Vidal Ramos possuem um papel importante em condições de clima subtropical úmido, porque permitem a permeabilidade de parte da luz natural e ao mesmo tempo protegem o transeunte das chuvas constantes. Para além de sua utilidade como meio de passagem, esses elementos constituem também lugares de permanência. O passeio de aproximadamente 2 metros de largura está protegido em parte por essas coberturas, configurando também um local de encontro para os habitantes. Em alguns intervalos, ocorre a apropriação de parte do passeio pelo comércio local, composto de bares e cafés, em uma fusão entre o espaço público e o privado. Essa configuração é um dos principais fatores que diferencia a Rua Vidal Ramos das demais vias que recebem o trânsito de veículos e de pedestres do bairro central (**Figura 3-14**).



Figura 3-14
Elementos
construtivos de
proteção e controle e
apropriação do
passeio da Rua Vidal
Ramos (2015).

Outro exemplo do bom uso dos elementos construtivos na base das edificações está na marquise que oferece acesso ao Edifício das Diretorias (1961), projetado pelo engenheiro Domingos Trindade, e que constitui referência pioneira da arquitetura moderna em Florianópolis, com funções direcionadas ao poder público estadual. Esse prédio localiza-se em uma das esquinas da Rua Deodoro e se destaca de qualquer outro da área central de Florianópolis por ocupar pouco mais de 40% da área total do lote, em um volume isolado determinado por uma planta baixa geometricamente em “L”. Um observador posicionado em qualquer uma das fachadas voltadas para as ruas tem a ilusão de que toda a parcela fundiária está ocupada pelo edifício, contudo sua forma configura um pátio interior privado aberto (**Figura 3-15**).



Figura 3-15
Volumetria do Edifício das Diretorias, visto da esquina da Rua Deodoro com a Rua Tenente Silveira (2015).




Figura 3-16
Marquise orgânica do Edifício das Diretorias, vista da esquina da Rua Deodoro com a Rua Tenente Silveira (2015).

O volume principal apresenta onze pavimentos e está abraçado por uma marquise de desenho orgânico, apoiada sobre colunatas, compondo uma galeria para os pedestres que ameniza as correntes descendentes de ar e resguarda o acesso à edificação. Essa cobertura contribui ainda para a estética arquitetônica e diminui o impacto das altas construções na percepção visual do transeunte (**Figura 3-16**).

Conjunto construído 3

Figura 3-17
Localização,
volumetria e
parâmetros da forma
arquitetônico-urbana
do conjunto
construído 3.

Sem escala 

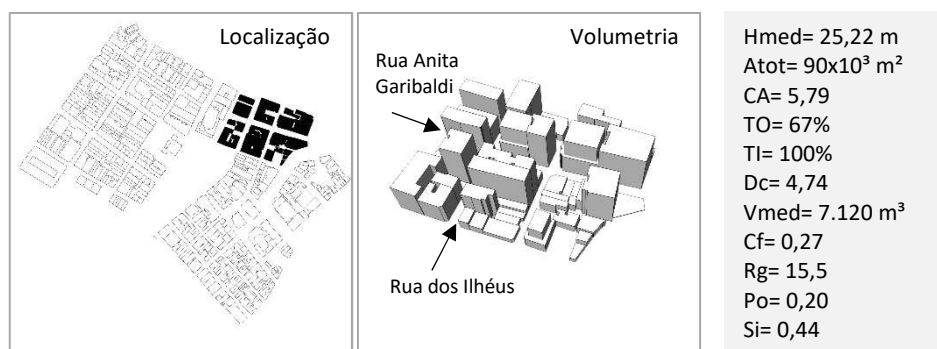


Tabela 3-4 Resultados de desempenho ambiental do conjunto construído 3.

Insolação

Verão: média de três horas diárias de sol no espaço urbano.
Inverno: menos de uma hora diária de sol no espaço urbano.

Iluminação natural (Céu encoberto: 50.000 lux)

Rua Anita Garibaldi: iluminância no nível do solo de 12.600 lux (25%) e nas fachadas das edificações de 8.500 lux (17%).
Rua dos Ilhéus: iluminância no nível do solo de 12.000 lux (24%) e nas fachadas das edificações de 8.000 lux (16%).

Ventilação natural

Rua Anita Garibaldi: velocidade do vento reduzida em 79% em relação ao meio rural.
Rua dos Ilhéus: velocidade do vento reduzida em 76% em relação ao meio rural.

Temperatura do ar

Verão: 9 horas ($26,5^\circ\text{C}$; $-1,8\%^*$); 15 horas ($32,7^\circ\text{C}$; $-0,9\%^*$).
Inverno: 9 horas ($14,2^\circ\text{C}$; $-5,6\%^*$); 15 horas ($16,1^\circ\text{C}$; $-5,5\%^*$).
* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.

Umidade relativa do ar

Verão: 9 horas ($79,9\%$; $+1,1\%^*$); 15 horas ($65,2\%$; $+10,5\%^*$).
Inverno: 9 horas ($67,4\%$; $+0,6\%^*$); 15 horas ($64,7\%$; $+2,7\%^*$).
* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.

Acústica

Nível de ruído médio de 60 decibéis; 65 decibéis com trânsito de veículos pesados.

O trecho urbano conformado pela Rua dos Ilhéus e pela Rua Anita Garibaldi (**Figura 3-17** e **Tabela 3-4**) apresenta elevada densidade construída e está constituído por volumes construídos majoritariamente verticais, que se destacam na paisagem e obstruem quase completamente a visão da abóbada celeste, percebida pelo observador apenas em uma estreita fresta entre as edificações, do horizonte ao zênite. Os altos edifícios, dispostos lado a lado no alinhamento dos passeios, corrompem a ligação entre o ambiente natural e o pedestre, que termina por desconhecer a experiência dos elementos geocológicos e paisagísticos do entorno, como os morros e a vegetação

Os recintos abertos desse conjunto construído estão constantemente protegidos da incidência solar direta - os logradouros praticamente não recebem sol no decorrer de toda a estação fria, ainda que as pessoas frequentem ou trabalhem nesses locais o ano todo (**Figura 3-18** e **Figura 3-19**). O sol é essencial nos meses frios de Florianópolis, de junho a agosto, e a carência de luz solar combinada com a alta umidade pode desencadear a

formação de mofo e de contaminantes em suspensão no ar que originam doenças respiratórias.

Figura 3-18 (Esquerda)
Perspectiva da Rua dos Ilhéus, sentido Nordeste-Sudoeste (2015).



Figura 3-19 (Direita)
Perspectiva da Rua Anita Garibaldi, sentido Sudeste-Noroeste (2015).



No inverno, mais de 85% das pessoas entrevistadas nesta pesquisa, que transitam nas imediações da Rua dos Ilhéus e da Rua Anita Garibaldi, demonstram-se incomodadas pela ausência quase completa de sol. Essa implicação é menos perceptível na Rua dos Ilhéus ($O = NE-SO$; $FVC_{med} = 0,25$; $H_{med}/W = 2,5$; $I = 21^\circ$), que recebe a incidência solar direta durante uma hora na estação fria. Na Rua Anita Garibaldi ($O = NO-SE$; $FVC_{med} = 0,28$; $H_{med}/W = 2,1$; $I = 73^\circ$), entretanto, o sol está obstruído pelas construções durante todo o dia de inverno, resultando em lugares inteiramente sombreados, aparentemente úmidos e insalubres (**Figura 3-20**).

Figura 3-20
Sombreamento do conjunto construído 3 no inverno.
Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.

Sem escala 

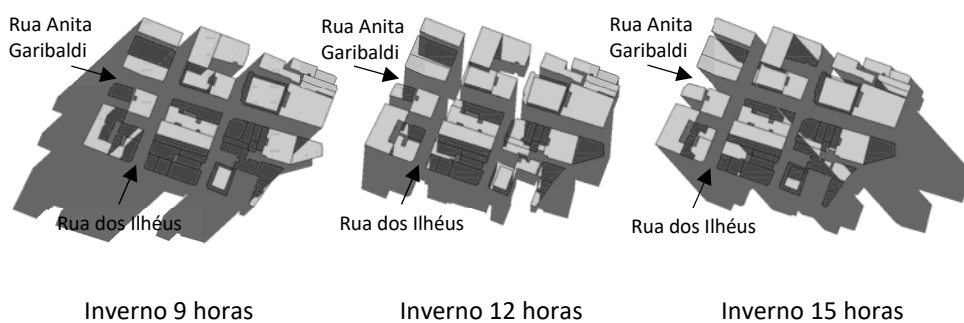


Figura 3-21
Sombreamento do conjunto construído 3 no verão.
Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.

Sem escala 



No verão, a Rua Anita Garibaldi está completamente exposta ao sol das nove horas da manhã às três horas da tarde, não obstante seu desenho esteja definido por algumas das edificações de maior altura do bairro (**Figura 3-21**). A incidência solar anual nesse logradouro está principalmente determinada pela sua inclinação em relação ao Norte (73°), que lhe confere uma insolação semelhante ao das vias de orientação Leste-Oeste, sempre perpendiculares a esse quadrante.

Essa configuração também impede a permeabilidade do vento na Rua Anita Garibaldi – cerca de 79% das correntes de ar de direção Norte e Sul são retidas pelas construções no nível do solo. A Rua dos Ilhéus está inclinada apenas 21° em relação ao azimute dos ventos dominantes, todavia o fluxo de ar na escala do pedestre ainda é retido em média 76%. O vento incide nas vias desse conjunto construído com 44% da velocidade que o atingiria caso os espaços abertos contínuos fossem paralelos aos fluxos. Por se tratar de um conjunto construído de elevada rugosidade, as alterações nas correntes locais de ar ocorrem até o topo das edificações, aos 40 metros, atingindo velocidades superiores somente no espaço aéreo acima das construções. A ausência quase completa de afastamentos laterais entre as edificações verticais nas vias de largura estreita, característica de um cânion urbano, funciona nesse caso como um quebra-vento.

Mesmo com as velocidades do vento reduzidas, as temperaturas do ar nos espaços abertos são sempre inferiores aos registros do meio rural. A umidade relativa do ar, por outro lado, apresenta valores superiores ao clima local em todos os períodos do ano. No verão, a temperatura do ar oscila dos 26,5°C (-1,8%) aos 32,7°C (-0,9%), das manhãs para as tardes. No inverno, as reduções da temperatura do ar em relação às medições em meio rural estão em torno dos 5,5%, ou 14,2°C e 16,1°C no turno matutino e vespertino, respectivamente. A umidade relativa do ar oscila inversamente com a temperatura do ar, resultando em um ambiente exterior quase sempre mais úmido. A porcentagem média anual de insatisfação dos transeuntes entrevistados nesta pesquisa com o ambiente térmico é de 56%. A temperatura do ar é a variável ambiental mais incômoda, em qualquer estação do ano: no verão, 60% das pessoas consideram o ambiente exterior quente; no inverno, a porcentagem de insatisfeitos é de 40%, segundo os quais esses lugares são termicamente frios; na meia estação, as opiniões sobre o espaço urbano se dividem igualmente entre os usuários que o consideram frio (33%), confortável (34%) e quente (33%).

Em um contexto densamente construído, com reduzido fator de visão do céu, as transformações da luz natural segundo as estações do ano, as condições atmosféricas e os períodos do dia são menos perceptíveis. No nível do solo, a iluminância média é de somente 12.300 lux no eixo das vias e de 8.200 lux nas fachadas das edificações, em dias de céu encoberto. As superfícies rugosas de acabamento fosco ou misto, geralmente coloridas ou escuras, dificultam a reflexão direta e impedem o ofuscamento refletido. Os materiais construtivos de baixo albedo permitem baixos níveis de iluminação natural, aumentando simultaneamente a visibilidade e

apresentando como resultado um ambiente mais nítido ao olhar. Por outro lado, a contribuição dos recintos exteriores na iluminação dos espaços interiores nesse caso é mínima, e o que se verifica é o uso diário dos sistemas artificiais de iluminação, inclusive no verão, nos dias de maior disponibilidade de iluminância global.

Assim como as demais áreas do centro histórico expandidas durante o século XX, a forma arquitetônico-urbana desse fragmento corresponde em geral a um conjunto de edificações modernas verticais implantadas sobre uma estrutura fundiária originalmente colonial, cujos lotes foram desmembrados e remembrados. Os altos edifícios ocupam quase toda a extensão da parcela fundiária e, salvo aqueles que estão localizados nas esquinas, apresentam basicamente duas faces para as aberturas que proporcionam sol, luz e vento aos ambientes interiores, tornando praticamente indispensável o uso dos prismas de ventilação e de iluminação natural. Nos planos verticais livres dos pavimentos superiores posicionados para as ruas, a proporção média das aberturas e das vedações transparentes é de 50% da sua área total (**Figura 3-22**). Essa proporção, ainda que superior ao determinado pela legislação edilícia, nem sempre é suficiente para manter os índices mínimos de iluminância de interiores das edificações, que são principalmente destinadas às atividades de comércio e serviços.

Figura 3-22 a e b
Aberturas e vedações transparentes aplicadas a 50% da área total de fachada.

Foto a (Esquerda)
Edifício na Rua Anita Garibaldi (2015).

Foto b (Direita)
Edifício na Rua Anita Garibaldi (2015).



Os ambientes profundos e com uma única superfície para a entrada da luz natural geralmente configuram espaços escuros no pavimento térreo e todas as lojas comerciais, sem exceções, mantêm a iluminação artificial ativa integralmente no ano laboral, ainda que suas fachadas sejam completamente envidraçadas. O uso dos sistemas artificiais de iluminação faz parte do cotidiano dos usuários desses recintos, seja pela necessidade funcional de maior iluminância, seja pelos efeitos exclusivos da luz artificial (**Figura 3-23**).

O asfalto é a pavimentação predominante – cerca de 75% da área de calçamento é asfáltica, o que torna o solo praticamente impermeável às

chuvas. Ainda que o asfalto possa atingir temperaturas de superfície elevadas, seu aquecimento ocorre somente em locais pontuais, no curto intervalo das 13 às 15 horas, devido ao sombreamento proporcionado pelas edificações na maior parte do dia. Nesses casos, a temperatura de superfície do pavimento asfáltico pode atingir os 45°C.

Figura 3-23
Utilização da iluminação artificial durante o ano laboral nas lojas comerciais do pavimento térreo das edificações. Loja comercial na Rua dos Ilhéus no inverno (2015).



O automóvel consiste no protagonista e na principal fonte sonora do espaço urbano. O nível de ruído médio é de 60 decibéis, chegando a picos de 65 decibéis no trânsito de veículos pesados. Boa parte do desconforto identificado pelos usuários desse conjunto construído advém da estrutura física do ambiente exterior, que evidencia a prioridade do automóvel em detrimento ao bem-estar do transeunte, para o qual o lugar é normalmente hostil e inóspito. Nesse trajeto, o pedestre tem ocasião somente nos passeios estreitos, que possuem menos de 1,5 metros de largura, e são muitas vezes interrompidos pelo mobiliário urbano ineficiente.

Conjunto construído 4

Figura 3-24
Localização, volumetria e parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 4.

Sem escala 

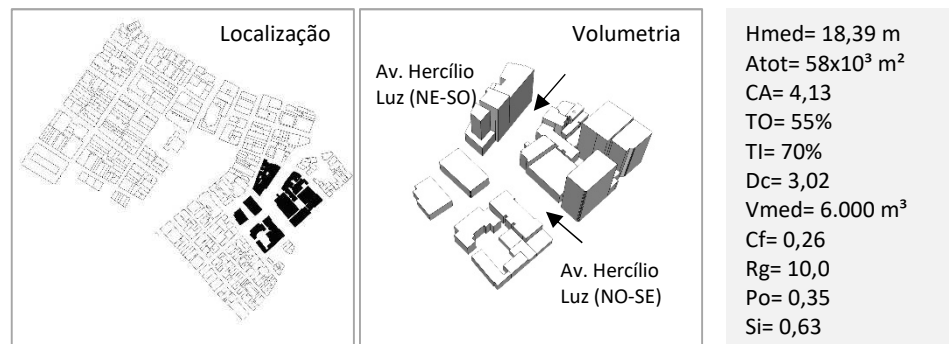


Tabela 3-5 Resultados de desempenho ambiental do conjunto construído 4.

Insolação

Verão: média de sete horas diárias de sol no espaço urbano.

Inverno: média de quatro horas diárias de sol no espaço urbano.

Iluminação natural (Céu encoberto: 50.000 lux)
Avenida Hercílio Luz (orientação NO-SE): iluminância no nível do solo de 20.000 lux (40%) e nas fachadas das edificações de 10.700 lux (21%). Avenida Hercílio Luz (orientação NE-SO): iluminância no nível do solo de 12.100 lux (24%) e nas fachadas das edificações de 7.300 lux (14%).
Ventilação natural
Avenida Hercílio Luz (orientação NO-SE): velocidade do vento reduzida em 60% em relação ao meio rural. Avenida Hercílio Luz (orientação NE-SO): velocidade do vento reduzida em 55% em relação ao meio rural.
Temperatura do ar
Verão: 9 horas (27,1°C; +0,3%*); 15 horas (32,5°C; -1,5%*); Inverno: 9 horas (13,8°C; -8,6%*); 15 horas (15,9°C; -6,9%*); * Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.
Umidade relativa do ar
Verão: 9 horas (78%; -1,2%*); 15 horas (65,3%; +10,6%*); Inverno: 9 horas (67,7%; +0,9%*); 15 horas (64,2%; +1,8%*); * Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.
Acústica
Nível de ruído médio de 60 decibéis; 77 decibéis com trânsito de veículos pesados.

Continuação da **Tabela 3-5**.

O conjunto construído entrecortado pela Avenida Hercílio Luz (**Figura 3-24** e **Tabela 3-5**) se caracteriza pelo equilíbrio entre os cheios e os vazios da trama urbana, assim como pelos contrastes entre a arquitetura colonial e a moderna. A taxa de ocupação do solo é a menor dentre todas as unidades espaciais estudadas neste trabalho (55%) e os extensos espaços livres de edificações devem-se sobretudo pelo próprio recorte da Avenida Hercílio Luz, que constitui um marco e a principal via coletora da área analisada, com largura total de 26 metros. Essa avenida estabelece o limite a Leste do centro histórico de Florianópolis, e teve origem em um antigo riacho (Rio da Bulha) que outrora era utilizado por lavadeiras e que foi canalizado no século XX, durante o processo de expansão urbana do bairro central. Da década de 1990 aos primeiros dez anos do século XXI, a Avenida Hercílio Luz foi foco de um processo de revitalização urbana por parte das gestões municipais, que resultou no seu desenho atual. A ampla via apresenta pistas de rolamento nos dois sentidos dos fluxos de veículos e, apesar do elevado tráfego automotor, que normalmente degenera o espaço urbano, é utilizada pelos transeuntes, ciclistas e moradores locais em período integral. Seu principal atributo está no passeio central arborizado de 8 metros que, além do valor paisagístico, combina ambientes de lazer com trajetos seguros e agradáveis para pedestres e ciclistas.

Essa avenida proporciona uma paisagem visual dinâmica, ainda que o céu seja sempre o elemento dominante. Caminhar no sentido Norte-Sul possibilita ao observador perceber a compleição da arquitetura palaciana no edifício da Antiga Escola Normal (1922) ou da Casa José Boiteux (1923), em frente aos quais o número de árvores do passeio central foi estrategicamente reduzido. No horizonte a Sudeste, a ausência de grandes obstáculos permite o cenário do Morro da Cruz e dos resquícios de Mata Atlântica do distrito

central (**Figura 3-25**). Já o trajeto no sentido Sul-Norte da Avenida Hercílio Luz apresenta um panorama absolutamente oposto: edificações de mais de onze pavimentos, erguidas com modernas tecnologias construtivas, reduzem a visão da abóbada celeste sem, todavia, obstruí-la por completo (**Figura 3-26**).

Figura 3-25 (Esquerda)
Perspectiva da
Avenida Hercílio Luz,
sentido Nordeste-
Sudoeste (2015).



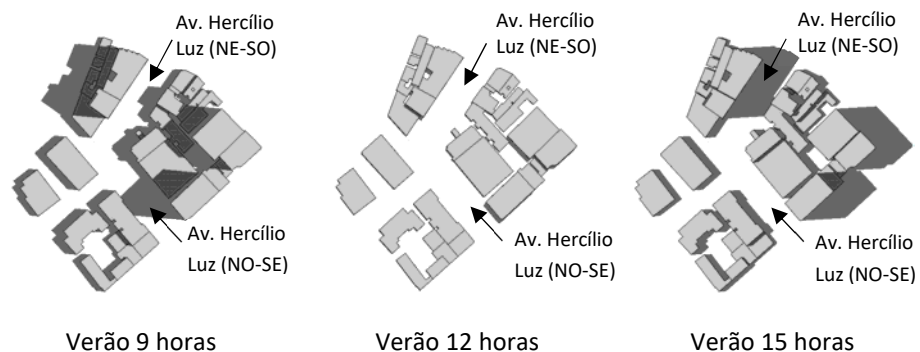
Figura 3-26 (Direita)
Perspectiva da
Avenida Hercílio Luz,
sentido Sudeste-
Noroeste (2015).



O perfil urbano heterogêneo, que contrasta os volumes verticais com os horizontais, permite que o sol permeie de maneira desigual no espaço público, amenizando o efeito de obstrução das edificações na insolação e na iluminação natural dos ambientes exteriores e interiores. Edifícios de alturas e formas diversas proporcionam contornos simultâneos sombreados e não sombreados nos recintos abertos, criando infinitas transformações na luz natural incidente e possibilitando ao usuário optar pela situação que satisfaz melhor à sua percepção de conforto.

Construções verticais são mais indicadas para as ruas de ampla largura, onde as próprias dimensões da via garantem a penetração dos raios solares durante todo o ano. A Avenida Hercílio Luz apresenta dimensões mais apropriadas para receber edificações de gabarito elevado, sem resultar em prejuízos ao desempenho solar e luminoso do espaço urbano e arquitetônico. No verão, o sol incide em média sete horas diárias no nível do solo, apesar do sombreamento causado por algumas construções de até treze pavimentos que conformam a via (**Figura 3-27**).

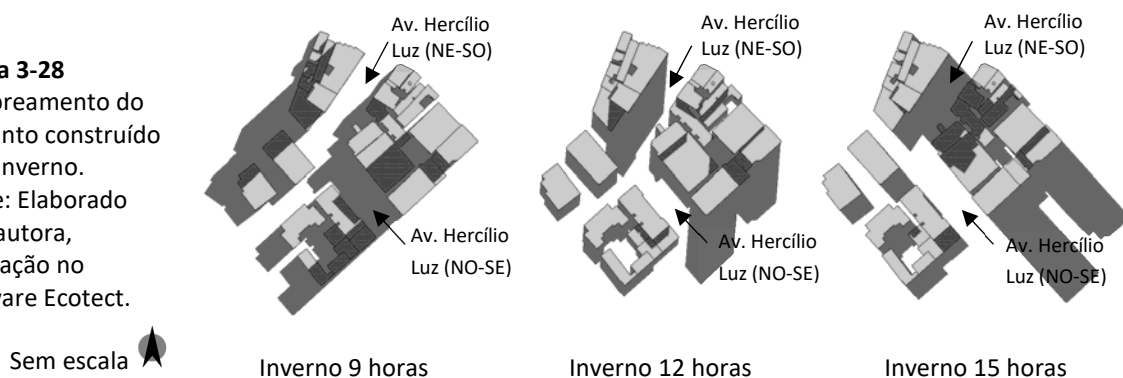
Figura 3-27
Sombreamento do
conjunto construído
4 no verão.
Fonte: Elaborado
pela autora,
simulação no
software Ecotect.



Sem escala

No inverno, a insolação direta é de no mínimo duas horas diárias no trecho NE-SO da Avenida Hercílio Luz (FVCmed= 0,55; Hmed/W= 0,9; I= 34°), que possui maior densidade construtiva, e de cinco horas por dia no fragmento NO-SE (FVCmed= 0,65; Hmed/W= 0,7; I= 40°), delimitado em geral por arquiteturas de dois ou três pavimentos (**Figura 3-28**).

Figura 3-28
Sombreamento do conjunto construído 4 no inverno.
Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.



Os atributos da forma arquitetônico-urbana - em particular a baixa taxa de ocupação do solo, o reduzido fator de compacidade e de rugosidade e o elevado fator de porosidade - maximizam a ventilação natural na camada de cobertura urbana de 20 a 30% em relação aos demais fragmentos urbanos do centro histórico. A velocidade do vento na altura do pedestre é reduzida de 55 a 60% na Avenida Hercílio Luz e, em raros momentos, as velocidades máximas do ar no logradouro ultrapassam os registros do meio rural. O vento Norte transpassa com mais força no trecho NO-SE da Avenida Hercílio Luz, onde a altura média dos elementos de rugosidade é de apenas 5 metros. Já o intervalo NE-SO da Avenida Hercílio Luz apresenta maiores velocidades do vento durante o inverno, quando o sentido dominante é Sul e, em geral, os edifícios mais altos concentram o fluxo de vento no nível do solo. A variação na altura das edificações uniformiza a ventilação na escala do pedestre e nas fachadas dos edifícios: os volumes verticais conduzem o vento para as baixas altitudes, tanto nas fachadas a barlavento quanto nas faces a sotavento, por meio de vórtices em espiral em direção ao chão. Um ou outro edifício da Avenida Hercílio Luz apresenta volumetria híbrida, combinando uma base com a torre sobreposta, condição na qual o vento é retido no topo do edifício e a estrutura da base impede os fluxos de ar no solo. Uma solução para evitar esse efeito está no escalonamento da base até a torre, ou em aberturas na base do edifício, que induzem as altas velocidades do vento próximas ao solo, devido às diferenças de pressão.

A elevada permeabilidade ao vento resulta geralmente em baixas temperaturas do ar no espaço exterior, ainda que a incidência solar seja elevada. No inverno, a redução da temperatura do ar na escala do pedestre em relação ao meio rural oscila dos 8,6% (13,8°C) no turno matutino aos 6,9% (15,9°C) no vespertino. Já no verão, a temperatura do ar média no nível do solo é 0,3% superior ao clima local (27,1°C), no período da manhã. No horário das 15 horas da estação quente, a temperatura do ar registrada à sombra diminui em torno de 1,5% (32,5°C), quando o esperado seria o seu

aumento em relação ao meio rural, devido ao armazenamento de calor dos materiais construtivos expostos à radiação solar. O asfalto das pistas de rolamento para veículos, por exemplo, impermeabiliza quase 40% da superfície pavimentada, e a incidência solar direta pode elevar sua temperatura de superfície acima dos 55°C no verão. Essa inversão térmica ocorre, sobretudo, pela ação do vento local, principalmente de sentido Sul. As maiores insatisfações com o ambiente térmico ocorrem no verão, quando 70% dos usuários criticam o calor e a insolação excessiva. No inverno, o número de insatisfeitos é menor (60%) e o vento constitui o fator ambiental mais incômodo.

No passeio central da Avenida Hercílio Luz, as árvores perenes projetam sombras filtradas que amenizam os extremos térmicos da estação quente, ao mesmo tempo em que atuam como barreiras às indesejáveis correntes de vento Sul no inverno. As barreiras de vegetação são geralmente mais eficazes no controle da ventilação natural do que os obstáculos sólidos, uma vez que a redução da velocidade do vento ocorre gradualmente e atinge maiores alcances. A vegetação permite a permeabilidade do vento, evitando a formação das zonas de turbulência. As árvores isoladas de pequeno e médio porte também reduzem em cerca de 20% a iluminância sob suas copas em dias de céu claro. Esses elementos arbóreos estão apartados das edificações e seu efeito é menos representativo sobre as fachadas, o que pode ser positivo por um lado - porque procede em uma maior quantidade de iluminação natural interior durante todo o ano e em mais insolação no inverno, mas negativo por outro - uma vez que as árvores não produzem sombra nas construções no verão.

As variações na iluminância no nível do solo na extensão da Avenida Hercílio Luz devem-se fundamentalmente pelo fator de visão do céu. Nos dias em que a abóbada celeste está encoberta, o trecho NE-SO do logradouro (FVCmed= 0,55) apresenta iluminância no eixo viário de 12.100 lux, equivalente a somente 60% do valor de 20.000 lux obtido no fragmento NO-SE (FVCmed= 0,65). A iluminância nas fachadas das edificações varia dos 7.300 lux aos 12.100 lux. O equilíbrio entre diferentes materiais construtivos nos revestimentos dos planos verticais e horizontais, resultando em uma mistura de cores claras e escuras e de texturas e naturezas diversas, impede o ofuscamento refletido e produz índices adequados de iluminância.

A variedade de materiais construtivos reflete distintas épocas e técnicas: na envoltória das edificações, é possível identificar desde as espessas paredes da arquitetura colonial portuguesa às sofisticadas e leves fachadas estruturais em pele de vidro. Na construção contemporânea, o vidro constitui o elemento básico de vedação, compondo planos verticais inteiros, e sua utilização geralmente aumenta a carga térmica dos edifícios e o consumo energético (**Figura 3-29**). Nas edificações destinadas ao comércio e ao serviço, mais de 90% das aberturas dos pavimentos acima do térreo permanecem fechadas durante todo o ano, com utilização exclusiva do condicionamento artificial. Os aparelhos condicionadores de ar são muitas vezes acoplados às fachadas desses edifícios, mesmo que sua estrutura

jamais tenha sido estética e plasticamente preparada para receber esses equipamentos. Em geral, a arquitetura termina alterada pela presença dos novos componentes condicionadores de ar, dispostos sem qualquer critério, ordem e harmonia (**Figura 3-30**).

Figura 3-29 (Esquerda)
Aberturas e vedações transparentes aplicadas a 100% da área total de fachada. Edifício na Avenida Hercílio Luz (2015).




Figura 3-30 (Direita)
Aparelhos condicionadores do ar alteram a estética das fachadas das edificações. Edifício na Avenida Hercílio Luz (2015).



A proximidade com o comércio e os serviços básicos, como mercados, padarias e farmácias, é uma das vantagens levantadas pelas pessoas que moram na região e frequentam diariamente a Avenida Hercílio Luz. Todas as necessidades primárias podem ser alcançadas em poucos minutos a pé ou em bicicleta, e o amplo passeio central facilita o percurso dos pedestres e dos ciclistas, ao mesmo tempo em que os afastam das edificações, onde as calçadas são estreitas, com larguras inferiores a 1,5 metros, e muitas vezes impróprias para a locomoção. No passeio central, crianças, adultos e idosos deslocam-se ou permanecem, atraídos pela vegetação, pelo mobiliário e pelos equipamentos urbanos. O principal inconveniente para o pedestre está no conflito com os automóveis e nos seus efeitos, como a insegurança nas intersecções da avenida ou o elevado nível de ruído (até 77 decibéis), típico das vias coletoras de tráfego intenso.

Conjunto construído 5

Figura 3-31
Localização, volumetria e parâmetros da forma arquitetônico-urbana do conjunto construído 5.

Sem escala 

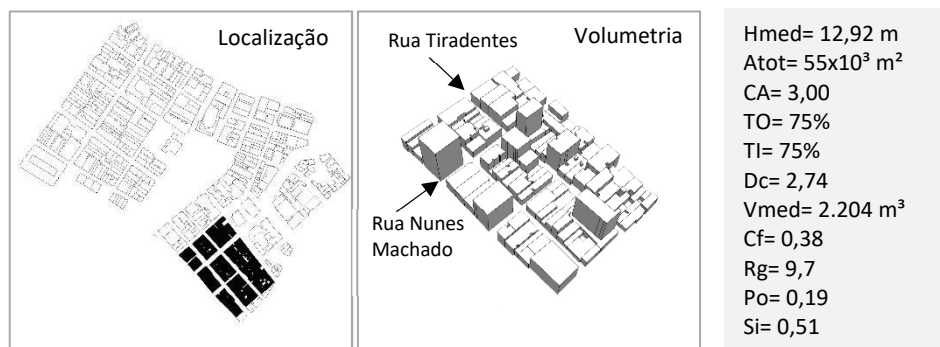


Tabela 3-6 Resultados de desempenho ambiental do conjunto construído 5.

Insolação

Verão: média de duas horas diárias de sol no espaço urbano.
Inverno: média de uma hora diária de sol no espaço urbano.

Iluminação natural (Céu encoberto: 50.000 lux)

Rua Tiradentes: iluminância no nível do solo de 11.000 lux (22%) e nas fachadas das edificações de 7.200 lux (14%).

Rua Nunes Machado: iluminância no nível do solo de 22.300 lux (44%) e nas fachadas das edificações de 12.500 lux (25%).

Ventilação natural

Rua Tiradentes: velocidade do vento reduzida em média 85% em relação ao meio rural.
Rua Nunes Machado: velocidade do vento reduzida em 76% em relação ao meio rural.

Temperatura do ar

Verão: 9 horas (27,4°C; +1,5%*); 15 horas (34,1°C; +3,3%*).

Inverno: 9 horas (14,3°C; -4,7%*); 15 horas (16,6°C; -2,4%*).

* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.

Umidade relativa do ar

Verão: 9 horas (76,8%; -2,7%*); 15 horas (61%; +3,4%*).

Inverno: 9 horas (68,2%; +1,8%*); 15 horas (62,3%; -1,0%*).

* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.

Acústica

Nível de ruído médio de 60 decibéis; 67 decibéis com trânsito de veículos pesados.

O conjunto histórico a Leste da Praça XV de Novembro (**Figura 3-31** e **Tabela 3-6**) marca o início do povoamento de Florianópolis e está limitado ao sul pelo Terminal Cidade de Florianópolis, que atualmente atende às linhas de ônibus de toda a região metropolitana. A forma arquitetônico-urbana desse trecho ainda conserva parte de seus atributos originais - a maioria das edificações ocupa toda a extensão do lote, que apresenta geralmente geometria quadrada ou retangular de curtas dimensões, totalizando áreas inferiores a 360 m². As parcelas fundiárias com limites superiores são resultantes das demolições e alterações no parcelamento do solo no decorrer do século XX, e delimitam os modernos edifícios verticais que despontam no perfil urbano horizontal (**Figura 3-32** e **Figura 3-33**).

Figura 3-32 (Esquerda)
Perspectiva da Rua Tiradentes, sentido Sudeste-Noroeste (2015).

Figura 3-33 (Direita)
Perspectiva da Rua Nunes Machado, sentido Sudoeste-Nordeste (2015).



A Rua Tiradentes ($FVC_{med}= 0,3$; $H_{med}/W= 1,8$; $I= 42^\circ$) possui apenas sete metros de largura e as edificações que a conformam obstruem a abóbada celeste em cerca de 70%. A quantidade de sol que penetra anualmente nesse recinto é insuficiente para manter a salubridade do local – no inverno, os raios solares incidem no máximo uma hora nas faces posicionadas no lado Nordeste dos edifícios, que recebem a insolação matutina. Na Rua Nunes Machado ($FVC_{med}= 0,4$; $H_{med}/W= 1,8$; $I= 48^\circ$), a largura de dez metros entre construções possibilita a visão de 60% do céu e o dobro da incidência solar em relação à Rua Tiradentes. Em média, os logradouros desse trecho urbano recebem um total de duas horas diárias de sol no verão e de apenas uma hora no inverno, e essa quantidade mínima de insolação somente é possível devido à inclinação ótima das vias em relação ao Norte, que em todos os casos está próxima dos 45° , o que permite a incidência solar em pelo menos um dos turnos do dia – matutino ou vespertino (**Figura 3-34 e Figura 3-35**).

Figura 3-34
Sombreamento do conjunto construído 5 no verão.
Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.

Sem escala

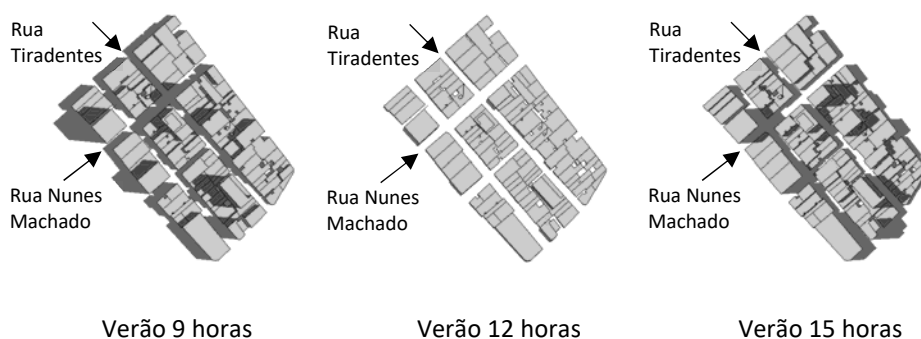
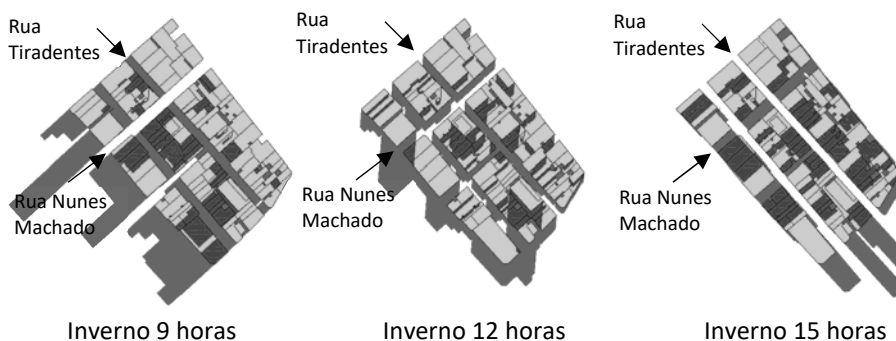


Figura 3-35
Sombreamento do conjunto construído 5 no inverno.
Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.

Sem escala



O perfil urbano compacto e contíguo bloqueia inteiramente a passagem do sol nos espaços abertos, reduzindo também a área de recepção solar de fachadas e de aberturas nas edificações. O aspecto de alguns ambientes exteriores constitui reflexo dessa configuração, a exemplo da Rua Tiradentes, que é normalmente escura e sombria.

A quantidade mínima de vazios no tecido urbano dificulta a permeabilidade da ventilação natural – esse fragmento é o que apresenta os menores registros de velocidade do vento, apesar da baixa altura dos elementos de rugosidade. Os ventos dominantes de direção Norte e Sul incidem no conjunto construído com apenas 50% de sua força total e sua velocidade é diminuída em média 80% no nível do solo. As maiores obstruções da ventilação natural ocorrem na Rua Tiradentes (85%), que é conformada por quarteirões mais longos (de até 112 metros) e apresenta

um número menor de interseções viárias perpendiculares que possibilitam a transposição do vento na densa massa edificada. A velocidade do vento nessa via aumenta à medida em que ocorre a proximidade com a Praça XV de Novembro, localizada a Oeste.

As temperaturas do ar intraurbanas no verão são sempre superiores aos valores do meio rural, por volta de 1,5% nas manhãs (27,4°C) e de 3,3% nas tardes (34,1°C). No inverno, por sua vez, os ambientes exteriores são mais frios durante todo o dia, aproximadamente 4,7% no período matutino (14,3°C) e 2,4% no vespertino (16,6°C). O local apresenta o maior número de usuários insatisfeitos com o ambiente térmico exterior, com uma reprovação média anual de 58%. O maior índice de insatisfação ocorre no verão, quando a percepção de 75% das pessoas é de calor extremo, e o fator ambiental mais incômodo é a temperatura do ar (50%).

A iluminação natural na altura do pedestre varia principalmente em função do fator de visão do céu, atingindo diferenças de até 50% na quantidade de iluminância anotada nos eixos das vias e nas fachadas das edificações do pavimento térreo. Na Rua Nunes Machado, esses valores são de 22.300 lux e de 12.500 lux, respectivamente. Já na Rua Tiradentes, onde a abertura para o céu é diminuída em torno de 25%, a iluminância no centro do logradouro é de 11.000 lux e, nas fachadas, de 7.200 lux, o que equivale aos menores registros de iluminação natural no nível do solo de toda a área central. Na Rua Tiradentes, as proteções solares do pavimento térreo de algumas edificações restringem a iluminação natural nas fachadas - um beiral opaco com largura de 1,5 metros, próximo ao edifício, diminui em até 70% os índices de iluminância nos ambientes interiores. Esses elementos realizam a transição entre o meio exterior e o interior, criando microclimas controlados intermediários e integrando a arquitetura e a cidade (**Figura 3-36**).

Figura 3-36 a e b
Elementos construtivos de proteção e controle no pavimento térreo realizam a transição entre o meio exterior e o interior.

Foto a (Esquerda)
Edifício na Rua Tiradentes (2015).

Foto b (Direita)
Edifício na esquina da Rua Tiradentes com a Rua Nunes Machado (2015).



As ruas desse trecho urbano apresentam pavimentação em paralelepípedo, com calçadas em concreto. Ainda que o tráfego local de veículos seja lento – a velocidade média de deslocamento dos automóveis é de 20 km/h, os níveis

de ruído podem chegar a mais de 67 decibéis, em função do calçamento irregular. As vias de largura reduzida dificultam a coexistência das diferentes modalidades de transporte – os automóveis estão em constante conflito com os transeuntes. Por outro lado, a combinação de logradouros estreitos com construções de até três andares confere uma escala humana ao espaço público - característica das urbanizações do período colonial, que torna o ambiente mais convidativo e agradável para o pedestre, principalmente onde não é permitida a entrada de veículos (**Figura 3-37**).

Figura 3-37
Combinação de logradouros estreitos com construções de até três pavimentos atribui uma escala humana ao espaço público (2015).



Essa região é evidentemente a mais degradada do centro histórico, sendo comum o lixo e o mal cheiro nas vias. A ausência de mobiliário urbano adequado e de locais para descanso e lazer consiste em uma das principais carências. Em geral, o local não atrai moradores e turistas, e seu principal público diário está constituído por estudantes. A exceção está nos finais de semana, quando ocorrem eventualmente feiras informais de artesanato e de produtos alimentícios, ocasiões nas quais as vias são fechadas para os automóveis e sua apropriação é exclusiva dos pedestres. Uma inquietação dos donos dos estabelecimentos comerciais e das pessoas que se utilizam do espaço é a insegurança e a violência – até mesmo durante o dia são corriqueiros os assaltos a mão armada. Nos últimos cinco anos, a pintura colorida foi adotada nas fachadas de muitos edifícios, como uma iniciativa dos lojistas locais de revitalizar e aumentar a qualidade do ambiente urbano.

Recinto urbano 1



Figura 3-38
Localização e volumetria do recinto urbano 1.


Sem escala 

Tabela 3-7 Resultados de desempenho ambiental do recinto urbano 1.

Insolação
Sombreamento no verão e no inverno.
Iluminação natural (Céu encoberto: 50.000 lux)
Iluminância média no nível do solo de 5.500 lux (11%).
Ventilação natural
Velocidade do vento reduzida em média 86% em relação ao meio rural.
Temperatura do ar
Verão: 9 horas (26,6°C; -1,4%*); 15 horas (32,3°C; -2,1%*).
Inverno: 9 horas (14,6°C; -2,6%*); 15 horas (16,9°C; -0,5%*).
* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.
Umidade relativa do ar
Verão: 9 horas (79,3%; +0,3%*); 15 horas (64,2%; +8,8%*).
Inverno: 9 horas (70,2%; +4,7%*); 15 horas (62,6%; -0,6%*).
* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.
Acústica
Nível de ruído máximo de 55 decibéis.

A Praça XV de Novembro (**Figura 3-38** e **Tabela 3-7**) é o único lugar intensamente arborizado do Centro de Florianópolis. Essa praça recebeu espécies arbóreas perenes de grande porte no século XIX e ocupa atualmente 5% (9.750 m²) dos quase 23 hectares que conformam a área total estudada nesta pesquisa, funcionando como um ponto nodal e distando um máximo de trezentos metros de qualquer local dentro do trecho urbano considerado. A Figueira Centenária (**Figura 3-39**) constitui o elemento arbóreo tradicional dessa praça e também personagem de diversas superstições e simpatias destacadas pelos poemas ilhéus. Repleta de equipamentos e mobiliários urbanos destinados ao ócio, ao lazer e ao descanso, a Praça XV de Novembro é um espaço sempre confortável para permanecer ou transitar, além de consistir em um refúgio das barulhentas atividades que caracterizam os edifícios comerciais do entorno nos dias da semana. O som dos pássaros e as copas fechadas das árvores mascaram o ruído dos automóveis das vias envolventes, tornando esse local o mais silencioso de todo o centro histórico, com níveis de pressão sonora máximos de 55 decibéis.



Figura 3-39
Figueira Centenária
da Praça XV de
Novembro (2015).

A densa vegetação perene da Praça XV de Novembro proporciona sombra durante todo o ano e atua como uma barreira contra o vento, principalmente de direção Sul. As edificações históricas que conformam a praça a Leste e a Oeste também protegem o ambiente das correntes de ar e a velocidade do vento no nível do solo é retida geralmente em até 85% - as velocidades máximas do vento registradas no interior da praça são de 2 m/s, nos dias de direção Leste e Sul.

As temperaturas do ar medidas no interior da Praça XV de Novembro são aproximadamente meio grau mais frias em relação ao entorno edificado. Em algumas condições, entretanto, as temperaturas do ar medidas na praça úmida são iguais ou até mesmo superiores àquelas registradas à sombra nos recintos de alta densidade construída, conformados por construções verticais que oferecem proteção solar no ambiente urbano durante a maior parte do ano. Em alguns trechos da Rua dos Ilhéus e da Rua Anita Garibaldi, por exemplo, as temperaturas do ar medidas à sombra são sempre inferiores às da Praça XV de Novembro. Contudo, na praça tem-se a sensação térmica de um clima mais ameno porque a sombra permanente reduz a quantidade de iluminação natural e de calor irradiado do chão. A pavimentação petit-pavê, que reproduz um desenho com motivos do folclore ilhéu, mantém-se com a temperatura de superfície abaixo dos 35°C durante todo o período diurno, inclusive no verão.

Assim como nos demais trechos urbanos da área estudada, o interior da praça arborizada costuma ser mais quente no verão e nos períodos vespertinos. Mesmo nos dias frios de inverno, o uso da praça pela população é constante (**Figura 3-40**). O local apresenta o maior índice de aprovação dentre os usuários do Centro de Florianópolis – em uma média anual, mais de 52% das pessoas entrevistadas nesse recinto consideram adequadas as condições ambientais da praça. Ainda que intensamente arborizada, os efeitos da atenuação do calor provenientes da vegetação da Praça XV de Novembro estão restritos aos seus limites e aos logradouros imediatamente circundantes, como a Rua Arcipreste Paiva e a Rua dos Ilhéus, não repercutindo nas demais áreas do centro histórico.




Figura 3-40
Apropriação e permanência dos usuários da Praça XV de Novembro no inverno (2015).

A vegetação reduz o ofuscamento das superfícies refletantes, uma vez que as folhas possuem baixo índice de reflexão. Na Praça XV de Novembro são registrados baixos valores de iluminância no ano todo, com uma média de 5.500 lux - a densa vegetação desse recinto diminui em cerca de 89% a iluminância disponível. A baixa transmitância luminosa reduz em parte a disponibilidade de luz natural nas janelas das edificações circundantes, o que implica em um possível aumento no consumo de energia elétrica para iluminar os espaços interiores. Por outro lado, a vegetação enriquece a habitabilidade do ambiente urbano.

Recinto urbano 2

Figura 3-41
Localização e
volumetria do recinto
urbano 2.

Sem escala 

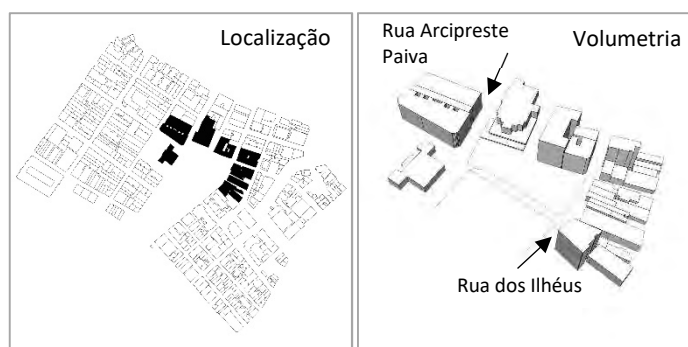


Tabela 3-8 Resultados de desempenho ambiental do recinto urbano 2.

Insolação

Verão: média de sete horas diárias de sol no espaço urbano.

Inverno: média de quatro horas diárias de sol no espaço urbano.

Iluminação natural (Céu encoberto: 50.000 lux)

Iluminância média no nível do solo de 50.000 lux (100%).

Ventilação natural

Velocidade do vento reduzida em média 73% em relação ao meio rural.

Temperatura do ar

Verão: 9 horas (26,2°C; -2,9%*); 15 horas (33°C; 0%*).

Inverno: 9 horas (14,9°C; -0,6%*); 15 horas (16,3°C; -4,1%*).

* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.

Umidade relativa do ar

Verão: 9 horas (80,1%; +1,4%*); 15 horas (62%; +5,1%*).

Inverno: 9 horas (68,5%; +2,3%*); 15 horas (64,1%; +1,7%*).

* Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz.

Acústica

Nível de ruído máximo de 60 decibéis.

O Largo da Catedral Metropolitana (**Figura 3-41 e Tabela 3-8**) consiste em uma praça seca sem vegetação e normalmente exposta à radiação direta do sol. Esse recinto possui geometria retangular, com dimensões de 90 x 35 metros, orientado no sentido Noroeste-Sudeste. O edifício da Igreja Matriz (1753), que dá nome ao largo, localiza-se assimetricamente na parte Noroeste.

O amplo espaço que delimita o largo está protegido ao Sul pela Praça XV de Novembro e nas demais orientações por edifícios de épocas e geometrias variadas, de maneira que a velocidade do vento no nível do solo é geralmente reduzida em torno de 73%. O espaço está mais suscetível ao vento predominante de inverno (Sul), cujas velocidades são superiores em cerca de 35% em relação ao vento predominante de verão (Norte). A exposição solar ameniza os efeitos das rajadas de vento no Largo da Catedral Metropolitana. Mesmo durante a estação fria, o lugar é constantemente utilizado durante o dia para as atividades comerciais, como a feira artesanal semanal (**Figura 3-42**).



Figura 3-42
Feira artesanal no Largo da Catedral Metropolitana em uma manhã de inverno (2015).

No inverno, o local se caracteriza pelo ganho de calor e pela fácil captação solar nos pavimentos e nas paredes circundantes. As temperaturas do ar nas localizações expostas ao sol são geralmente mais elevadas do que os registros do entorno imediato, o que permite aos usuários estender a utilização do espaço exterior nos meses frios. No verão, a praça pode acolher anteparos sombreados e efêmeros, que impedem a absorção do calor nas superfícies e propiciam sua perda pelo bloqueio da insolação direta. Essa versatilidade é importante para as localizações de elevadas amplitudes térmicas, em que são necessárias ações tanto para o calor do verão quanto para o frio do inverno.

O mobiliário urbano qualifica o Largo da Catedral Metropolitana, definindo os lugares de permanência e de passagem em toda a sua extensão. Quiosques pontuais cercados de mesas e bancos concentram boa parte de seu público. Principalmente nos finais de semana, essa praça se transforma no palco de rituais coletivos de caráter político, militar ou religioso, e de atrações artísticas e culturais, com apresentações que incluem desde as rodas de capoeira até os clássicos concertos da Camerata Florianópolis.

3.3

Análise do desempenho ambiental da forma arquitetônico-urbana: a escala do todo

Este subtítulo resume os resultados de desempenho ambiental da forma arquitetônico-urbana de todo o recorte espacial avaliado nesta pesquisa, em particular quanto ao desempenho das suas partes em relação aos fatores ambientais considerados no estudo. O texto está estruturado de acordo com esses fatores ambientais, quais sejam: insolação e iluminação natural, ventilação natural, umidade relativa e temperatura do ar. Questões gerais sobre a qualidade ambiental urbana em escala local também foram consideradas, segundo as observações dos usuários do espaço exterior.

Forma arquitetônico-urbana, insolação e iluminação natural

As figuras, o quadro e o gráfico seguinte (da p.119 à p.121) resumem os resultados de insolação e de iluminação natural no Centro de Florianópolis:

A **Figura 3-43** (p.119) ilustra a insolação (número de horas diárias de sol) no nível do solo dos recintos exteriores conformados pelas edificações, em um dia típico de verão. A **Figura 3-44** (p. 119) exemplifica essa mesma informação para um dia característico de inverno.

O **Quadro 3-1** (p.120) especifica os resultados de insolação e de iluminação natural para cada conjunto construído analisado nesta pesquisa, incluindo: a identificação dos parâmetros da forma arquitetônico-urbana que influenciam na insolação e na iluminação natural - altura média das edificações (Hmed), coeficiente de aproveitamento (CA), taxa de ocupação (TO), fator de compacidade (Cf) e de porosidade (Po); o esquema gráfico de sombreamento proporcionado pelas construções ao meio-dia do solstício de inverno; os valores médios de iluminância no nível do solo e nas fachadas do pavimento térreo das edificações ao meio-dia do inverno (com abóbada celeste encoberta de 50.000 lux); a insolação média (número de horas diárias de sol) no nível do solo no verão e no inverno; e o potencial de captação solar anual das coberturas das edificações.

O **Gráfico 3-1** (p.121) compara os registros de iluminância nas vias e nas fachadas do pavimento térreo das edificações dos conjuntos construídos analisados nesta pesquisa, assim como nos dois recintos urbanos que integram o Centro de Florianópolis, ao meio-dia do inverno, em condição de abóbada celeste encoberta (50.000 lux).

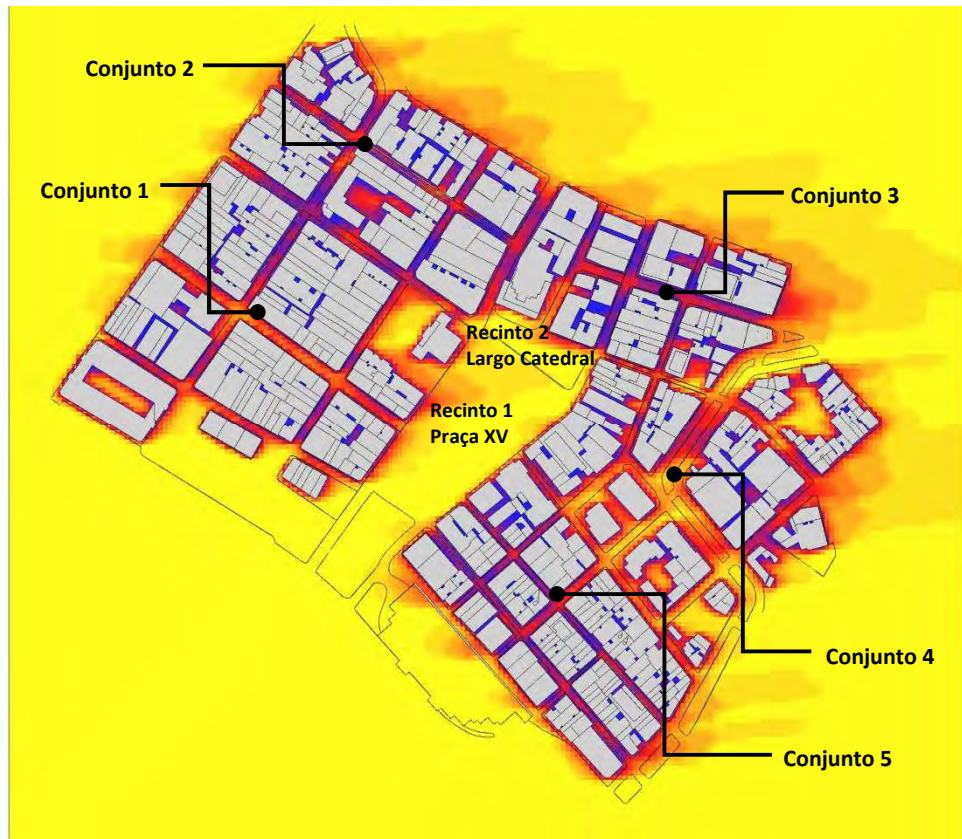


Figura 3-43 Horas diárias de sol no espaço exterior do Centro de Florianópolis no verão. Imagem informativa. Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.

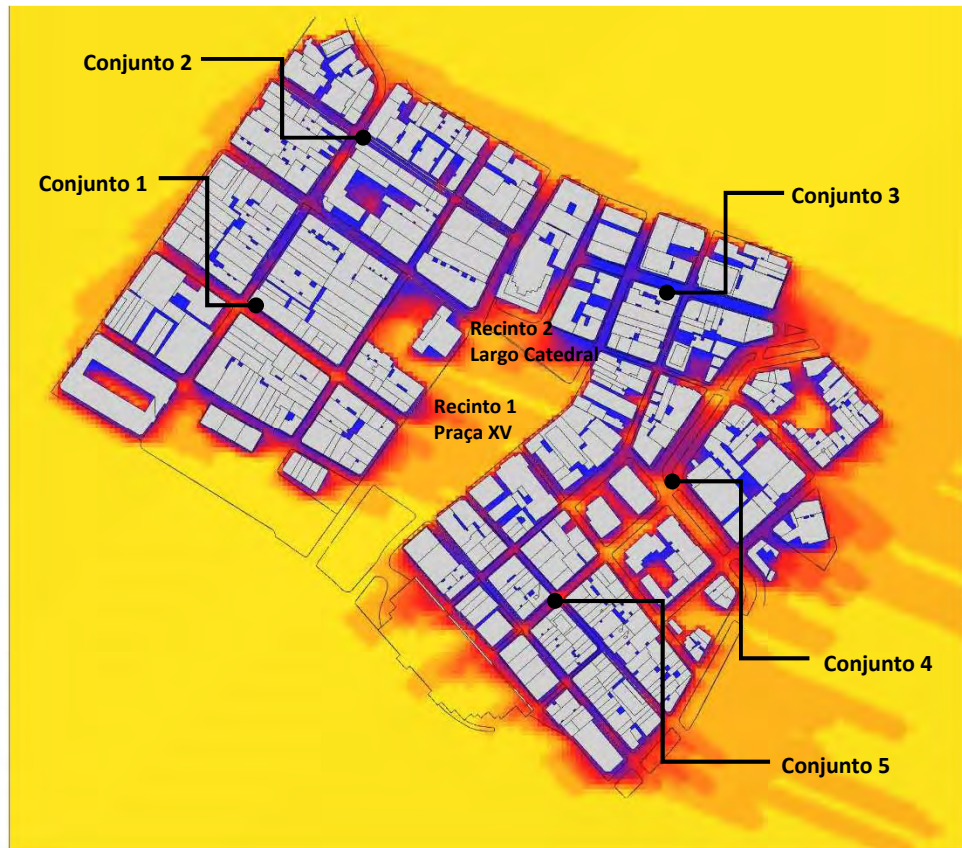
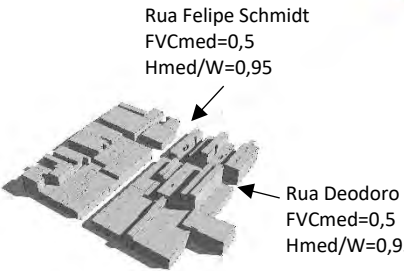
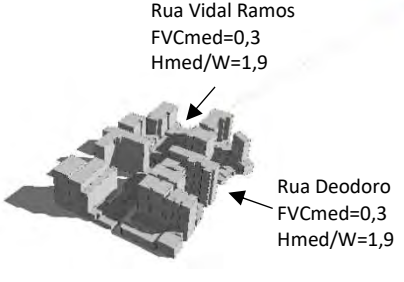
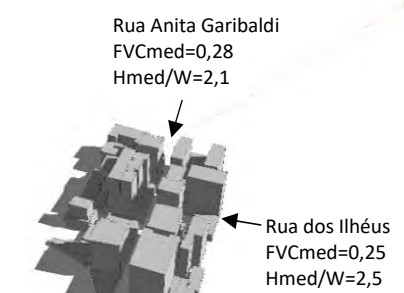
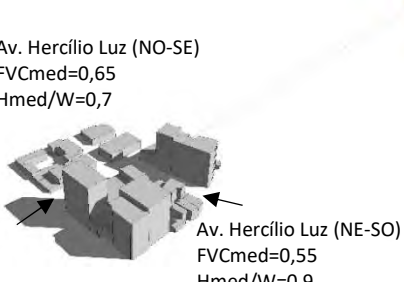
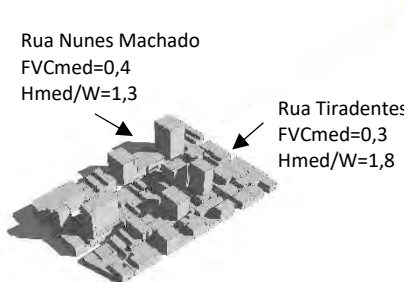


Figura 3-44 Horas diárias de sol no espaço exterior do Centro de Florianópolis no inverno. Imagem informativa. Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.

Quadro 3-1 Insolação e iluminação natural nas vias e coberturas das edificações do Centro de Florianópolis.

Local	Esquema gráfico (solstício de inverno, ao meio-dia)	Iluminância* e insolação nas vias e coberturas das edificações
<p>Conjunto construído 1</p> <p>Hmed= 11,36 m CA= 3,00 TO= 81% Cf= 0,38 Po= 0,20</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● - Iluminância média nas vias: 21.700 lux. - Iluminância média nas fachadas: 12.300 lux. - Média de sete horas diárias de sol nas vias no verão. - Média de quatro horas diárias de sol nas vias no inverno. - Cerca de 95% de potencial de captação solar anual nas coberturas.
<p>Conjunto construído 2</p> <p>Hmed= 20,77 m CA= 4,91 TO= 71% Cf= 0,29 Po= 0,25</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● - Iluminância média nas vias: 14.000 lux. - Iluminância média nas fachadas: 8.200 lux. - Média de duas horas diárias de sol nas vias no verão. - Máximo de uma hora diária de sol nas vias no inverno. - Cerca de 80% de potencial de captação solar anual nas coberturas.
<p>Conjunto construído 3</p> <p>Hmed= 25,22 m CA= 5,79 TO= 67% Cf= 0,27 Po= 0,20</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● - Iluminância média nas vias: 12.300 lux. - Iluminância média nas fachadas: 8.200 lux. - Média de três horas diárias de sol nas vias no verão. - Menos de uma hora diária de sol nas vias no inverno. - Cerca de 85% de potencial de captação solar anual nas coberturas.
<p>Conjunto construído 4</p> <p>Hmed= 18,39 m CA= 4,13 TO= 55% Cf= 0,26 Po= 0,35</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● - Iluminância média nas vias: 16.050 lux. - Iluminância média nas fachadas: 9.000 lux. - Média de sete horas diárias de sol nas vias no verão. - Média de quatro horas diárias de sol nas vias no inverno. - Cerca de 90% de potencial de captação solar anual nas coberturas.
<p>Conjunto construído 5</p> <p>Hmed= 12,92 m CA= 3,00 TO= 75% Cf= 0,38 Po= 0,19</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● - Iluminância média nas vias: 16.600 lux. - Iluminância média nas fachadas: 9.800 lux. - Média de duas horas diárias de sol nas vias no verão. - Média de uma hora diária de sol nas vias no inverno. - Cerca de 92% de potencial de captação solar anual nas coberturas.

*Iluminância média (lux) no plano horizontal no eixo das vias e nas fachadas do pavimento térreo das edificações, ao meio-dia do inverno, nas condições de abóbada celeste encoberta (50.000 lux).

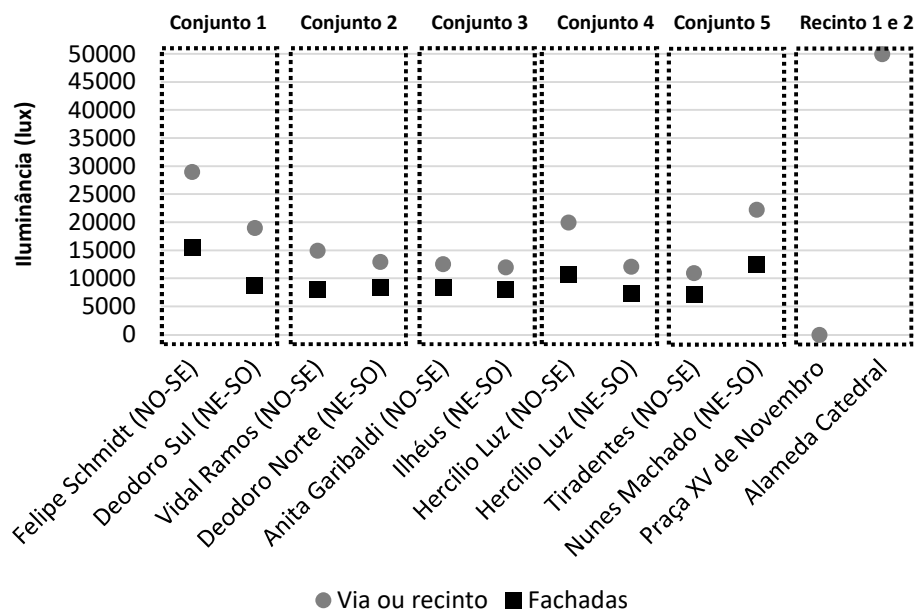


Gráfico 3-1 Iluminância (lux) no Centro de Florianópolis, às 12 horas do inverno, em condições de céu encoberto (50.000 lux).

Fonte: Elaborado pela autora, a partir de medições *in loco*.

Quanto à insolação e à iluminação natural no Centro de Florianópolis, é possível afirmar:

- A disponibilidade de insolação e de iluminação natural no espaço urbano depende principalmente do perfil e da orientação das vias e da configuração dos edifícios e dos recintos abertos.
- O perfil urbano heterogêneo (com variação na altura das construções) permite mais permeabilidade da insolação e da iluminação natural no espaço urbano e nas fachadas das edificações.
- O perfil urbano homogêneo (com uniformidade na altura das construções) permite o melhor aproveitamento da energia solar nas coberturas das edificações.
- Os perfis urbanos mais compactos ($C_f = 0,38$) apresentam de 90 a 95% de fachadas contíguas, que impedem a entrada do sol e da luz natural no interior das edificações e no ambiente urbano.
- No verão, os parâmetros da forma arquitetônico-urbana mais determinantes para os resultados de insolação e de iluminação natural nas vias são o fator de visão do céu (FVC) e o perfil da via (relação H_{med}/W).
- No inverno, a orientação das vias em relação à trajetória do sol constitui o fator mais decisivo para o desempenho solar e luminoso.
- Vias de sentido Nordeste-Sudoeste recebem mais insolação e iluminação natural durante as manhãs. No período vespertino, as ruas de orientação Noroeste-Sudeste estão mais expostas à incidência solar.
- Vias com fator de visão do céu médio (FVC_{med}) superior a 0,5 e relação H_{med}/W inferior a 1,0 recebem mais insolação no decorrer do ano (no mínimo quatro e no máximo sete horas diárias). Esses logradouros possuem em geral os maiores registros de iluminância no nível do solo,

apresentando também as maiores variações na quantidade de iluminação natural nas diversas épocas do ano e períodos do dia.

- Vias com fator de visão do céu médio (FVCmed) inferior a 0,3 e relação Hmed/W superior a 1,8 apresentam sempre valores de iluminância abaixo dos 15.000 lux, com um máximo de insolação no nível do solo de uma hora diária no inverno.
- Considerando o critério de no mínimo duas horas de sol no espaço urbano no inverno, somente as vias com fator de visão do céu médio (FVCmed) superior a 0,5 e com relação Hmed/W inferior a 1,0 satisfazem aos requisitos de desempenho solar em Florianópolis.
- Recintos sempre expostos à insolação anual são importantes em locais de grande amplitude térmica porque estendem a utilização do espaço público no inverno.
- Recintos com vegetação perene densa oferecem sombreamento integral, com registros de iluminância sempre inferiores a 7.500 lux.

Forma arquitetônico-urbana e ventilação natural

As figuras, o quadro e os gráficos seguintes (da p.123 à p.126) resumem os resultados de ventilação natural no Centro de Florianópolis:

As duas primeiras imagens (**Figura 3-45 e Figura 3-46**, p.123) ilustram a velocidade do vento predominante Norte no verão, em planta baixa e nos cortes simplificados A, B e C, partindo de uma velocidade média inicial de 3,0 m/s. A planta baixa demonstra a velocidade do vento na escala do pedestre, a 1,5 metros do solo. Os cortes exemplificam a ventilação natural nos conjuntos construídos e recintos urbanos estudados nesta pesquisa, desde a camada de cobertura urbana (UCL) até a altura da subcamada de rugosidade (RSL). A **Figura 3-47** e a **Figura 3-48** (p. 124) apresentam essas mesmas informações para o inverno, quando o vento Sul é dominante.

O **Quadro 3-2** (p.125) exemplifica o desempenho do vento predominante Norte nos conjuntos construídos do Centro de Florianópolis, incluindo: a identificação dos parâmetros da forma arquitetônico-urbana que influenciam na ventilação natural – coeficiente de aproveitamento (CA), taxa de ocupação (TO), fator de compacidade (Cf), de rugosidade (Rg), de porosidade (Po) e de sinuosidade (Si); e o esquema gráfico da ventilação natural em perspectiva e em cortes transversais que ilustram o percurso do vento, com seus deslocamentos verticais, as zonas de pressão e de sucção.

O **Gráfico 3-2** (p.126) exemplifica a evolução da velocidade média do vento predominante Norte em um ponto específico dos conjuntos construídos estudados, à medida em que se eleva a altura da subcamada de rugosidade (RSL). O estudo considera uma velocidade inicial do vento de 3,0 m/s.

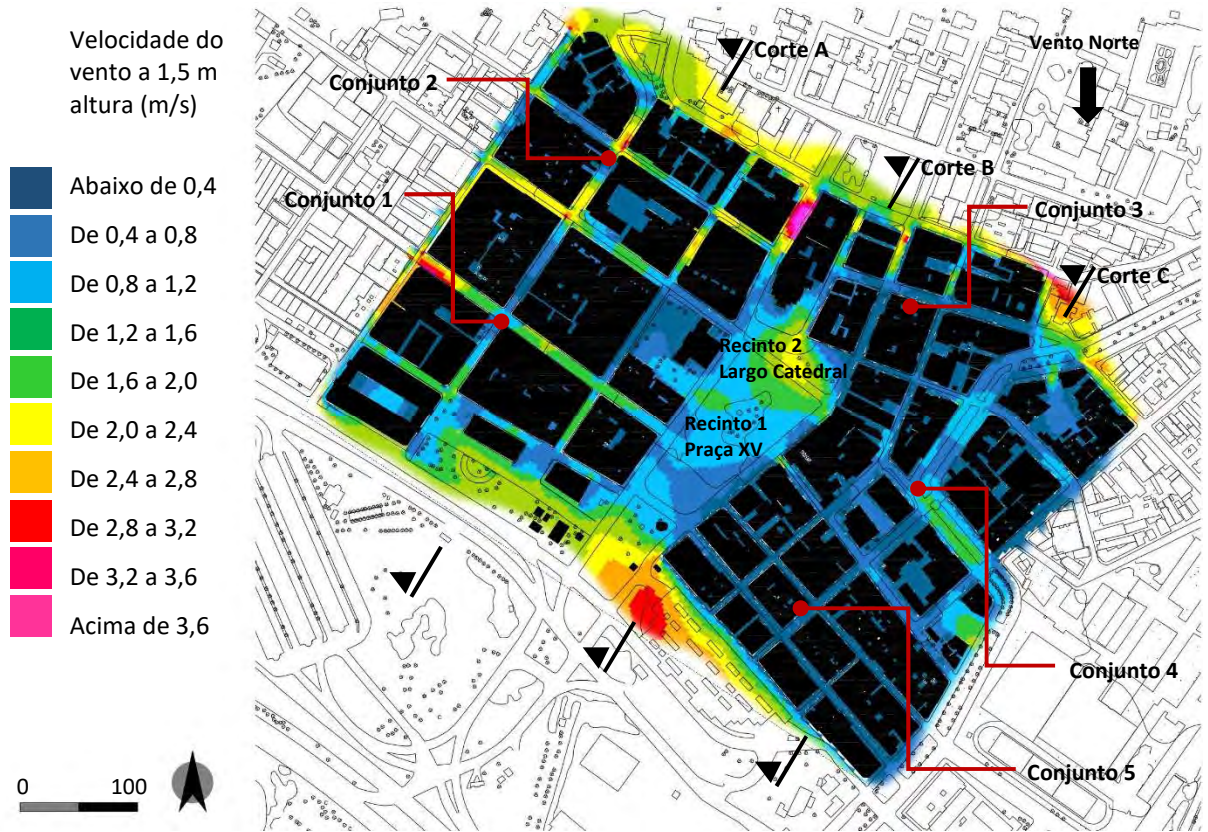


Figura 3-45 Velocidade do vento Norte (m/s) no Centro de Florianópolis. Planta baixa. Imagem informativa. Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Envi-met.

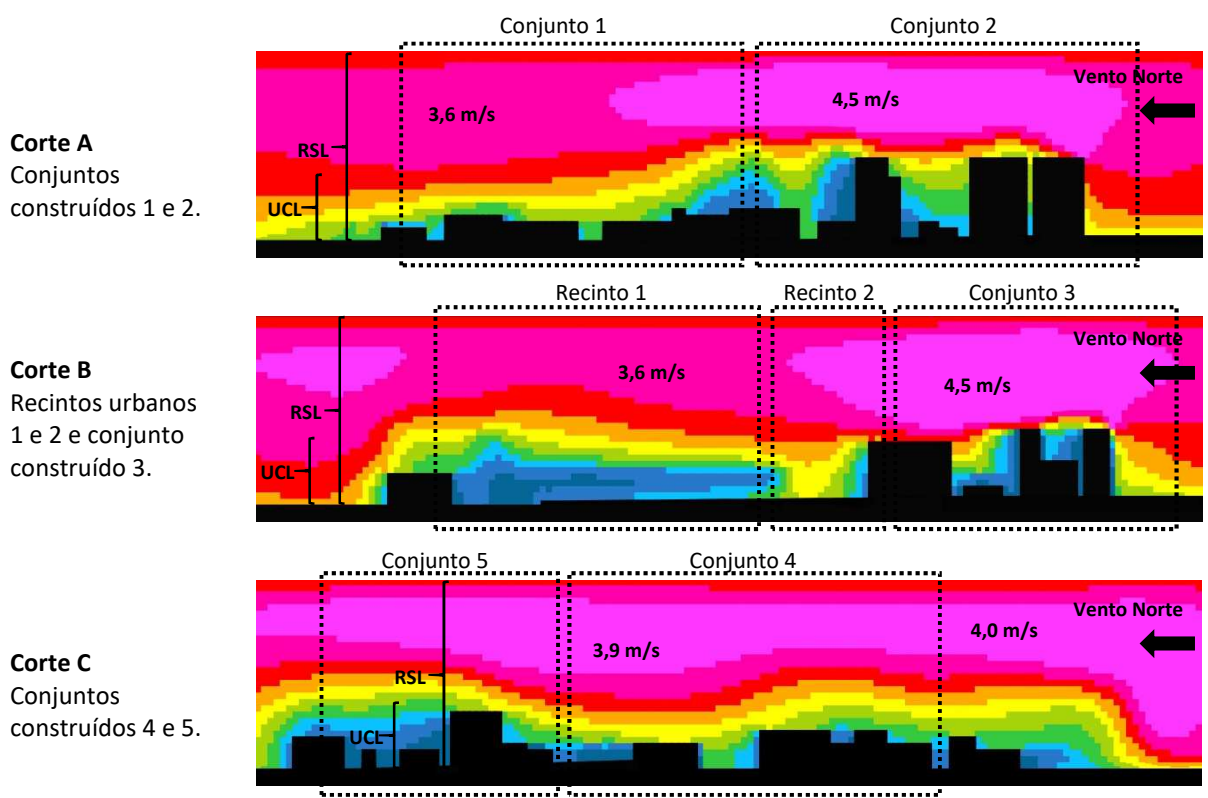


Figura 3-46 Velocidade do vento Norte (m/s) no Centro de Florianópolis. Cortes A, B e C. Imagem informativa. Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Envi-met. Sem escala.

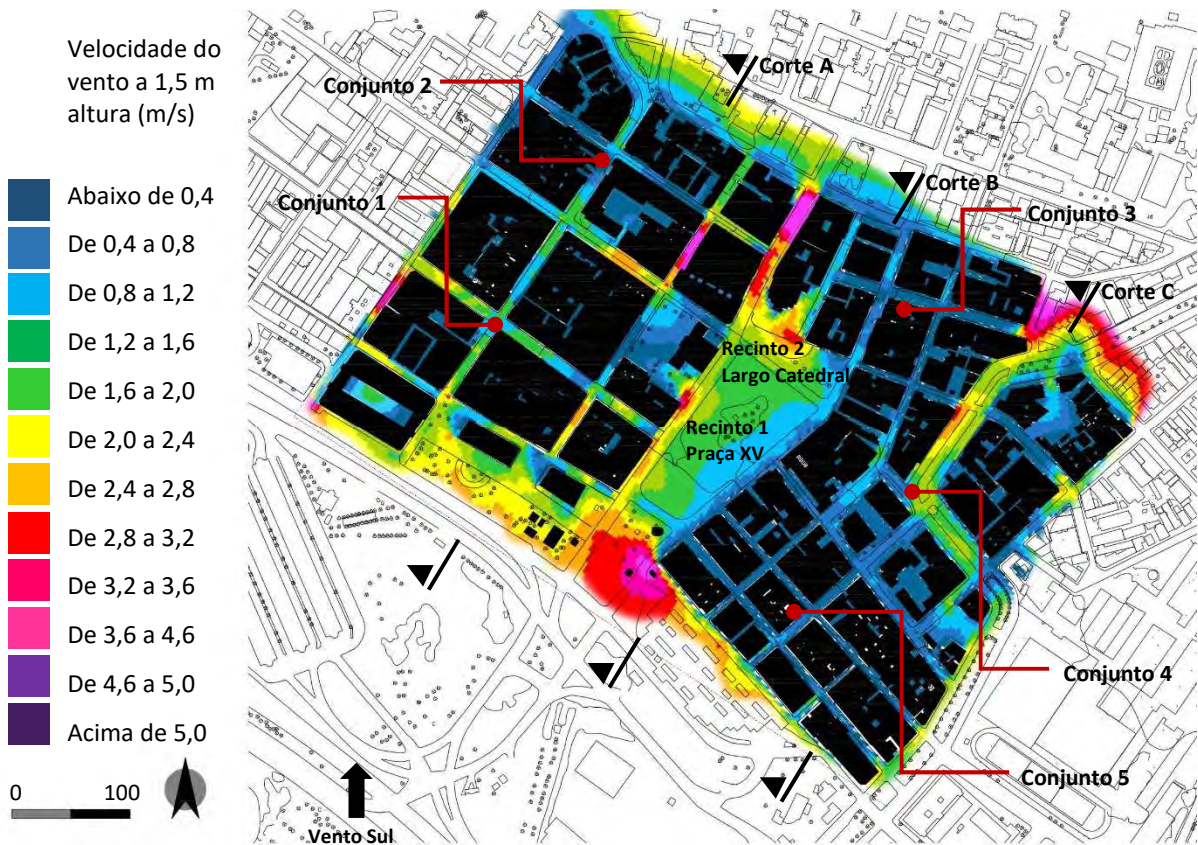


Figura 3-47 Velocidade do vento Sul (m/s) no Centro de Florianópolis. Planta baixa. Imagem informativa. Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Envi-met.

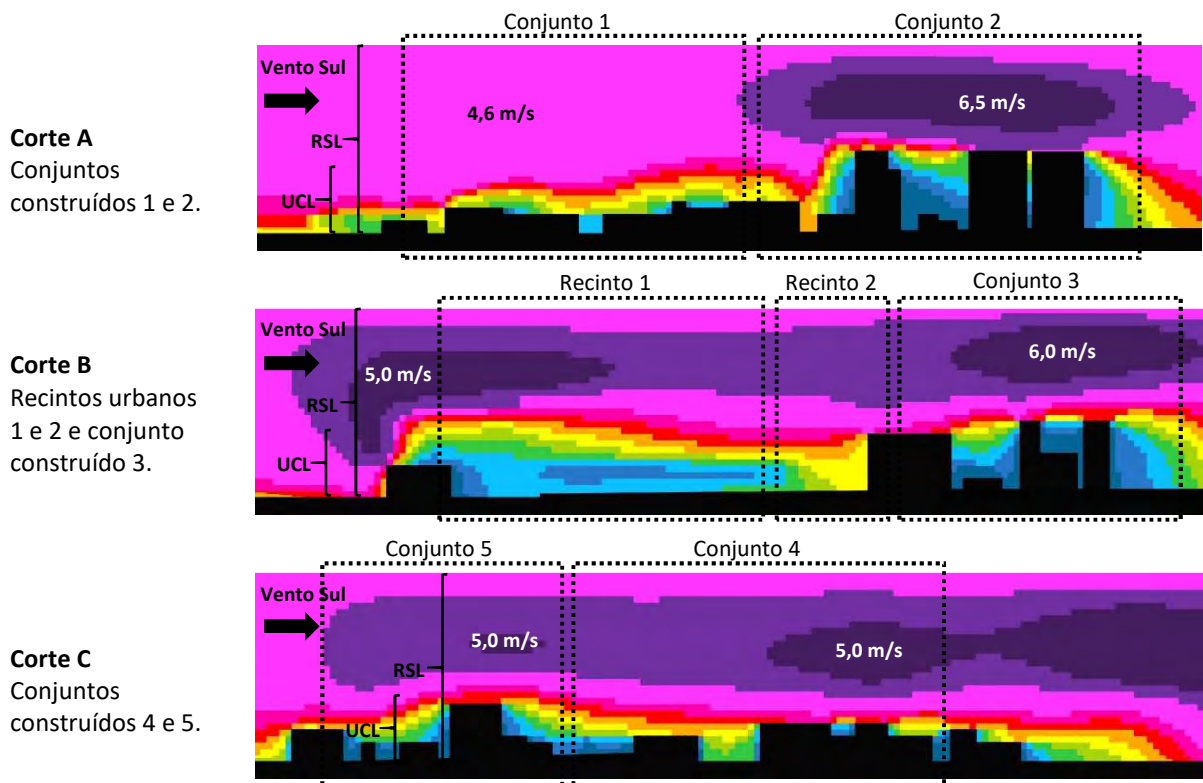


Figura 3-48 Velocidade do vento Sul (m/s) no Centro de Florianópolis. Cortes A, B e C. Imagem informativa. Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Envi-met. Sem escala.

Quadro 3-2 Ventilação natural predominante Norte (m/s) no Centro de Florianópolis.

Local e perfil urbano	Esquema gráfico (vento predominante)	Corte transversal (vento predominante)
<p>Conjunto construído 1</p> <p>CA= 3,00 TO= 81% Cf = 0,38 Rg = 9,17 Po = 0,20 Si = 0,50</p>	<p>Rua Felipe Schmidt FVCmed=0,5 Hmed/W=0,95</p> <p>Rua Deodoro FVCmed=0,5 Hmed/W=0,95</p>	<p>Velocidade do vento no solo reduz em 70%.</p>
<p>Conjunto construído 2</p> <p>CA= 4,91 TO= 71% Rg = 14,8 Cf = 0,29 Po = 0,25 Si = 0,55</p>	<p>Rua Vidal Ramos FVCmed=0,3 Hmed/W=1,9</p> <p>Rua Deodoro FVCmed=0,3 Hmed/W=1,9</p>	<p>Velocidade do vento no solo reduz em 68%.</p>
<p>Conjunto construído 3</p> <p>CA= 5,79 TO= 67% Rg = 15,5 Cf = 0,27 Po = 0,20 Si = 0,44</p>	<p>Rua Anita Garibaldi FVCmed=0,28 Hmed/W=2,1</p> <p>Rua dos Ilhéus FVCmed=0,25 Hmed/W=2,5</p>	<p>Velocidade do vento no solo reduz em 78%.</p>
<p>Conjunto construído 4</p> <p>CA= 4,13 TO= 55% Cf= 0,26 Rg= 10,0 Po= 0,35 Si = 0,63</p>	<p>Av. Hercílio Luz FVCmed=0,55 Hmed/W= 0,9</p> <p>Av. Hercílio Luz FVCmed=0,65 Hmed/W=0,7</p>	<p>Velocidade do vento no solo reduz em 55%.</p>
<p>Conjunto construído 5</p> <p>CA= 3,00 TO= 75% Cf = 0,38 Rg = 9,7 Po = 0,19 Si = 0,51</p>	<p>Rua Tiradentes FVCmed=0,3 Hmed/W=1,8</p> <p>Rua Nunes Machado FVCmed=0,4 Hmed/W=1,3</p>	<p>Velocidade do vento no solo reduz em 80%.</p>

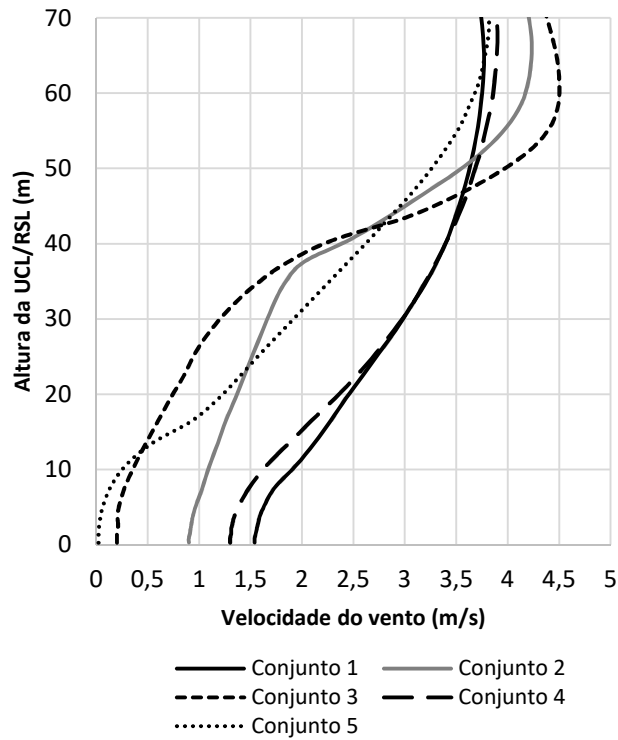


Gráfico 3-2 Velocidade do vento Norte (m/s) x altura (m) da UCL/RSL no Centro de Florianópolis.

Fonte: Elaborado pela autora, com resultados do software Envi-met.

O **Gráfico 3-3** compara os registros de velocidade do vento nas vias dos conjuntos construídos e nos dois recintos urbanos analisados nesta pesquisa, que integram o Centro de Florianópolis:

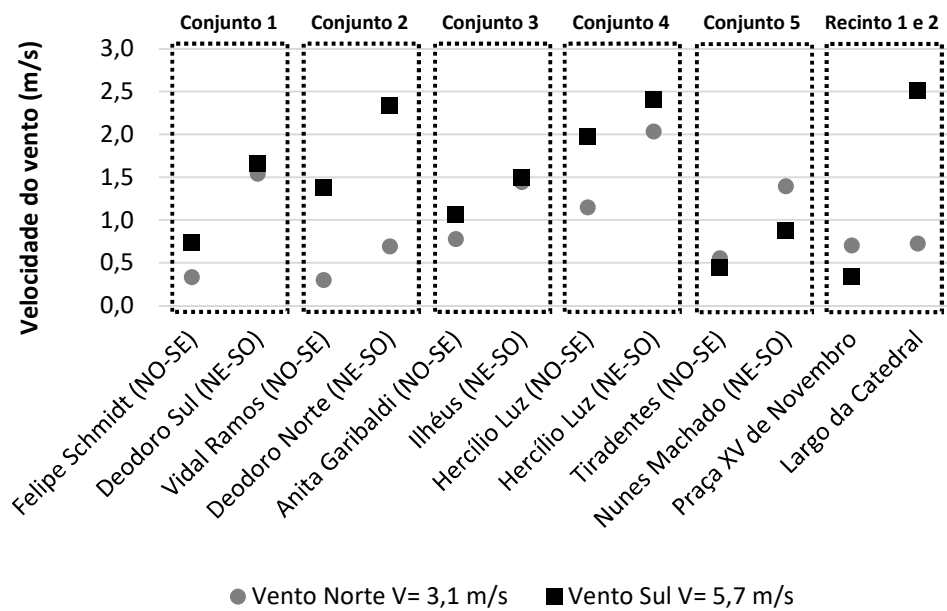


Gráfico 3-3 Velocidade do vento (m/s) no Centro de Florianópolis.

Fonte: Elaborado pela autora, a partir de medições *in loco*.

A ventilação natural é sempre mutante e, por isso, seus registros nunca são definitivos. Quanto ao seu resultado no Centro de Florianópolis, é possível afirmar:

- As edificações de gabarito elevado concentradas na parte Norte da aglomeração urbana obstruem o vento nesse sentido, reduzindo suas ações no verão. A ausência de elementos construídos no lado Sul procede em maiores velocidades do vento justamente durante a estação fria, em que o seu efeito é indesejável.
- Nos perfis urbanos com fator de rugosidade igual ou inferior a 10, o ar estagnado pelas edificações está restrito aos 7 metros de altura da camada de cobertura urbana (UCL), ou aos dois primeiros pavimentos. Acima desse limite, a velocidade do vento amplia consecutivamente em até 85%, atingindo velocidades superiores a uma altura de 60 metros do solo.
- Nos perfis urbanos com fator de rugosidade superior a 10, a velocidade do vento é gradualmente retida até o topo das edificações, aos quarenta metros, e atinge maiores velocidades somente no espaço aéreo acima das construções. A ausência quase completa de afastamentos laterais entre as edificações verticais funciona como um canalizador do ar nos recintos abertos ou como um quebra-vento.
- O aumento de 10% do fator de porosidade (P_o) maximiza a velocidade do vento no nível do solo em cerca de 20%.
- O fluxo do vento nas vias está condicionado principalmente pela sua orientação, que altera a direção do vento local. Vias de mesmo sentido apresentam resultados semelhantes quanto à direção do vento no espaço intraurbano.
- As velocidades do vento nas ruas de orientação Nordeste-Sudoeste são em média 40% superiores aos registros nas vias de sentido Noroeste-Sudeste. A explicação está na inclinação dos logradouros em relação ao azimute dos ventos Norte e Sul: enquanto nas ruas de sentido Nordeste-Sudoeste essa inclinação é de cerca de 30 graus, nas vias orientadas a Noroeste-Sudeste são aproximadamente 60 graus de inclinação com o azimute dos ventos.
- Considerando que as velocidades médias anuais do vento em Florianópolis são de 3,0 m/s e que na escala do pedestre são recomendadas velocidades entre os 3,5 e os 5,0 m/s, o desenho das vias deve permitir a permeabilidade do vento, principalmente no verão. Essa recomendação, entretanto, vale somente para os terraços, que possuem baixa altitude (25 metros) e estão geralmente protegidos dos ventos pelos morros e montanhas.

Forma arquitetônico-urbana, umidade relativa e temperatura do ar

As figuras, o quadro e os gráficos seguintes (da p.128 à p.131) resumem os resultados de umidade relativa e temperatura do ar no Centro de Florianópolis:

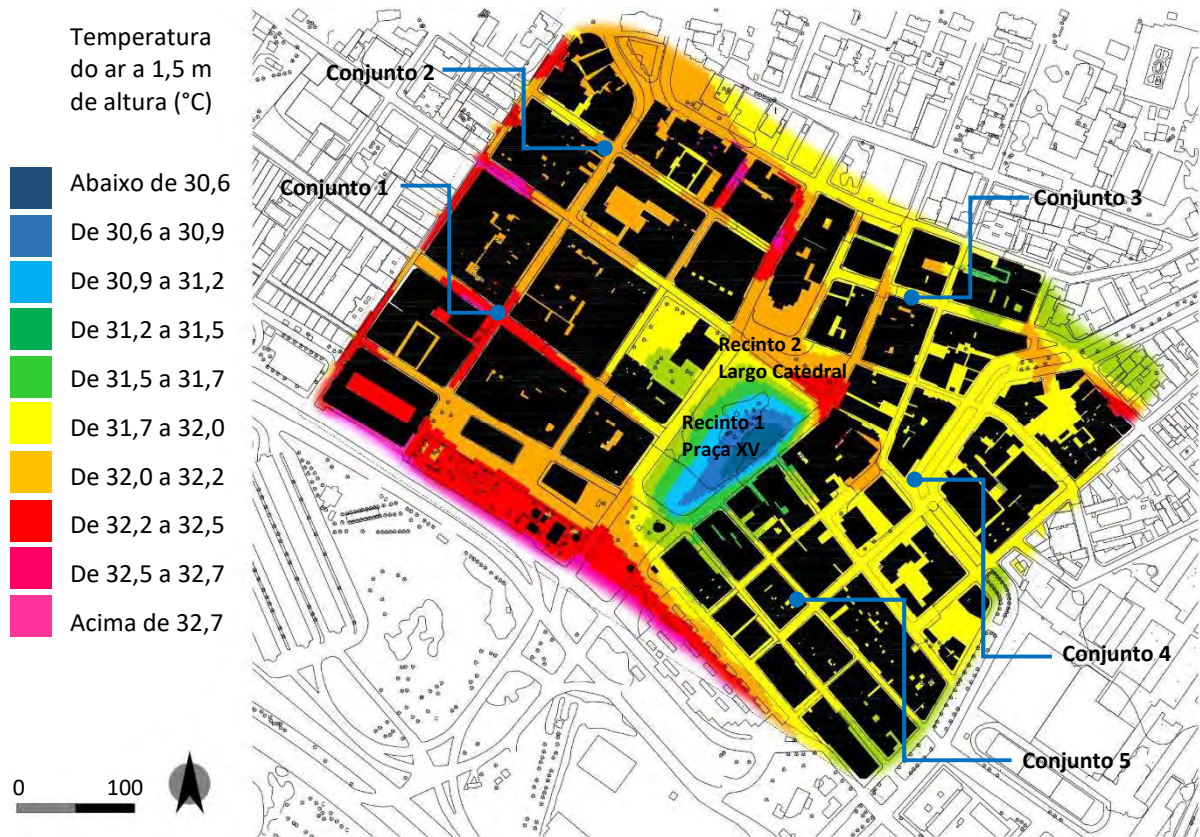


Figura 3-49 Temperatura do ar (°C) no Centro de Florianópolis ao meio-dia do verão. Imagem informativa. Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Envi-met.

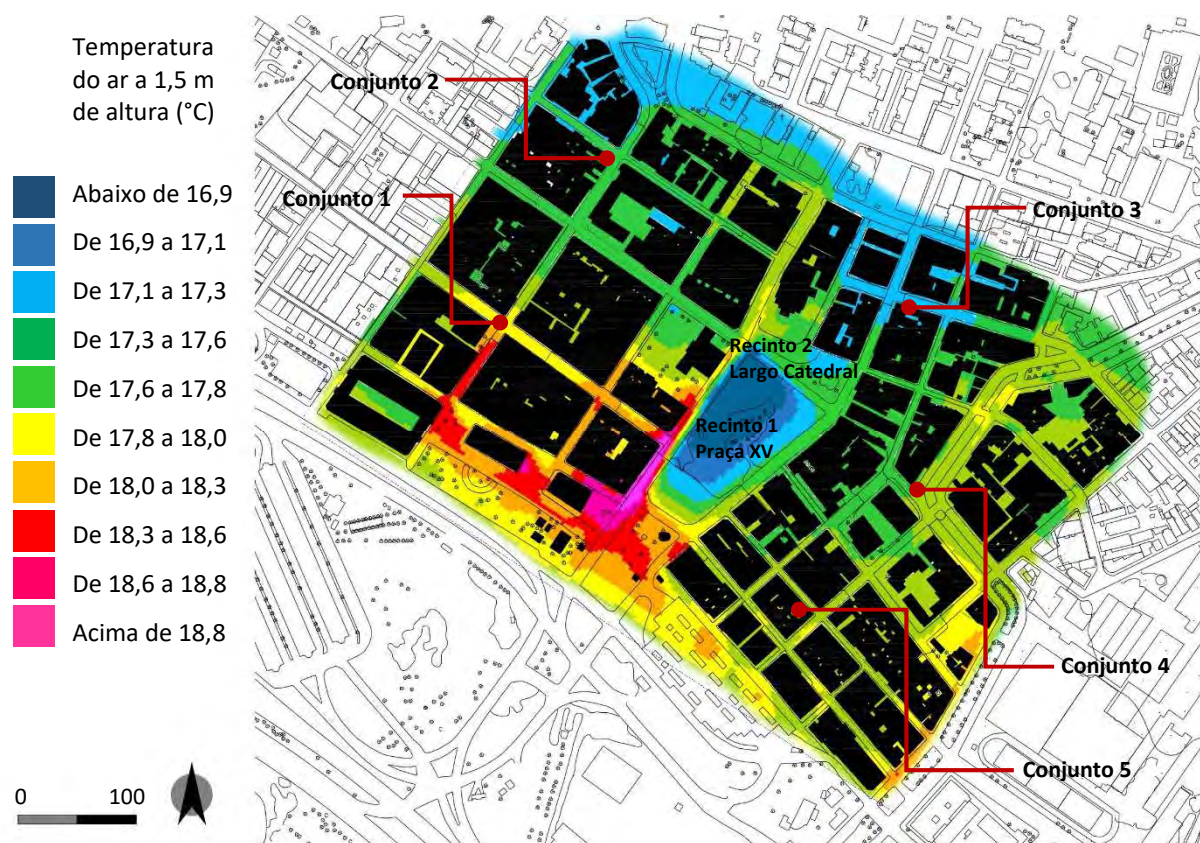
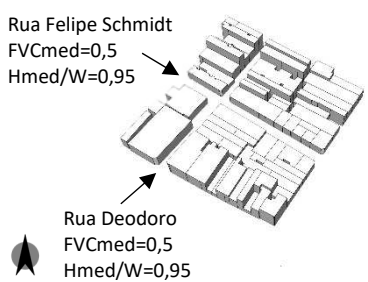
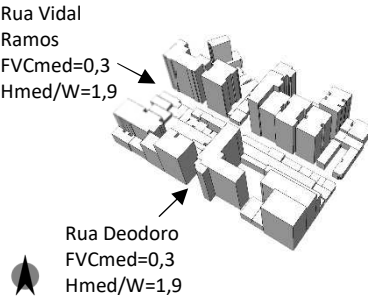
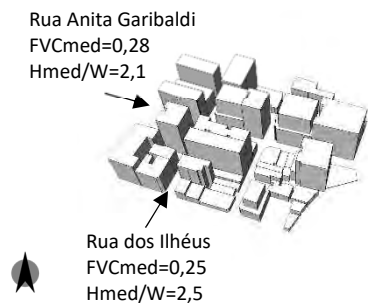
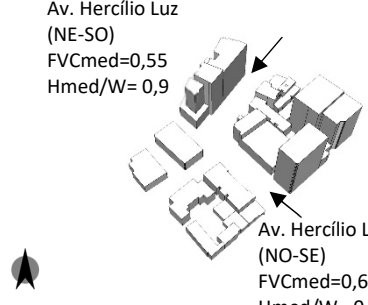
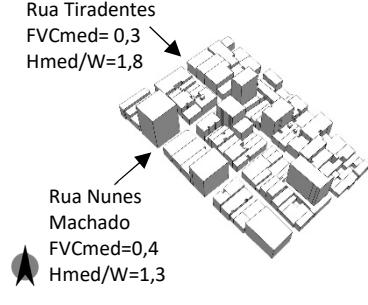


Figura 3-50 Temperatura do ar (°C) no Centro de Florianópolis ao meio-dia do inverno. Imagem informativa. Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Envi-met.

Quadro 3-3 Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) no Centro de Florianópolis.

Local	Esquema gráfico	Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) medidas à sombra, no verão e no inverno				
		9 horas		15 horas		
		Medida*	Varição**	Medida*	Varição**	
Conjunto construído 1 Hmed= 11,36 m CA= 3,00 TO= 81% Dc= 2,52 Atot= 51x10 ³ m ² Vmed= 2.995 m ³	 <p>Rua Felipe Schmidt FVCmed=0,5 Hmed/W=0,95</p> <p>Rua Deodoro FVCmed=0,5 Hmed/W=0,95</p>	Verão	T=27,4	+1,5%	T=34,3	+4,0%
			UR=79,8	+1,0%	UR=64,2	+8,8%
		Inverno	T=14,8	-1,3%	T=17,3	+1,7%
			UR=68	+1,4%	UR=62,4	-0,9
Conjunto construído 2 Hmed= 20,77 m CA= 4,91 TO=71% Dc= 4,45 Atot= 96x10 ³ m ² Vmed= 6.244 m ³	 <p>Rua Vidal Ramos FVCmed=0,3 Hmed/W=1,9</p> <p>Rua Deodoro FVCmed=0,3 Hmed/W=1,9</p>	Verão	T=26,7	-1,1%	T=32,9	-0,3%
			UR=82,2	+3,9%	UR=64,7	+9,6%
		Inverno	T=14,9	-0,6%	T=16,9	-0,6%
			UR=65,8	-1,7%	UR=61,8	-1,8%
Conjunto construído 3 Hmed= 25,22 m CA= 5,79 TO=67% Dc= 4,74 Atot= 90x10 ³ m ² Vmed= 7.120 m ³	 <p>Rua Anita Garibaldi FVCmed=0,28 Hmed/W=2,1</p> <p>Rua dos Ilhéus FVCmed=0,25 Hmed/W=2,5</p>	Verão	T=26,5	-1,8%	T=32,7	-0,9%
			UR=79,9	+1,1%	UR=65,2	+10,5%
		Inverno	T=14,2	-5,6%	T=16,1	-5,5%
			UR=67,4	+0,6%	UR=64,7	+2,7%
Conjunto construído 4 Hmed= 18,39 m CA= 4,13 TO=55% Dc= 3,02 Atot= 58x10 ³ m ² Vmed= 6.000 m ³	 <p>Av. Hercílio Luz (NE-SO) FVCmed=0,55 Hmed/W= 0,9</p> <p>Av. Hercílio Luz (NO-SE) FVCmed=0,65 Hmed/W= 0,7</p>	Verão	T=27,1	+0,3%	T=32,5	-1,5%
			UR=78	-1,2%	UR=65,3	+10,6%
		Inverno	T=13,8	-8,6%	T=15,9	-6,9%
			UR=67,7	+0,9%	UR=64,2	+1,8%
Conjunto construído 5 Hmed= 12,92 m CA= 3,00 TO=75% Dc= 2,74 Atot= 55x10 ³ m ² Vmed= 2.204 m ³	 <p>Rua Tiradentes FVCmed= 0,3 Hmed/W=1,8</p> <p>Rua Nunes Machado FVCmed=0,4 Hmed/W=1,3</p>	Verão	T=27,4	+1,5%	T=34,1	+3,3%
			UR=76,8	-2,7%	UR=61	+3,4%
		Inverno	T=14,3	-4,7%	T=16,6	-2,4%
			UR=68,2	+1,8%	UR=62,3	-1,0%

*Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) medidas à sombra. **Aumento ou redução percentual em relação aos registros da estação Aeroporto Hercílio Luz (°C).

As figuras (p.128) ilustram a média das temperaturas do ar intraurbanas no Centro de Florianópolis, às 12 horas de um dia padrão de verão (**Figura 3-49**) e de inverno (**Figura 3-50**).

O **Quadro 3-3** (p.129) especifica os resultados de umidade relativa e temperatura do ar para cada conjunto construído analisado nesta pesquisa, incluindo: a identificação dos parâmetros da forma arquitetônico-urbana que influenciam na umidade relativa e na temperatura do ar, principalmente relacionadas com a quantidade de massa construída – altura média das edificações (Hmed), coeficiente de aproveitamento (CA), taxa de ocupação (TO), densidade construída (Dc), área total construída (Atot) e volume médio construído (Vmed); os registros de umidade relativa e temperatura do ar, às 9 e às 15 horas do verão e do inverno, assim como sua variação (aumento ou redução) em comparação aos valores de referência do meio ambiente natural.

É importante lembrar que os registros informados no **Quadro 3-3** se referem aos números adquiridos em localidades à sombra. As sombras projetadas pelas edificações são episódicas e, nos lugares ao sol, as temperaturas do ar no meio construído são sempre superiores aos valores do clima local.

O **Gráfico 3-4** compara os registros de temperatura do ar nas vias dos conjuntos construídos e nos dois recintos urbanos analisados nesta pesquisa, que integram o Centro de Florianópolis:

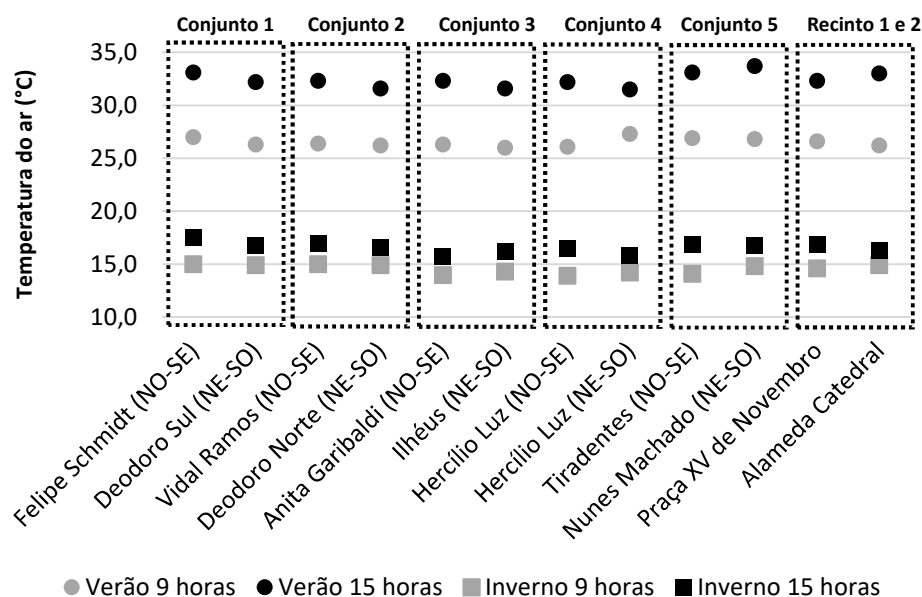


Gráfico 3-4 Temperatura do ar (°C) no Centro de Florianópolis.

Fonte: Elaborado pela autora, a partir de medições *in loco*.

O **Gráfico 3-5** (p.131) compara os registros de umidade relativa do ar nas vias dos conjuntos construídos e nos dois recintos urbanos analisados nesta pesquisa, às 9 e às 15 horas do verão e do inverno.

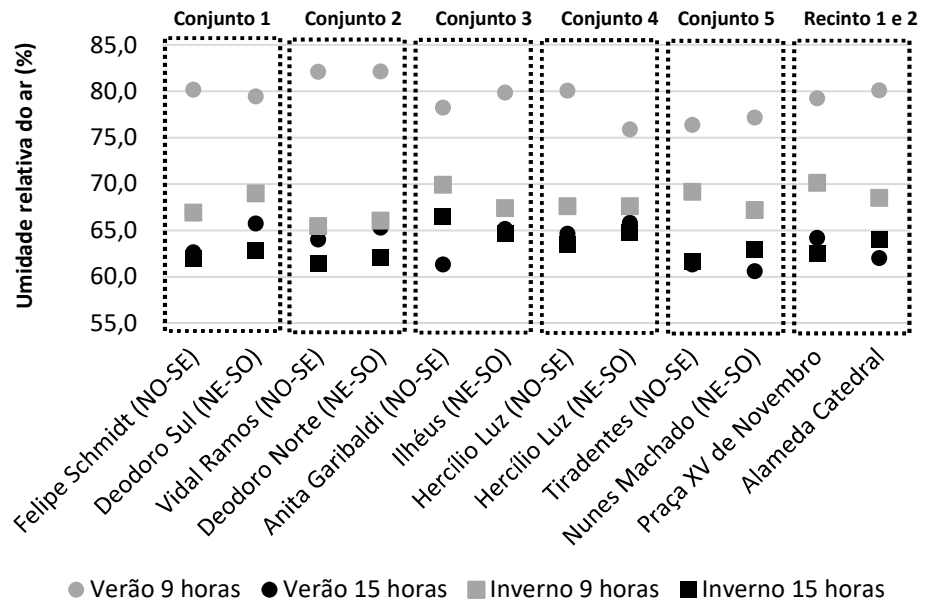


Gráfico 3-5 Umidade relativa do ar (%) no Centro de Florianópolis.

Fonte: Elaborado pela autora, a partir de medições *in loco*.

Quanto aos resultados de umidade relativa e temperatura do ar no Centro de Florianópolis, é possível afirmar:

- As variações na temperatura do ar intraurbana entre diferentes conjuntos construídos são mais evidentes nos períodos vespertinos, em qualquer período do ano. Essas diferenças são de aproximadamente 1,2°C pelas manhãs e de até 1,6 °C pelas tardes.
- As variações na umidade relativa do ar entre diferentes conjuntos construídos são mais evidentes no verão, quando essas diferenças chegam a 6%.
- No verão, as maiores temperaturas do ar no nível do solo acontecem geralmente nas localidades com menor densidade construída e baixa verticalização das edificações. A radiação solar que incide no espaço intraurbano constitui o fator mais determinante para a definição da temperatura do ar intraurbana.
- No inverno, as temperaturas do ar no nível do solo são principalmente determinadas pela ação do vento Sul e são via de regra inferiores aos registros do meio natural. A ação do vento Sul na temperatura do ar é mais visível nos perfis urbanos com menor taxa de ocupação do solo, que permitem maior permeabilidade do vento.
- O ciclo térmico diário das localidades com menor densidade construída e baixa verticalização é geralmente o mais elevado, em função da maior exposição das superfícies ao aquecimento por radiação ou ao resfriamento por convecção.
- O aumento da massa construída não implica necessariamente em prejuízo ao desempenho térmico. Pelo contrário, em alguns casos a alta densidade construída e a verticalização ocasionam o menor impacto nas temperaturas do ar no verão e no inverno.

- Considerando o intervalo de neutralidade térmica dos 17 aos 25°C, quase todas as vias do Centro de Florianópolis estão em situação de desconforto térmico no verão e no inverno, sendo este desconforto acentuado na estação quente.
- Recintos com vegetação perene densa nem sempre apresentam as menores temperaturas do ar. No entanto, a sombra permanente desses locais reduz a quantidade de iluminação natural e de calor irradiado do chão, resultando na sensação térmica de um clima mais ameno.

Forma arquitetônico-urbana e qualidade ambiental em escala local

A **Figura 3-51** informa os atributos negativos que podem comprometer a qualidade ambiental no Centro de Florianópolis, considerando as vias e os recintos urbanos estudados neste trabalho, a constar: presença de poluição atmosférica e sonora, mobiliário urbano inadequado, condições impróprias de mobilidade em vias e espaços públicos, e ausência de vegetação.

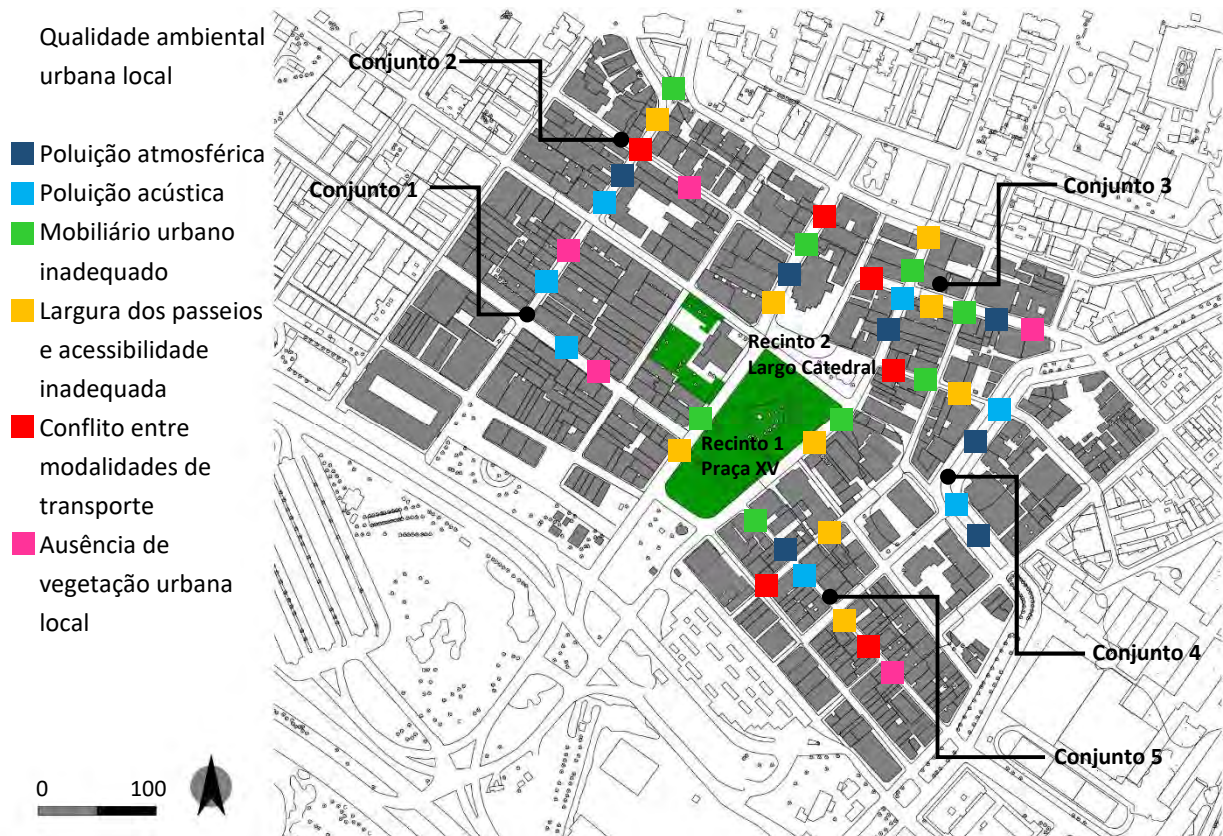


Figura 3-51 Qualidade ambiental urbana em escala local no Centro de Florianópolis.

Fonte: Elaborado pela autora, com base cartográfica do IPUF, 2014.

Os maiores conflitos do bairro estão associados com a mobilidade e a acessibilidade do espaço urbano, desde o ponto de vista do pedestre até do usuário do veículo privado. Os logradouros, em geral, são muito estreitos para a demanda de fluxo de tráfego e quase todos os passeios estão inadequados, com larguras inferiores a 1,5 metros (a exceção dos calçadões

exclusivos para pedestres) e pavimentação imprópria, desgastada pelo tempo. As calçadas também são muitas vezes obstruídas por barreiras arquitetônicas e urbanísticas que dificultam o deslocamento do transeunte, sobretudo de idosos e de pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida. Os elementos fundamentais da acessibilidade urbana, como rampas, piso tátil e sinalização, são praticamente ausentes no centro histórico. Mais de 52% das pessoas que se utilizam dos espaços exteriores assinalam a mobilidade como o principal item de insatisfação, o que enfatiza a urgência de seu planejamento em uma região onde o pedestre constitui o personagem fundamental.

O aumento de carros privados em circulação e os congestionamentos agravam o trânsito e a qualidade do ar em determinados locais, majorando a quantidade de poluentes na atmosfera. Segundo dados do Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina (DETRAN/SC) em dez anos (de 2005 a 2015) o número de automóveis em Florianópolis cresceu mais de 30%, e o de motocicletas praticamente dobrou nesse período. O conflito entre as diferentes modalidades de transporte é constante - ruas que outrora recebiam bondes puxados a burro atualmente precisam admitir desde os ônibus até as bicicletas, além dos transeuntes, que geralmente dividem o curto espaço das calçadas com o mobiliário urbano. Uma das principais ações do poder público municipal para melhorar as condições de mobilidade urbana no distrito central está na proibição à circulação de caminhões nos horários de pico dos dias úteis (das 6 às 9 horas e das 17 às 20 horas). Nos finais de semana, veículos automotores têm seu acesso restrito a poucas vias do centro histórico, seguindo a ideia de alguns estudos (CRAWFORD, 2002) que defendem o ambiente urbano livre de automóveis a favor da valorização dos pedestres, ciclistas e da atividade humana.

A poluição acústica também consiste em um atributo que afeta negativamente a qualidade ambiental e está muitas vezes associada ao transporte automotor. Ainda que os níveis de ruído raramente ultrapassem o máximo de 60 decibéis recomendado pelas normas técnicas (ABNT NBR 10151, 2000; NBR 10152, 1987), esses valores são considerados inconvenientes para pelos menos 40% dos usuários do espaço exterior. A saturação de atividades contribui para o aumento dos níveis de ruído até mesmo nos locais onde não há circulação de automóveis. O desconforto nesse quesito é geral, afora as imediações da Rua Vidal Ramos, devido aos redutores de velocidade de veículos e à menor quantidade de pontos comerciais e de serviços.

A ausência de vegetação urbana local nos espaços públicos - principalmente nos logradouros - é apontada por 30% dos transeuntes como o atributo mais negativo do centro histórico. A largura minguada de quase todas as vias e a elevada densidade construída praticamente impossibilitam a distribuição de árvores, e até mesmo as espécies vegetais de pequeno porte, como arbustos e gramados, são de difícil inserção, principalmente se considerado ainda o espaço mínimo necessário para a rede elétrica aérea, os equipamentos e o mobiliário urbano.

Outras questões registradas por algumas das pessoas que responderam aos questionários deste trabalho são a carência de iluminação artificial no período noturno, a sujeira e o mal cheiro das áreas públicas, a falta de segurança e de policiamento nas ruas. Estes dois últimos itens receberam muitas críticas negativas, principalmente pelo fenômeno de desertificação do bairro nos finais de semana, devido ao fechamento dos setores comerciais e de serviços, condição que oferece ao lugar uma sensação de insegurança e abandono. Existe um desequilíbrio entre o número escasso de unidades habitacionais em contraste com a quantidade excessiva de estabelecimentos dedicados às atividades terciárias, de maneira que a utilização do espaço público nos períodos de inatividade é significativamente reduzida. Quase 90% dos usuários do Centro de Florianópolis aprovam as suas atuais condições ambientais e arquitetônicas, porém relatam insatisfação com o bairro para moradia, considerando-o adequado somente para as atividades de trabalho, estudo e lazer.

3.4

Estudo de proposições de desenho arquitetônico e urbano

A forma arquitetônico-urbana atual do território de Florianópolis está principalmente regida pelo plano diretor (IPUF, 2014) e pelo código de obras e edificações (CMF, 2000), que determinam os usos adequados e prescrevem os limites de ocupação do solo e as dimensões mínimas para as aberturas das edificações. No distrito central, são em geral admitidos gabaritos de até doze pavimentos, com uma taxa de ocupação (TO) máxima de 50% e um coeficiente de aproveitamento (CA) que varia de 1,0 a 5,8 - considerando neste último caso o subsolo. A altura das construções não pode ultrapassar a linha de projeção de um ângulo de setenta graus, medido a partir do eixo da via até o ponto mais elevado da edificação (IPUF, 2014). A área mínima de aberturas equivale a 1/6 da área total dos compartimentos destinados a repouso, estar e estudo e essa proporção é de 1/8 para o caso dos ambientes onde é produzido vapor de água, como banheiros e cozinhas (CMF, 2000).

Ainda que esses regulamentos ofereçam algum grau de acesso solar, de luz natural e de vento aos espaços exteriores e interiores, sua simples aplicação não é ideal, uma vez que a disposição dos volumes construídos influencia no desempenho ambiental de lugares abertos e do interior das edificações. Uma construção de formato alongado orientada no eixo Norte-Sul, por exemplo, não oferece a mesma proporção de sombra no ambiente urbano que um edifício de iguais dimensões organizado no sentido Leste-Oeste. Além disso, questões como a inserção de vegetação no espaço aberto ou os resultados das características dos materiais construtivos exteriores geralmente não estão incluídas na legislação urbana vigente.

Nesse contexto, este subtítulo procura analisar as proposições de desenho arquitetônico e urbano mais adequadas para as condições ambientais do recorte espacial considerado em Florianópolis, **aplicáveis a novas e antigas urbanizações**, por meio de modelos computacionais parametrizados. Sem a pretensão de desenvolver conclusões deterministas acerca de um tema de grande complexidade, os estudos realizados nesta etapa estão fundamentados nos diagnósticos de campo e de gabinete desenvolvidos neste trabalho, em particular quanto à preferência e à percepção ambiental dos usuários, obtidas por meio dos questionários estruturados, e a partir das quais é possível direcionar as possíveis alternativas de desenho urbano:

No verão (de janeiro a março)

Somente 18% das pessoas que responderam aos questionários no verão consideram essas condições ambientais confortáveis. Para a grande maioria dos entrevistados (82%), a percepção ambiental é de **calor**. Os

fatores ambientais que ocasionam máximo desconforto para os usuários do espaço urbano de Florianópolis nessa época são a **exposição solar** (52%) e a **temperatura do ar** (38%).

Na meia-estação (de abril a junho e de outubro a dezembro)

Cerca de 57% dos entrevistados consideram confortáveis as condições ambientais da meia-estação. A **exposição solar** e a **temperatura do ar** são os fatores ambientais avaliados como mais incômodos para 47% e 31% dos entrevistados, respectivamente.

No inverno (de julho a setembro)

Cerca de 60% das pessoas que responderam aos questionários consideram satisfatórias as condições ambientais de inverno. O **vento** é o fator ambiental mais indesejado para 44% dos entrevistados, que preferem a redução da sua velocidade nessa época.

O projeto da cidade, por meio das legislações municipais, precisa definir formas arquitetônico-urbanas que auxiliem na criação de microclimas que estejam de acordo com o meio ambiente natural e a cultura local. De maneira genérica, os usuários do Centro de Florianópolis preferem o frio extremo ao calor extremo e, em cerca de 75% dos meses do ano, no verão e na meia-estação, o desenho urbano deve prever a redução da exposição solar e das temperaturas do ar no espaço aberto, e favorecer a permeabilidade do vento. Propostas de médio e longo prazo podem ser aplicadas, desde a escolha dos revestimentos de pavimentação até a definição da geometria dos elementos arquitetônicos e urbanos.

Perfil urbano

A arquitetura e a cidade são indissociáveis: volumes construídos e elementos urbanos integrados estão expostos às mesmas exigências do lugar. Em condições de clima subtropical úmido, um perfil urbano de construções verticais com fachadas isoladas é geralmente mais apropriado do que a configuração horizontal contínua e compacta. A construção em altura possui a vantagem de reduzir a incidência da radiação solar sobre alguns planos da envolvente, como o piso e o teto. E as edificações isoladas apresentam maior potencial de ventilação natural e de recepção da energia solar nas fachadas. O ganho de calor proveniente do sol nas superfícies isoladas das edificações nesses casos é positivo para o seu aquecimento no inverno, mas pode resultar em um superaquecimento indesejável no verão. Esse aumento da carga térmica no verão, entretanto, é facilmente controlado com sistemas apropriados de vedação ou com elementos de proteção e controle solar. A arquitetura possui recursos para moderar a incidência solar em excesso, ao passo que a indisponibilidade do sol em uma unidade habitacional é praticamente insolúvel. Em Florianópolis, os imóveis apresentam um aumento no custo de até 10%, quando bem posicionados em relação à trajetória solar (PIRÂMIDES, 2015). Partindo do pressuposto de que um

perfil urbano de construções verticais com fachadas isoladas é mais apropriado para as condições climáticas de Florianópolis, faz-se necessário estudar quais as configurações mais adequadas para um conjunto construído, quanto às suas proporções e arranjo.

- **Forma básica e orientação das edificações**

Uma das primeiras etapas do partido arquitetônico está em definir a forma básica e a orientação do edifício, que é inseparável do conjunto urbano ao qual pertence. A composição interior da arquitetura deve adequar-se às condições ambientais exteriores, de maneira a atender melhor as solicitações dos usuários dos espaços interiores. Essa questão é complexa porque cada programa arquitetônico apresenta necessidades particulares quanto ao conforto ambiental e à organização interna. O período de utilização dos ambientes, por exemplo, pode definir sua localização dentro dos edifícios em relação à trajetória solar local.

As dimensões e a orientação de uma edificação definem sua eficácia do ponto de vista ambiental. O microclima térmico de um edifício é consequência dos intercâmbios térmicos de todos os seus fechamentos com o meio. Não é somente importante a orientação das fachadas, mas também a forma do volume e os materiais das vedações exteriores. É recomendável solucionar o programa arquitetônico com a menor área possível de fechamentos exteriores, de maneira a reduzir o fluxo de calor do exterior ao interior no verão e do interior ao exterior no inverno. Por outro lado, todos os ambientes interiores precisam cumprir exigências mínimas de insolação, ventilação e iluminação natural, o que implica em mantê-los em contato permanente com o exterior.

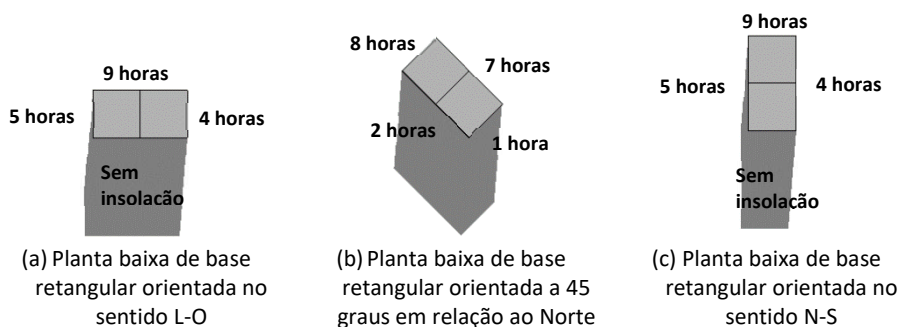
A economia da construção consiste em outro aspecto que precisa ser considerado na definição da forma arquitetônico-urbana. Plantas baixas de geometria quadrada apresentam o melhor índice de eficiência econômica para um edifício, sendo consideradas eficazes ainda as plantas baixas retangulares puras com relação máxima de 1/4 entre suas dimensões (MASCARÓ, 2010). A forma básica isolada prismática de base retangular foi adotada como referência nesta pesquisa para analisar a orientação mais adequada para o clima local de Florianópolis, a partir da trajetória solar e da direção predominante do vento (Norte), que constituem os elementos climáticos mais facilmente manipulados no projeto da cidade.

Planta baixa de base retangular orientada no sentido Leste-Oeste e em perpendicular ao vento dominante

Essa orientação possibilita maior superfície de recepção do sol no plano vertical Norte, que recebe mais insolação no inverno. Entretanto, resulta em uma sombra permanente durante a estação fria nos ambientes localizados na face Sul das construções, e também em maior sombreamento no espaço urbano no mesmo período (**Figura 3-52 a**). A edificação perpendicular ao vento funciona como uma barreira e obstrui a circulação do ar (**Figura 3-53 a**).

Figura 3-52

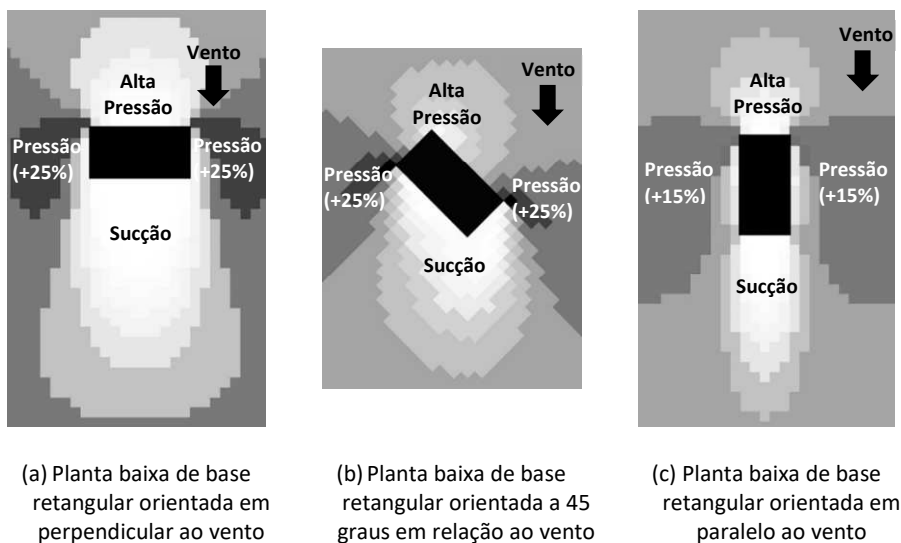
Sombreamento e número de horas de sol nas fachadas das edificações de planta baixa de base retangular no inverno em Florianópolis. Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.



Sem escala

Figura 3-53

Desempenho do vento na escala do pedestre (a 1,5 metros do solo) nas edificações de planta baixa de base retangular em Florianópolis. Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Envi-met.



Sem escala

Planta baixa de base retangular orientada a 45 graus em relação ao Norte e ao vento dominante

Essa orientação não garante uma insolação mínima adequada nos recintos interiores das fachadas principais, resultando sempre em uma face (Sudeste ou Sudoeste) com pouca incidência solar (**Figura 3-52 b**). O vento atinge as fachadas das edificações com apenas 50% da velocidade que as atingiria em casos de orientação perpendicular ao fluxo (**Figura 3-53 b**). Considerando uma hipótese em que diversos edifícios estão organizados lado a lado nessa posição, existe a possibilidade de ocorrência do efeito Venturi, que consiste em um coletor de fluxos de ar nas esquinas, criado pelas construções planejadas em ângulo aberto ao vento.

Planta baixa de base retangular orientada no sentido Norte-Sul e em paralelo ao vento dominante.

Essa orientação possibilita recepção solar em todas as fachadas principais da edificação, onde há mais área de planos verticais (**Figura 3-52 c**). Um agrupamento de construções organizadas nesse sentido propicia a permeabilidade do vento no ambiente urbano (**Figura 3-53 c**). Dependendo da distância entre as edificações, pode ocorrer a compressão e canalização do vento, com velocidades aceleradas no nível do solo.

- **Altura e distância entre as edificações**

A distância entre as edificações auxilia no desempenho térmico e luminoso do espaço exterior e interior, e precisa ser majorada na proporção em que as alturas das construções aumentam.

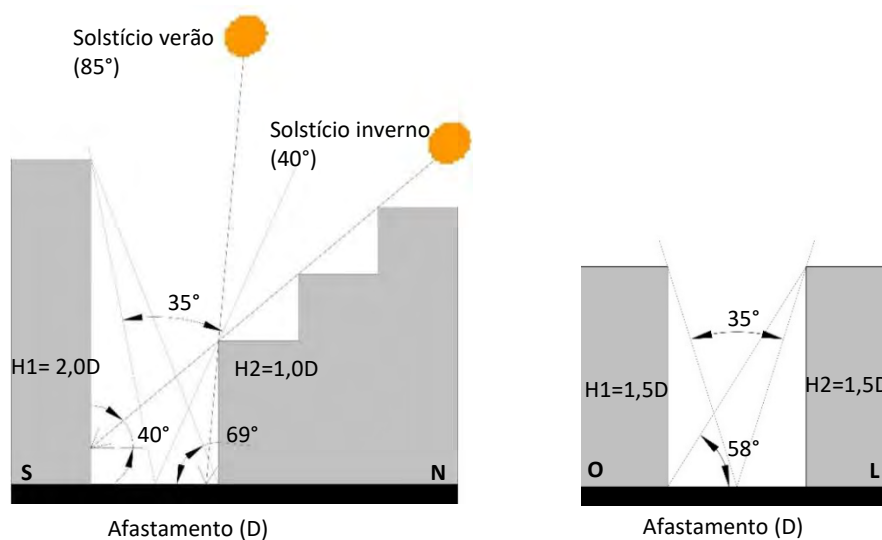
Limites determinados pela insolação e iluminação natural

Um instrumento bastante aplicado nesse tipo de avaliação é o envelope solar, definido como o volume máximo que uma construção pode ocupar de maneira a não obstruir a vizinhança imediata durante os períodos críticos anuais de recepção de energia (PEREIRA, 1995; ASSIS, 2002; KNOWLES, 2003; GRAZZIOTIN et al., 2004; RATTI; MORELLO, 2005; DECKER, 2012). Um método simplificado do envelope solar foi utilizado nesta pesquisa para verificar os limites construtivos em Florianópolis, segundo o acesso solar e luminoso (Figura 3-54).

(a) Posição dos edifícios: Norte-Sul

(b) Posição dos edifícios: Leste-Oeste

Figura 3-54
Estudo dos limites verticais e dos afastamentos entre as construções em Florianópolis, para garantia do acesso solar em ambientes exteriores e interiores, segundo a posição das edificações.



O estudo considera a trajetória solar local no solstício de inverno e o critério de um mínimo de duas horas diárias de sol nas fachadas das construções nesse período. Os esquemas indicam as alturas máximas ($H1$ e $H2$) das edificações, considerando um afastamento (D) hipotético entre elas e a posição das construções em relação ao Norte.

Limites determinados pela ventilação natural

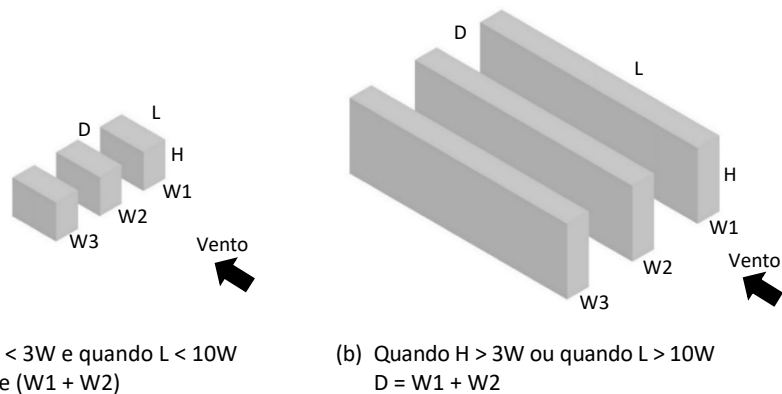
Uma sugestão é a abertura de cavidades no tecido urbano, que funcionam como vias aéreas, orientadas na medida do possível no sentido do vento dominante (NG, 2010). Recomenda-se um afastamento médio entre construções (D) de cinquenta por cento das larguras totais somadas dos edifícios de ambos os lados ($W1$ e $W2$), quando orientados no sentido do fluxo de ar (Figura 3-55 a). Sugere-se também considerar o comprimento da edificação ou do conjunto construído (L). Uma proposta preliminar é que a largura da passagem de ar no barlavento seja equivalente à soma das larguras totais dos edifícios de ambos os lados quando a relação entre sua

altura e sua largura for superior a três, ou quando a razão entre o seu comprimento e a sua largura for superior a dez (**Figura 3-55 b**).

Figura 3-55

Relação geométrica de edifícios e vias aéreas.

Fonte: Elaborado pela autora, baseado nos estudos de Ng (2010).



Na impossibilidade de manter esses limites, recomenda-se um afastamento mínimo entre as construções. Edificações com intervalos estreitos entre elas são mais eficientes do que aquelas onde ocorre a completa ausência de afastamentos laterais. Outra sugestão é a variação na altura das construções, que distribui a iluminação natural, permite a incidência solar e uniformiza a ventilação natural no nível do solo. Um contraste de altura de seis a oito pavimentos entre edifícios, por exemplo, promove mais de 20% de trocas de ar por hora, em comparação com um conjunto urbano de mesma densidade construída, porém com construções de alturas uniformes (NG, 2010). Considera-se ótima uma diferença de altura de 100% entre as construções (NG, 2005); ou seja, para um limite de altura máximo de 30 metros (10 pavimentos), o mínimo apresentaria 15 metros (5 pavimentos).

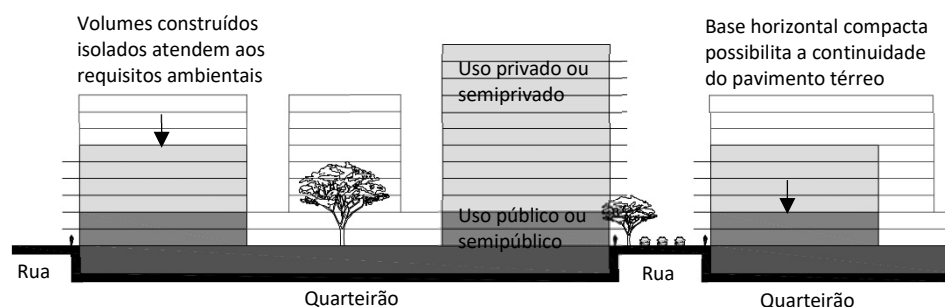
- **Perfil urbano resultante**

Haja vista os estudos desenvolvidos neste trabalho, pode-se concluir que o perfil urbano mais adequado para as condições subtropicais de Florianópolis está composto por edificações isoladas de planta baixa quadrada ou retangular, orientadas no sentido Norte-Sul ou inclinadas em até 30 graus em relação ao Norte, de alturas variadas e afastamentos laterais mínimos. Um agrupamento de edificações com essa tipologia permite a permeabilidade do vento no espaço urbano e o melhor acesso solar a todas as fachadas das edificações. Contudo, questões não contempladas neste trabalho e relacionadas ao tema, como o impacto da forma arquitetônico-urbana na microeconomia, na socialidade e no comportamento urbano (NETTO; KRAFTA, 2009), também precisam ser ponderadas.

Por exemplo, pesquisas sugerem que a tipologia isolada diminui a vitalidade dos espaços públicos, ao passo que a forma compacta e contínua fortalece as relações sociais (NETTO; SABOYA; et al., 2012; NETTO; VARGAS; et al., 2012). Nesses casos, é preciso conciliar objetivos diferentes com soluções opostas para um mesmo problema. Uma sugestão para Florianópolis está na associação integrada de uma base horizontal compacta, com vazios interiores para a ventilação e a iluminação natural (possivelmente destinada a usos públicos e semipúblicos) com os volumes prismáticos

isolados sobrepostos, de alturas limitadas e variadas (mais apropriados para as funções privadas ou semiprivadas). Essa configuração possibilita a continuidade do pavimento térreo, ao mesmo tempo em que atende aos requisitos ambientais (Figura 3-56).

Figura 3-56
Associação de base horizontal contínua e compacta com edificação isolada sobreposta.
Sem escala



Quanto ao perfil urbano proposto na **Figura 3-56**, é importante assegurar:

- Orientação dos prismas preferencialmente no eixo Norte-Sul.
- Integração da base horizontal com os volumes prismáticos isolados, mantendo o alinhamento entre os planos verticais da base e dos prismas.
- Ausência obrigatória de recuos frontais na base e nos prismas, de maneira a aproximar as edificações da rua e do espaço público.
- Recuos laterais mínimos entre os volumes prismáticos isolados, segundo os requisitos de insolação.
- Variedade nas alturas das edificações, com limites determinados pela trajetória solar e pelo posicionamento entre edifícios.
- Diversidade de atividades entre pavimentos, com destinação de usos públicos e semipúblicos para a base (como o comercial) e de usos privados e semiprivados para os prismas (como o residencial e serviços).
- Aplicação de vegetação no espaço público e de elementos construtivos de proteção e controle na base, como marquises e coberturas, que protegem o percurso do pedestre no térreo e amenizam a altura das edificações.

Diversos tópicos ainda precisam ser considerados na definição da forma arquitetônico-urbana, como as características do sítio físico, a extensão da cidade, as restrições econômicas, entre outros. Em suma, o tema acerca do desenho mais adequado é complexo e envolve distintas demandas a serem analisadas, devendo ser estudado caso a caso e discutido com todos os setores interessados da sociedade.

Perfil e orientação das vias

Insolação e iluminação natural nas vias

O estudo que segue supõe um traçado viário ortogonal hipotético em Florianópolis, com construções de mesma altura e que acompanham o alinhamento das vias, orientadas em duas direções: 1. Noroeste-Sudeste + Nordeste-Sudoeste, a 45 graus em direção ao Norte (**Figura 3-57**), e 2. Norte-Sul + Leste-Oeste (**Figura 3-58**).

Figura 3-57 (Esquerda)
Orientação das vias e acesso solar em Florianópolis: vias de sentido Noroeste-Sudeste e Nordeste-Sudoeste.

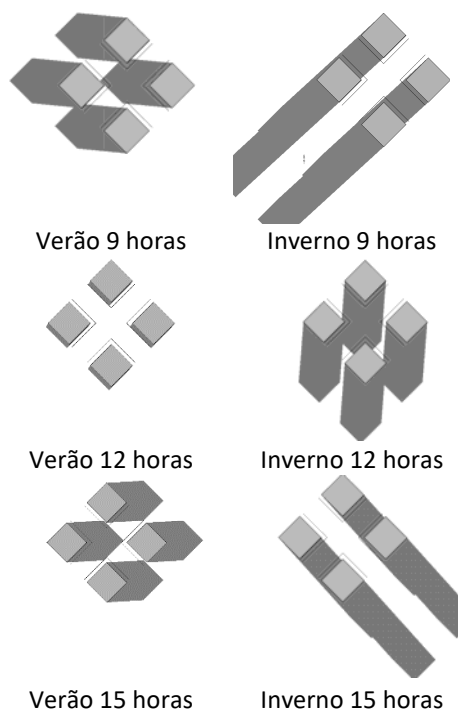
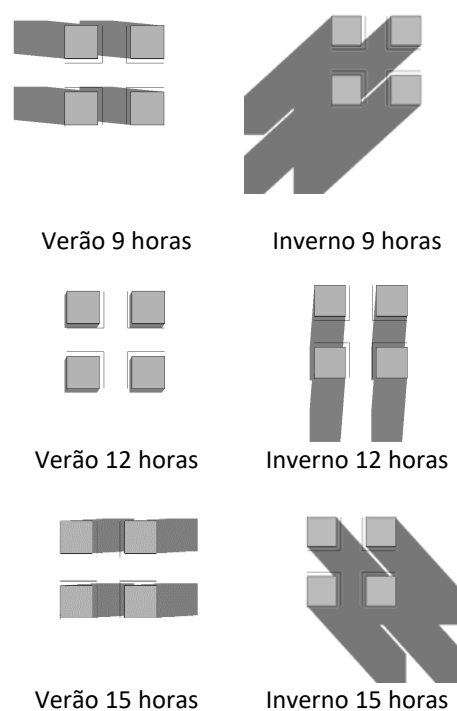


Figura 3-58 (Direita)
Orientação das vias e acesso solar em Florianópolis: vias de sentido Leste-Oeste e Norte-Sul.
Fonte: Elaborado pela autora, simulação no software Ecotect.



Sem escala

As edificações que conformam os logradouros definidos pelas direções NO-SE + NE-SO projetam maiores áreas de sombra nesses recintos urbanos durante o verão e, ao mesmo tempo, possibilitam em algum momento a insolação nos espaços exteriores durante o inverno, entre as 9 e às 15 horas. Por outro lado, nas configurações viárias de orientação Norte-Sul + Leste-Oeste, a sombra projetada pelas construções geralmente é maior no inverno e reduzida no verão. Nessa hipótese, logradouros de orientação Leste-Oeste seriam totalmente sombreados em um dia de inverno, resultando em ambientes frios e escuros e, em contrapartida, estariam quase todo o dia expostas ao sol no verão. Essas constatações pressupõem a necessidade de determinar os limites verticais dos edifícios que conformam os logradouros segundo a largura e a orientação das vias, de maneira a garantir o acesso solar aos ambientes exteriores e interiores. Para o caso de ruas com orientação Leste-Oeste, recomenda-se que as construções situadas no lado Norte tenham alturas restritas, evitando assim a obstrução dos edifícios dispostos ao Sul. De acordo com esse critério, em uma via de orientação Leste-Oeste de 16 metros de largura (W), por exemplo, o limite de altura das edificações posicionadas a Sul (H1) e a Norte (H2) é de dez e cinco pavimentos, respectivamente ($H_{med}/W= 1,5$) (**Tabela 3-9**).

Tabela 3-9 Limites verticais das construções em Florianópolis, para vias de orientação Leste-Oeste.

Orientação da via	Largura da via (W)	Limite de altura da edificação a Sul (H1)	Limite de altura da edificação a Norte (H2)	Perfil da via (Hmed/W)	Fator de visão do céu (FVC)
Leste-Oeste	12 m	24 m / 8 pav.	12 m / 4 pav.	1,5	0,35
	16 m	30 m / 10 pav.	15 m / 5 pav.		
	20 m	36 m / 12 pav.	18 m / 6 pav.		
	24 m	42 m / 14 pav.	21 m / 7 pav.		

Já na hipótese de logradouros orientados no sentido Norte-Sul, as edificações de ambos os lados da rua podem apresentar os mesmos limites de altura (H1 e H2), equivalente a oito pavimentos para o caso de uma via de 16 metros ($H_{med}/W= 1,5$) (Tabela 3-10). As análises neste trabalho comprovam que os limites de verticalização definidos para as construções de vias orientadas no sentido Norte-Sul podem ser aplicados também aos logradouros de direção Noroeste-Sudeste e Nordeste-Sudoeste.

Tabela 3-10 Limites verticais das construções em Florianópolis, para vias de orientação Norte-Sul, Noroeste-Sudeste e Nordeste-Sudoeste.

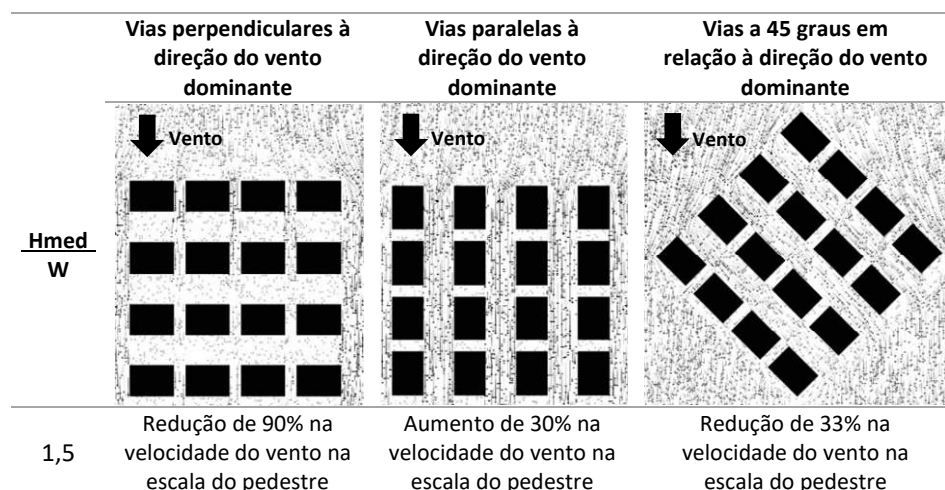
Orientação da via	Largura da via (W)	Limite de altura das edificações (H1 e H2)	Perfil da via (H_{med}/W)	Fator de visão do céu (FVC)
Norte-Sul/	12 m	18 m / 6 pav.	1,5	0,35
Noroeste-Sudeste/	16 m	24 m / 8 pav.		
Nordeste-Sudoeste	20 m	30 m / 10 pav.		
	24 m	36 m / 12 pav.		

A relação $H_{med}/W= 1,5$ estabelece, portanto, o limite máximo de altura das edificações que conformam os logradouros de Florianópolis, quanto ao desempenho solar e luminoso. Considerando a orientação e a largura média das vias que configuram atualmente o centro histórico, recomenda-se restringir as novas construções que delineiam as vias em até seis pavimentos.

Ventilação natural nas vias

As vias são o principal meio de circulação do ar no meio urbano. Nos contextos de alta densidade construída, é praticamente inviável o projeto de vias suficientemente largas, capazes de conduzir o fluxo de ar da cobertura das edificações ao nível do solo. Para que os ventos alcancem o plano térreo, é preciso que a razão H_{med}/W seja inferior a 0,7 (OKE, 1987); ou seja, que as vias tenham larguras superiores à altura dos edifícios que as conformam. Uma solução está em orientar, na medida do possível, o traçado viário principal no sentido do fluxo dominante do vento, de maneira a maximizar a ventilação natural. A Figura 3-59 simula o aumento ou a redução da velocidade do vento Norte na escala do pedestre, segundo a orientação de um conjunto de edificações em vias hipotéticas ($H_{med}/W= 1,5$):

Figura 3-59
Aumento ou redução da velocidade do vento em vias padrão na escala do pedestre (a 1,5 metros do solo).
Fonte: Elaborado pela autora, com resultados do software Envi-met.



Para evitar a obstrução do vento pelas edificações e promover a ventilação natural, recomenda-se sempre que possível limitar os desvios da orientação das vias principais em até 30 graus em relação ao vento dominante.

Muitas questões interferem na decisão do traçado viário, e resultaria simplista considerá-lo somente com base nos critérios ambientais. O desenho das vias precisa ponderar outros aspectos, como a topografia, os fluxos de transporte, a presença de corpos de água e de áreas verdes.

Aberturas e vedações transparentes

A janela consiste em um artefato essencial na arquitetura: sua composição estabelece efeitos na relação entre o interior e o exterior das edificações, na contemplação da paisagem, nas transformações da luz natural, nas cores e na modelagem dos ambientes interiores. A geometria e as dimensões ideais de uma janela dependem da função do espaço, do tamanho e das proporções dos ambientes interiores, da orientação solar e do tipo de céu local e da influência do entorno imediato. Quanto maior ou mais profundo é o recinto, maior precisa ser a porcentagem de área envidraçada de fachada para cumprir um mesmo nível de iluminação interior, por exemplo. A orientação solar também é determinante – estima-se que um ambiente posicionado na fachada Sul de uma edificação em Florianópolis pode ter uma área média envidraçada 30% superior à área de janela ideal caso estivesse localizado na fachada Norte, para obter o menor consumo energético com iluminação e condicionamento artificial (GHISI et al., 2005).

A tecnologia atual de alguns tipos de vidro permite reduzir a transmissão da radiação solar e da luz intensa. Ainda assim, o vidro nem sempre constitui um recurso adequado perante os agentes térmicos do clima local, e sua aplicação pode contribuir para o aumento do consumo de energia elétrica proveniente do condicionamento artificial. Janelas de amplas dimensões certamente aumentam os índices de iluminação natural interior, mas também podem resultar no maior ganho ou perda de calor nas construções. Os grandes painéis de vidro apresentam muitas vezes superfícies maiores às indicadas para a melhor eficiência energética da edificação. Em condições de clima subtropical úmido, recomenda-se a utilização do vidro na proporção máxima de 40% da área total de fachada (MASCARÓ, 1991).

Salientamos, no entanto, que cada projeto de janela na arquitetura é exclusivo e deve ser avaliado dentro de seu contexto, além do que se estabelece nas normas técnicas e na legislação edilícia. A necessidade de associar a iluminação e a ventilação natural, o isolamento acústico e a captação de energia solar exige uma solução integrada e de alta tecnologia. O projeto da janela estimula a criatividade dos arquitetos, em busca do melhor desenho quanto à posição, tamanho, tipo de abertura e material construtivo.

Vegetação urbana

Os parques e os jardins públicos, os quintais privados e a arborização de logradouros são exemplos de vegetação que integram o meio urbano. A vegetação urbana oferece diversos benefícios para a qualidade ambiental, dentre os quais destacamos a harmonia estética e paisagística, a regulação climática por meio da sombra e da evapotranspiração, a permeabilização do solo, o controle da poluição atmosférica e sonora, o efeito psicológico e fisiológico e a valorização econômica e social do espaço urbano. Esses benefícios, no entanto, estão condicionados ao seu correto planejamento e manutenção. Para as condições de clima subtropical úmido, recomenda-se:

- É necessário o plantio de uma quantidade mínima de vegetação de cerca de 30% da área urbana total para que se obtenha efeito no microclima térmico da totalidade no nível do pedestre (NG et al., 2012).
- Para garantir aos pedestres o acesso simultâneo aos espaços verdes, é indicado manter a correlação superfície verde x distância: recomenda-se uma área verde de pelo menos 1.000 m² a toda distância de 200 metros, e de 5.000 m² a cada distância de 750 metros (RUEDA, 1999).
- Nos locais destinados aos pedestres e onde os raios solares incidem diretamente no solo, a arborização é mais eficaz no controle do microclima do que as superfícies com grama. Árvores com elevada densidade de área foliar diminuem em até 38% a temperatura de superfície do solo no verão, enquanto essa redução é de somente 12% para a grama densa.
- A arborização de logradouros deve ser determinada pela largura da via e da calçada, pela existência ou não de rede elétrica aérea, pela presença de equipamentos e mobiliário urbano e pelo tipo de tráfego da via. O plantio de árvores é indicado para as vias e passeios com largura mínima de 7 e de 1,9 metros, respectivamente.
- A tipologia vegetal perene oferece sombreamento nas quatro estações e deve ser utilizada com restrições nas regiões de clima subtropical úmido, sendo mais adequadas para os parques, jardins e vias de ampla largura. Árvores ou arbustos distribuídos nos logradouros geralmente reduzem a velocidade do vento no nível do solo e são recomendados para vias de ampla largura orientadas no sentido do fluxo.
- A tipologia vegetal caduca proporciona sombra no verão e sol no inverno, sendo apropriada para as condições de elevada amplitude térmica. Estudos sugerem que as árvores caducas apresentam obstruções na luz natural que variam entre 5% e 65%, segundo a espécie. Para a latitude de Florianópolis, são consideradas adequadas as árvores caducas que bloqueiam em até 20% a radiação solar (MASCARÓ, 2006).
- Os maciços vegetais heterogêneos associam árvores com diferentes copas e portes e são mais indicados nos locais de uso intenso de pedestres, já que proporcionam proteção do vento próximo ao solo. Maciços vegetais homogêneos enfatizam o potencial paisagístico da espécie arbórea no recinto urbano, pela reprodução de formas, cores e texturas.

Materiais construtivos

As qualidades óticas dos materiais construtivos influenciam na intensidade e distribuição luminosa dos ambientes exteriores e interiores. Os planos horizontais e verticais são constituídos de vários materiais que atuam como refletores múltiplos. Estudos em Florianópolis sobre a contribuição dos recintos urbanos na iluminação natural comprovam que o entorno contribui com uma média de 26% em relação à abóbada celeste nos níveis de iluminância interna produzidos pelas aberturas laterais (PEREIRA et al., 2008). A textura de uma superfície (se polida ou rugosa) e sua natureza (se transparente, translúcida ou opaca) definem a propagação da luz, por meio dos fenômenos de reflexão, refração e dispersão.

Superfícies opacas polidas das fachadas dos edifícios refletem a luz do sol e suas cores, que invadem recintos exteriores e ambientes interiores. A cor é um dos maiores recursos da arquitetura e também possui um papel importante na refletância da luz. Espaços urbanos que combinam materiais brilhantes e de cores claras podem causar ofuscamento indireto por reflexão. Superfícies rugosas com acabamento fosco ou misto dificultam a reflexão direta e reduzem o desconforto visual ocasionado pelo ofuscamento refletido. Cores escuras de baixo albedo aumentam a visibilidade, porém a contribuição desses recintos na iluminação natural dos espaços interiores acaba reduzida. Uma sugestão está no equilíbrio entre os materiais construtivos das fachadas dos edifícios e da pavimentação, com a mistura de cores claras e escuras e de superfícies com diferentes texturas e naturezas. Esse recurso impede o brilho em excesso e produz índices mais adequados de iluminação natural.

Pavimentos urbanos

Cerca de metade da área total do Centro de Florianópolis está constituída por pavimentos. Os pavimentos são estruturas assentadas diretamente no solo que, por sua vez, apresenta seu próprio conjunto de características térmicas. Materiais convencionais de pavimentação, como o asfalto, possuem refletâncias de 5 a 20%, o que significa que absorvem de 80 a 95% da energia solar. O asfalto pode atingir temperaturas de superfície superiores a 60 °C no pico de verão, transferindo esse calor para o subsolo. Algumas condições afetam as temperaturas de superfície dos pavimentos urbanos, como o desgaste promovido pelo tráfego diário de pedestres e automóveis e o sombreamento causado por pessoas, veículos, edificações e vegetação.

O albedo e a emissividade são as propriedades que mais determinam o quanto um pavimento convencional esfria ou esquenta (SANTAMOURIS, 2013). A **Tabela 3-11** evidencia as temperaturas de superfície máximas a que normalmente atingem os pavimentos tradicionais (asfalto, concreto e pedra) em Florianópolis, no horário das 15 horas do verão. A tabela informa os valores de albedo e de emissividade padrão e o quanto a temperatura de

superfície de cada pavimento aumenta ou reduz em relação ao solo arenoso. Os valores comprovam que um aumento de 0,2 no albedo do pavimento implica na redução de aproximadamente 10 °C na sua temperatura de superfície.

Tabela 3-11 Influência do albedo dos materiais de pavimentação na temperatura de superfície (°C) no verão de Florianópolis.

Pavimento	Albedo	Emissividade	Temperatura de superfície no verão (°C)	Aumento ou Redução
Solo arenoso	0,0	0,9	48,3	---
Asfalto	0,2	0,9	65,0	+35%
Concreto	0,4	0,9	56,0	+18%
Granito brilhante	0,8	0,9	45,5	-5%

Fonte: Elaborado pela autora, com resultados do software Envi-met.

Tecnologias recentes têm possibilitado a fabricação de materiais de pavimentação que armazenam menos calor e resultam em temperaturas de superfície inferiores aos produtos comuns. Os chamados “pavimentos frios” são constituídos de materiais altamente refletivos e emissivos, que permanecem em torno dos 30 °C (U.S., 2008). Até pouco tempo atrás, o termo referia-se sobretudo aos pavimentos refletivos que reduziam as temperaturas de superfície e a quantidade de calor absorvido pela pavimentação. O desenvolvimento de pavimentos permeáveis que permitem a passagem de ar, água e vapor de água nos vazios e mantêm o material frio e úmido incluiu os pavimentos permeáveis na definição de pavimentos frios. Uma das tipologias mais conhecidas são os blocos de concreto perfurados, por onde cresce a grama. As superfícies revestidas com blocos de grama absorvem e irradiam menos calor para as paredes dos edifícios e calçadas adjacentes, e são geralmente utilizadas em estacionamentos de automóveis.

Elementos construtivos de proteção e controle

Nos espaços exteriores, onde ocorrem as funções de estar, passear ou transitar, os elementos construtivos na base das edificações apresentam funções diversas: sombreamento, proteção das chuvas e anteparos para os fluxos de vento nas calçadas. Recuos no pavimento térreo, coberturas, marquises ou toldos podem ser utilizados para evitar a insolação direta e solucionar possíveis perturbações da ventilação natural no nível do solo. Em geral, os passeios e acessos protegidos por esses componentes oferecem baixas velocidades do vento e protegem o percurso do pedestre.

3.5

Considerações finais

O espaço urbano cumpre a sua função quando se apresenta convidativo para seus habitantes. Ruas e recintos públicos abertos devem oferecer adequados atributos ambientais, principalmente nos bairros com elevada concentração humana, de maneira a atrair e manter seus usuários. Uma cidade sem espaços exteriores confortáveis apresenta redução em sua eficácia espacial, uma vez que desencoraja a participação de atividades ao ar livre. A edificação, por sua vez, deve ser adequadamente adaptada às condições exteriores. A ausência da relação do interior com o exterior pode gerar o aumento do consumo de energia elétrica, devido ao uso constante do espaço fechado e condicionado artificialmente.

Desde o século XX, o Centro de Florianópolis tem passado por diversas modificações que desconideram os condicionantes ambientais locais: expansão vertical, alteração no uso e na ocupação do solo, substituição de edifícios, desmembramento e remembramento de lotes. Os habitantes, aos poucos, foram destituídos da presença da Mata Atlântica e dos ecossistemas naturais; e o aterro sobre o mar afastou a paisagem marítima para ampliar a rede viária e o fluxo de automóveis. O planejamento urbano mal concebido, regido pelas leis permissivas e muitas vezes implantado por uma administração pública displicente, aliado à especulação imobiliária e ao lucro da propriedade, produziu novas formas arquitetônicas em desarmonia com o espaço exterior e com a escala humana.

Muitos dos edifícios modernos que atualmente ocupam o espaço das antigas casas coloniais apresentam uma padronização, independentemente de onde estejam situados. Esse padrão caracteriza-se por tecnologias avançadas nas estruturas e nos materiais construtivos, pelas sofisticadas fachadas em pele de vidro, no qual os projetos arquitetônicos e urbanos desconideram por vezes as condições ambientais locais. Ao contrário da construção vernácula, a arquitetura contemporânea dispõe com facilidade de uma oferta maciça de tecnologias energéticas que possibilitam a adaptação da edificação às necessidades de conforto do homem. O controle artificial do clima nos edifícios resultou em estéticas arquitetônicas singulares, independentes do tempo atmosférico em que se inserem. A arquitetura converteu-se em uma sucessão de experiências acondicionadas, com ambientes interiores totalmente separados do espaço exterior. O esforço para tornar a cidade autônoma dos fatores ambientais incentivou a concepção de lugares inóspitos, subordinados aos aparelhos de aquecimento e refrigeração que proporcionam conforto ao interior das edificações.

A dependência do homem em relação aos sistemas artificiais de condicionamento da arquitetura manifesta-se sempre mais evidente, como um reflexo da cultura e dos valores da sociedade atual. As condições de

conforto da moradia estão definidas pela ciência: a arquitetura já não é mais concebida como uma intervenção ponderada no meio ambiente natural; pelo contrário, a construção contemporânea precisa estar ajustada aos aparatos tecnológicos, que se transformaram na regra, e não na exceção. Até mesmo os hábitos e os estilos de vida acompanharam essas inovações, e o residente urbano passou a considerar o ambiente exterior como um local inadequado, ruidoso, contaminado pela poluição do ar, sujeito às ações do calor no verão e do vento no inverno. O projeto urbano e arquitetônico atual visa o isolamento como uma fuga do convívio diário com o desconforto ambiental, com uma conseqüente ruptura das relações sociais - os recintos interiores são em geral desprovidos de áreas exteriores, o lugar do privado é impreterivelmente separado do público. Mediante essas alterações espaciais, o usuário da cidade recebe um ambiente menos saudável e humanitário, mais controlado e despersonalizado, e que pode gerar inclusive implicações de cunho psicológico.

Esse processo de transformação tecnológica, cultural e social está presente e visível no Centro de Florianópolis, onde a produção do espaço urbano contemporâneo interrompe o conhecimento empírico construtivo da cidade tradicional, ainda que persistam no bairro atributos da antiga Vila de Desterro. Não obstante a degradação social e arquitetônica, o espaço público da área central ainda representa um espaço vital preservado nas ruas, nas praças, nas esquinas e nos pontos de encontro, que permite a constante transição entre o público e o privado e possibilita as relações sociais. Entretanto, a desertificação do centro histórico nos finais de semana constitui um reflexo do movimento migratório de transferência da residência para regiões periféricas de menor densidade construída e mais integradas com o meio ambiente natural, que correspondem com as expectativas de qualidade de vida dos moradores. A insatisfação evidente dos habitantes de Florianópolis com o bairro como local de moradia demonstra a necessidade de revisão da forma arquitetônico-urbana mais adequada e, por conseguinte, dos seus instrumentos regulatórios.

Conclusões

“A cada instante existe mais do que a vista alcança, mais do que o ouvido pode ouvir, uma composição ou um cenário à espera de ser analisado. Nada se conhece em si próprio, mas em relação ao seu meio ambiente, à cadeia precedente de acontecimentos, à recordação de experiências passadas” (LYNCH, 1980, p.11).

Esta pesquisa teve como escopo a análise em microescala da relação entre a arquitetura e o ambiente em que se insere, a partir de um recorte espacial em Florianópolis - SC. Haja vista os estudos desenvolvidos e os resultados obtidos, consideramos que esse objetivo foi alcançado. Para além de seu desígnio inicial, o presente trabalho possibilitou: 1. Estimular a discussão, o interesse e a ciência acerca do assunto tratado; 2. Indicar a necessidade de inclusão dos estudos ambientais no planejamento e nas propostas de desenho arquitetônico e urbano; 3. Assinalar para a premência de novas investigações sobre o tema. Como o trabalho se propunha ainda a funcionar como um guia para outros estudos desenvolvidos nessa temática, segundo os métodos e as etapas de pesquisa, as conclusões aqui explicitadas foram organizadas a partir dos seguintes tópicos: relação entre a arquitetura e o ambiente e legislação urbana e edílicia; métodos e etapas do trabalho; limitações da pesquisa e recomendações para futuros trabalhos.

Relação entre a arquitetura, ambiente e legislação urbana e edílicia

- As análises deste trabalho comprovam que a massa construída altera o clima local de Florianópolis. Todavia, verifica-se que é possível o adensamento construtivo urbano com adequação e qualidade ambiental, desde que consideradas as especificidades do sítio de implantação. Sugere-se não somente limitar a máxima densidade construída por meio dos instrumentos regulatórios de ocupação do solo, mas também determinar os limites mínimos de adensamento.
- Os estudos desenvolvidos sobre a forma arquitetônico-urbana mais adequada para as condições ambientais consideradas nesta tese indicam uma tipologia densa híbrida que associa edifícios isolados de alturas variadas com uma base contínua compacta e com a mistura de usos entre pavimentos. Salienta-se, contudo, que toda situação é específica e, portanto, deve ser analisada caso a caso.
- O projeto de vias deve avaliar conjuntamente todos os parâmetros que determinam o seu desenho: relação entre a altura das edificações e a largura da via (H_{med}/W), fator de visão do céu médio (FVCmed), orientação e presença de vegetação, além das características da paisagem natural e dos requisitos de fluxo.
- Não foram verificadas relações diretas entre os parâmetros da forma arquitetônico-urbana avaliados isoladamente e os fatores ambientais,

devido à complexidade da estrutura urbana e aos diversos fatores que influenciam na ambiência resultante. Contudo, os parâmetros adotados nesta análise são condizentes com esse tipo de estudo, podem e devem ser utilizados em pesquisas semelhantes e como instrumento para a elaboração das legislações urbanas.

- A legislação urbana deve prever o sombreamento dos espaços públicos em 75% dos meses do ano em condições subtropicais úmidas. Para que se obtenha efeito no microclima térmico, o projeto urbano deve indicar uma quantidade mínima de vegetação equivalente a 30% da área urbana total, com possibilidade de acesso local aos espaços verdes.
- A especificação de áreas de lazer com e sem vegetação nas localidades de elevada amplitude térmica amplia a eficácia espacial, na medida em que estende a utilização do ambiente exterior no verão e no inverno.
- A legislação urbana e edilícia precisa determinar elementos construtivos de proteção e controle nos espaços públicos e na base das edificações em condições subtropicais úmidas, com função de sombreamento, proteção das chuvas e anteparos para os fluxos de vento nas calçadas.
- Ainda que existam legislações e estudos que sugerem critérios, métodos e procedimentos de análise do desempenho ambiental do espaço urbano e arquitetônico, essas normativas nem sempre se mostram de acordo com a preferência da população local, o que indica a necessidade de sua contínua revisão, sempre adaptada às demandas da sociedade.
- Recomenda-se explorar a diversidade e a variedade do ambiente urbano, desde a perspectiva do usuário, evitando modelos padronizados.
- O estudo da influência da forma arquitetônico-urbana no meio ambiente natural e artificial oferece subsídios para as intervenções na cidade e para a determinação da configuração mais adequada para cada situação.

Métodos e etapas do trabalho

- A avaliação ambiental do espaço arquitetônico-urbano baseada no bloco como unidade básica de estudo demonstra-se eficiente. É possível identificar uma ambiência particular para cada parte analisada neste trabalho, ainda que exista a influência do entorno imediato.
- O procedimento de medições sequenciais de fatores climáticos *in loco* mostra-se eficaz para a análise ambiental da forma arquitetônico-urbana em microescala, porém são necessários ajustes nos seus resultados finais em função da variabilidade térmica horária.
- A aplicação de questionários estruturados com os usuários do espaço analisado permite a análise quantitativa das preferências ambientais locais, sendo possível expandir esses resultados para a população total, dentro de um erro amostral tolerável. Para uma avaliação mais completa, recomenda-se também a elaboração de entrevistas qualitativas com atores selecionados, em particular aqueles que estejam ligados à elaboração das legislações urbanas, como os integrantes de institutos de planejamento, de universidades públicas e de órgãos do poder legislativo.

- A simulação computacional consiste em um método menos moroso e dispendioso para os estudos ambientais no âmbito arquitetônico e urbano do que as técnicas remotas, como as maquetes físicas. Contudo, deve-se considerar que os programas computacionais sempre apresentam um certo número de limitações. No modelo tridimensional Envi-met 3.1, por exemplo, não é possível ponderar as influências ambientais das áreas que estão além dos domínios do modelo, devido aos seus limites de operação; e inserir dados meteorológicos externos, além dos que são solicitados pelo programa. Portanto, faz-se necessário o levantamento em campo de informações que façam a validação das simulações computacionais, para sua total credibilidade. Desde que teve início este trabalho (2012), as ferramentas computacionais adotadas evoluíram no sentido de melhorar a precisão do modelo, permitindo a inserção de novos elementos.
- As simulações computacionais parametrizadas são indispensáveis para o planejamento de novas urbanizações e a obtenção de resultados que não seriam possíveis na avaliação exclusiva de um estudo de caso real.
- A análise ambiental a partir de diferentes instrumentos conjugados é mais integral e permite que um método complemente o outro, reduzindo as limitações dos resultados finais.
- Os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho podem ser estendidos a outros estudos de caso, levando-se em conta os condicionantes e limitações de cada situação.

Limitações da pesquisa e recomendações para futuros trabalhos

- Este trabalho analisa preliminarmente o desempenho ambiental de um conjunto de edificações existente e pré-determinado em microescala, em condições ambientais específicas. Diversos fatores relacionados com os efeitos da forma arquitetônico-urbana não foram considerados neste estudo, como os seus resultados sociais e econômicos, e precisam ser incorporados às análises ambientais.
- A avaliação de desempenho ambiental da forma arquitetônico-urbana em microescala deve estar integrada a um estudo mais amplo, englobando resultados desde a escala da edificação (ambientes interiores) à escala da cidade (relação interdistrito).
- Os modelos parametrizados desenvolvidos neste trabalho constituem apenas o ponto de partida para estudos futuros. Avaliações com cenários adicionais são necessários para a continuidade da investigação e para verificar as melhores proporções e arranjo dos volumes construídos em termos ambientais. Para condições ambientais semelhantes, recomenda-se a simulação computacional e a análise de modelos paramétricos baseados nos estudos preliminares desta pesquisa.

Referências bibliográficas

As referências bibliográficas aqui especificadas e que não foram citadas no texto principal do trabalho constam nos **Apêndices**.

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 5461. **Iluminação - Terminologia**. Rio de Janeiro, 1991.
- ABNT. NBR 10151. **Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimentos**. Rio de Janeiro: NBR 10151, 2000.
- ABNT. NBR 10152. **Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 1987.
- ABNT. NBR 15575-1. **Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho**. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT. NBR ISO 14001. **Sistemas da gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. NBR ISO 14031. **Gestão ambiental - Avaliação de desempenho ambiental**. Rio de Janeiro, 2004.
- ADOLPHE, L. A simplified model of urban morphology: Application to an analysis of the environmental performance of cities. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 28, n. 2, p. 183–200, 2001.
- AKBARI, H. **Energy saving potentials and air quality benefits of urban heat island mitigation**, 2005. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- AKBARI, H.; LEVINSON, R. Evolution of cool-roof standards in the US. **Advances in Building Energy Research**, v. 2, n. 1, p. 1–32, 2008.
- AKBARI, H.; POMERANTZ, M.; TAHA, H. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. **Solar Energy**, v. 70, n. 3, p. 295–310, 2001.
- ALFORD, G.; WHITEMAN, J. **Macro-urban form, transport energy use and greenhouse gas emissions: An investigation for Melbourne**. Transport Policy Analysis and Research Unit, Department of Transport, 2009.
- ALLEGRI, J.; DORER, V.; CARMELIET, J. Influence of the urban microclimate in street canyons on the energy demand for space cooling and heating of buildings. **Energy and Buildings**, v. 55, p. 823–832, dez. 2012.
- AMORIM, M. et al. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: Exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins**, 2009. Disponível em: <<http://confins.revues.org/6070>>. Acesso em: 6/1/2013.
- ANJOS, M. W. B.; GOIS, D. V.; CRUZ, R.; LIMA, L. P. Climatologia urbana e espaços verdes: Contributo ao planejamento das cidades. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 5, p. 233–245, 2012.
- ANZOLCH, R. Códigos da forma urbana. **Arqtexto**, v. 3, n. 4, p. 92–101, 2003.

- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). **Standard 55 – Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta: ASHRAE, 1992.
- ASSIS, E. S. Critérios de acessibilidade ao sol e à luz natural para conservação de energia em escala de planejamento urbano. In: IX ENTAC Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais...** . Foz do Iguaçu, PR, p.991–1000, 2002.
- BLOCKEN, B.; CARMELIET, J. Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples. **Journal of Building Physics**, v. 28, n. 2, p. 107–159, 2004.
- BOUBEKRI, M. **Daylighting, architecture and health: Building design strategies**. Oxford: Architectural Press, 2008.
- BOWLER, D. E.; BUYUNG-ALI, L.; KNIGHT, T. M.; PULLIN, A. S. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, v. 97, n. 3, p. 147–155, 2010.
- BOWLER, D., BUYUNG-ALI, L., KNIGHT, T. & PULLIN, A. . How effective is “greening” of urban areas in reducing human exposure to ground level ozone concentrations , UV exposure and the “urban heat island effect”? **Environmental Evidence**, 2010.
- BRASIL. Lei n. 6.938/1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Brasília, 1981.
- BREHENY, M. Centrists, decentrists and compromisers: Views on the future of urban form. In: Jenks et al (ed.) **The compact city: A sustainable urban form?** E&FN Spon, London, 1996.
- CAMAGNI, R.; GIBELLI, M. C.; RIGAMONTI, P. Urban mobility and urban form: The social and environmental costs of different patterns of urban expansion. **Ecological Economics**, v. 40, n. 2, p. 199–216, 2002.
- CELANI, G. ECAADe 2010 - Future cities. Uma viagem de pesquisa a Zurique. **Arquitetismo Vitruvius 045.01**. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitetismo/04.045/3657>>. Acesso em: 10/6/2011.
- CHAPPELLS, H.; SHOVE, E. Debating the future of comfort: Environmental sustainability, energy consumption and the indoor environment. **Building Research and Information**, v. 33, n. 1, p. 32–40, 2005.
- CHEN, L.; NG, E. Quantitative urban climate mapping based on a geographical database: A simulation approach using Hong Kong as a case study. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 13, n. 4, p. 586–594, 2011.
- CHEN, L.; NG, E.; AN, X.; 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, 2012.

- CHENG, V. Understanding density and high density. p.3-17, 2010. In: Ng, E. (org.) **Designing high-density cities for social and environmental sustainability**. Earthscan, 2010.
- CHENG, V.; STEEMERS, K.; MONTAVON, M.; COMPAGNON, R. Urban form, density and solar potential. In: PLEA 2006 The 23th Conference on Passive and Low Energy Architecture. **Anais...** . 2006.
- CHOAY, F. **O urbanismo**: Utopias e realidades, uma antologia. 2a. reimpr. 6.ed. São Paulo; Perspectiva, 2010.
- CMF (Câmara Municipal de Florianópolis). Lei Complementar n.060/2000. **Institui o Código de Obras e Edificações de Florianópolis**. Florianópolis: CMF, 2000.
- CMF. Lei Complementar n. 1440/1976. **Altera o Plano Urbano da Cidade e Dá Outras Providências**. Florianópolis: CMF, 1976.
- CMF. Lei Complementar n. 1851/1982. **Dispõe sobre o Zoneamento, o Uso e a Ocupação do Solo em Setor Urbano da Área Insular de Florianópolis**. Florianópolis: CMF, 1982.
- COMPAGNON, R. Solar and daylight availability in the urban fabric. **Energy and Buildings**, v. 36, n. 4, p. 321-328, 2004.
- CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução CONAMA 001/86, art. 1º**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1986.
- CRAWFORD, J.H. **Carfree cities**. Utrecht: International Books, 2002.
- DECKER, K. DE. **The solar envelope: How to heat and cool cities without fossil fuels**. Disponível em: <<http://www.lowtechmagazine.com>>. Acesso em: 11/1/2013.
- DETRAN/SC (Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina). **Portal eletrônico**. Disponível em: <<http://www.detran.sc.gov.br>>. Acesso em: 30/10/2015.
- DUARTE, D. H. S. Variáveis urbanísticas e microclimas urbanos - modelo empírico e proposta de um indicador. **Fórum Patrimônio**, v. 3, n. 2, p. 1-22, 2010.
- DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. . Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: Correlações e proposta de um indicador. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 2, p. 7-20, 2003.
- ENVI-MET. **Portal eletrônico**. Disponível em:<<http://www.envi-met.com>>. Acesso em: 10/10/2012.
- FABRIZI, R.; BONAFONI, S.; BIONDI, R. Satellite and ground-based sensors for the urban heat island analysis in the city of Rome. **Remote Sensing**, v. 2, n. 5, p. 1400-1415, 2010.
- FANGER, P. O. **Thermal Comfort Analysis and Application in Environment Engineering**. New York: McGraw Hill Book Company, 1970.
- FAUSTINI, F. B.; FONTES, M. S. G. Conforto térmico em espaços públicos de passagem: Estudos no calçadão da Batista de Carvalho em Bauru-SP, Brasil. In: PLURIS Planejamento Urbano Regional Integrado e Sustentável. **Anais...** . 2010.

- FCC (Fundação Catarinense de Cultura). **Patrimônio Cultural do Estado de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.fcc.sc.gov.br>>. Acesso em: 5/9/2014.
- FIORILLO, C.A.P. **Curso de direito ambiental brasileiro**. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.
- FRANCO, F. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; ROSSETI, A. C.; NOGUEIRA, J. S. Microclima e morfologia urbana: Um estudo em cidade de clima tropical continental. In: PLURIS Planejamento Urbano Regional Integrado e Sustentável. **Anais...** . 2010.
- GAGGE, A.; STOLWIJK, J.; AND NISHI, Y. **An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response**. ASHRAE Trans., v. 77(1), p. 247–262, 1971.
- GAIGNÉ, C.; RIOU, S.; THISSE, J.-F. Are compact cities environmentally friendly? **Journal of Urban Economics**, v. 72, n. 2-3, p. 123–136, 2012.
- 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, 2009.
- GÁL, T.; RZEPA, M.; GROMEK, B.; UNGER, J. Comparison between sky view factor values computed by two different methods in an urban environment. **Acta Climatologica et Chorologica**, v. 40-41, p. 17–26, 2007.
- GHISI, E.; TINKER, J. A.; IBRAHIM, S. H. Área de janela e dimensões de ambientes para iluminação natural e eficiência energética: Literatura versus simulação computacional. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 4, p. 81–93, 2005.
- GIRIDHARAN, R.; LAU, S. S. Y.; GANESAN, S.; GIVONI, B. Lowering the outdoor temperature in high-rise high-density residential developments of coastal Hong Kong: The vegetation influence. **Building and Environment**, v. 43, n. 10, p. 1583–1595, 2008.
- GIRIDHARAN, R.; LAU, S. S. Y.; GANESAN, S.; GIVONI, B. Urban design factors influencing heat island intensity in high-rise density environments of Hong Kong. **Building and Environment**, v. 42, p. 3669–3684, 2007.
- GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: John Wiley and sons, 1998.
- GIVONI, B. **Man, climate and architecture**. 2. ed. London: Applied Science, 1976.
- GOLANY, G. S. Urban design morphology and thermal performance. **Atmospheric Environment**, v. 30, n. 3, p. 455-465, 1996.
- GORDON, P.; RICHARDSON, H. W. Are Compact Cities a Desirable Planning Goal? **Journal of the American Planning Association**, v. 63, n. 1, p. 95–106, 1997.
- GORSEVSKI, V.; TAHA, H.; SAILOR, D. Environmental benefits of heat island mitigation measures modeling method. In: American Council for an Energy-Efficient Economy. **Anais...** . v. 9, p.129–136, 2000.

- GRAZZIOTIN, P. C.; TURKIENICZ, B.; SCLOVSKY, L. Cityzoom – a tool for the visualization of the impact of urban regulations. In: 8th Iberoamerican Congress of Digital Graphics. **Anais...** . p.216–220, 2004.
- HALL, P. **Cidades do amanhã**: Uma história intelectual do planejamento e do projeto urbanos no século XX. 2a. reimpr. da 1.ed. de 1995. São Paulo: Perspectiva, 2005.
- HOLL, S. **Cuestiones de percepción**: Fenomenología de la arquitectura. Barcelona: Gustavo Gili, 2011.
- HOPKINSON, R.G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.
- HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, v.43, p. 71-75, 1999.
- HOUGH, M. **Naturaleza y ciudad**: Planificación urbana y procesos ecológicos. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
- HOWARD, E. **Cidades-jardins de amanhã**. 2. ed. São Paulo: Annablume: Hucitec, 2002.
- HUBNER, C.E.; SANTO, M.A.D.; OLIVEIRA, F.H. Diagnóstico da ocupação de encostas do Maciço Central do Morro da Cruz - Florianópolis - SC. **Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais**, 1, Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 379-391.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas). **Censo 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em:<www.ibge.gov.br>. Acesso em: 8/4/2012.
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). **Portal eletrônico**. Brasília: INMET, 2012. Disponível em:<www.inmet.gov.br> Acesso em: 8/4/2012.
- IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional). **Lista dos bens culturais inscritos nos livros do Tombo (1938-2012)**. Rio de Janeiro: IPHAN, 2012.
- IPIUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis). Lei Complementar n. 001/1997. **Plano Diretor do Distrito Sede**. Florianópolis: IPIUF, 1997.
- IPIUF. Lei Complementar n. 482/2014. **Plano Diretor de Urbanismo do Município de Florianópolis**. Florianópolis: IPIUF, 2014.
- ISO (International Organization for Standardization). ISO 7726. **Ergonomics of the thermal environment**: Instruments of measuring physical quantities. Genève: ISO 7726, 1998.
- ISO. ISO 10551. **Ergonomics of the Thermal Environment**: Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Genève: ISO 10551, 1995.
- ISO. ISO 7730. **Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PDD indices and specification of the conditions for thermal comfort**. Genève: ISO 7730, 1994.
- JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

- KANTERS, J.; HORVAT, M. Solar energy as a design parameter in urban planning. *Energy Procedia*, v. 30, p. 1143–1152, 2012.
- KNOWLES, R. L. The solar envelope: Its meaning for urban growth and form. *Energy and Buildings*, v. 35, p. 15–25, 2003.
- KOLOKOTRONI, M.; GIRIDHARAN, R. Urban heat island intensity in London: An investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer. *Solar Energy*, v. 82, n. 11, p. 986–998, 2008.
- KRAYENHOFF, S.; STEWART, I.; OKE, T. R. Estimating thermal responsiveness of local-scale climate “zones” with a numerical modeling approach. In: 8th Symposium on the Urban Environment. *Anais...*2009.
- KRÜGER, E. L. Impacto do adensamento e da orientação solar de cânions urbanos na demanda por condicionamento térmico de edificações sob condições de clima desértico. *Ambiente Construído*, v. 8, n. 1, p. 65–87, 2008.
- LABAKI, L. C.; FONTES, M. S. G. C.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; DACANAL, C. Conforto térmico em espaços públicos de passagem: Estudos em ruas de pedestres no estado de São Paulo. *Ambiente Construído*, v. 12, n. 1, p. 167–183, 2012.
- LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F. S.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. A. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. *Fórum Patrimônio*, v. 4, n. 1, p. 18, 2011.
- LAMAS, J.M.R.G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1992.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 2. ed. rev. São Paulo: Pro-Livros, 2004.
- LAWSON, T.V.; PENWARDEN, A.D. The effects of wind on people in the vicinity of buildings. In: 4th International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures. *Anais...* Heathrow: Cambridge University Press, p. 605-622, 1975.
- LEDER, S. M. **Ocupação urbana e luz natural**: Proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural. 2007. 241 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.
- LEDER, S. M.; PEREIRA, F. O. R. Ocupação urbana e disponibilidade de luz natural. *Minerva*, v. 5, n. 2, p. 129–138, 2008.
- LEDER, S. M.; PEREIRA, F. O. R.; CLARO, A. Janela de céu preferível: Proposição de um parâmetro para controle da disponibilidade de luz natural no meio urbano. *Ambiente Construído*, v. 8, n. 1, p. 89–104, 2008. Porto Alegre.
- LEITE, R. C. V.; FROTA, A. B. City, wind, energy: The limits for applying natural ventilation for energy conservation towards the urban densification in hot humid climate. *Mecánica Computacional*, v. XXX, p. 2707–2717, 2011.

- LEVINSON, R.; BERDAHL, P.; AKBARI, H. Solar spectral optical properties of pigments—Part I: Model for deriving scattering and absorption coefficients from transmittance and reflectance measurements. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 89, n. 4, p. 319–349, 2005a.
- LEVINSON, R.; BERDAHL, P.; AKBARI, H. Solar spectral optical properties of pigments—Part II: Survey of common colorants. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 89, n. 4, p. 351–389, 2005b.
- LEVINSON, R.; BERDAHL, P.; AKBARI, H.; et al. Methods of creating solar-reflective nonwhite surfaces and their application to residential roofing materials. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 91, n. 4, p. 304–314, 2007.
- LYNCH, K. **A imagem da cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1980.
- MASCARÓ, J.J. ; MASCARÓ, L. E. A. R. Densidades, ambiência e infraestrutura urbana. *Arquitextos*, São Paulo, 02.017, Vitruvius, 2001 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/02.017/842>>.
- MASCARÓ, J.L. **O custo das decisões arquitetônicas**. 5. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2010.
- MASCARÓ, L. E. A. R. **Desenho da cidade e iluminação natural**. Revista de Urbanismo e Arquitetura, v. 7, n. 1, p. 38–43, 2006.
- MASCARO, L.E.A.R. **Energia na edificação: Estratégia para minimizar seu consumo**. 2. ed. São Paulo: Projeto, 1991.
- MASCARÓ, L.E.A.R.; MASCARÓ, J.J. **Ambiência urbana**. 3. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2009.
- MASCARÓ, L.E.A.R.; MASCARÓ, J.L. **Vegetação urbana**. 3. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2010.
- MENDONÇA, M. **A dinâmica têmporo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis-SC**. São Paulo, 2002. 343 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Programa de Pós-graduação em Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2002.
- MIANA, A.C. **Adensamento e forma urbana: Inserção de parâmetros ambientais no processo de projeto**. 2010. 394 p. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2010.
- MINELLA, F. C.; RASIA, F. B. C.; KRÜGER, E. L. Impactos microclimáticos do desenho urbano: Estudos realizados em Curitiba. **RA'E GA O espaço geográfico em análise**, v. 21, p. 298–336, 2011.
- MINELLA, F. C.; ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L. Análise do efeito diurno do fator de visão do céu no microclima e nos níveis de conforto térmico em ruas de pedestres em Curitiba. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 1, p. 123–143, 2011.
- MINELLA, F. C.; 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...** v. 1, p.208–217, 2009.

- MONTEIRO, C. A. F. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um "Clima Urbano". **Geosul**, Revista do Departamento de Geociências, Florianópolis, SC: UFSC, v.5, n.9, p.80-114, 1990a.
- 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. 61-79,1990b.
- MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano do Brasil. **Geosul**, Revista do Departamento de Geociências, Florianópolis, SC: UFSC, v.5, n.9, p.7-19, 1990c.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181 p. (Série Teses e Monografias, 25).
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. The impact of vegetation on outdoor thermal comfort in urban spaces. In: The seventh International Conference on Urban Climate. **Anais...** . Yokohama, Japan, 2009.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. The impact of vegetation on outdoor thermal comfort in urban spaces. The seventh International Conference on Urban Climate. **Anais...** . p.1-4, 2009. Yokohama, Japan.
- MONTEIRO, L. M.; GONÇALVES, J. C. S.; ALUCCI, M. P. Outdoor thermal comfort assessment and the revitalization of a dilapidated neighbourhood, in Rio de Janeiro, Brazil. In: The seventh International Conference on Urban Climate. **Anais...** . Yokohama, Japan, 2009.
- MORENO-GARCIA, M. Intensity and form of the urban heat island in Barcelona. **International Journal of Climatology**, v. 14, p. 705-710, 1994.
- MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza** (Online), v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.
- NETTO, V. M.; KRAFTA, R. A forma urbana como problema de desempenho - O impacto de propriedades espaciais sobre o comportamento humano. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 11, n. 2, p. 157-180, 2009.
- NETTO, V. M.; SABOYA, R.T.; VARGAS, J.C.; FIGUEIREDO, L.; FREITAS, C. The convergence of patterns in the city: (Isolating) the effects of architectural morphology. In: Eight International Space Syntax Symposium. **Anais...** . 2012.
- NETTO, V. M.; VARGAS, J. C.; SABOYA, R. T. (Buscando) Os efeitos sociais da morfologia arquitetônica. **URBE Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 4, n. 446, p. 261, 2012.
- NEWMAN, P. W. G.; KENWORTHY, J. R. The land use-transport connection: An overview. **Land Use Policy**, v. 13, n. 1, p. 1-22, 1996.
- NG, E. A study of the relationship between daylight performance and height difference of buildings in high density cities using computational simulation. In: International Building Performance Simulation. **Anais...** . p.847-852, 2005.

- NG, E. Designing for urban ventilation. In: NG, E. (org.). **Designing high-density cities for social and environmental sustainability**. p.119–136, 2010. Earthscan.
- NG, E. Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities – air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong. **Building and Environment**, v. 44, n. 7, p. 1478–1488, 2009.
- NG, E.; CHEN, L.; WANG, Y.; YUAN, C. A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. **Building and Environment**, v. 47, p. 256–271, 2012.
- NOGUEIRA, M. C. J. A.; XAVIER, A. L.; NOGUEIRA, J. S.; et al. Estudo da influência de diversos tipos de morfologia urbana no microclima do campus da Universidade Federal do Mato Grosso. **UNICIÊNCIAS**, v. 10, p. 69–94, 2006.
- NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: Um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília. 2. ed. Curitiba: O Autor, 2008. 150 p.
- OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2. ed. London: Routledge, 1987.
- 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.
- OKE, T. R. Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites. In: 27th Nato/Ccms International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application. **Anais...** v. 1, p.25–29, 2004.
- OLGYAY, V. **Arquitetura y clima**. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gilli, 1998.
- PAIVA, E.; RIBEIRO, D. e GRAEFF, E. **Florianópolis**: Plano Diretor. Porto Alegre: Imprensa Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, 1952.
- PANERAI, P.; DEPAULE, J-C.; DEMORGON, M. **Analyse urbaine**. Parenthèses: Marseille, 1999.
- PELUSO JUNIOR, V. A. **Aspectos geográficos de Santa Catarina**. Florianópolis, SC: UFSC: UFSC, 1991.
- PEREIRA, F. O. R. Envelope solar: um exercício teórico ou uma proposição viável. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Gramado, RS, p.499–504, 1995.
- PEREIRA, R. C.; PEREIRA, F. O. R.; CLARO, A. Caracterização da contribuição do entorno na avaliação da iluminação natural em edificações. **Ambiente construído**, v. 8, n. 4, p. 103–115, 2008.
- PHILLIPS, D. **Daylighting**: Natural light in architecture. Oxford: Architectural Press, 2004.
- PICKUP, J.; DE DEAR, R. An outdoor thermal comfort index (OUT_SET) – Part I – the model and its assumptions. In: DE DEAR, R. et al. (eds.) **Biometeorology and urban climatology at the turn of the millennium**. Sydney: World Meteorological Organization, p. 279–283, 2000.

- PIRÂMIDES. **Sol da manhã ou sol da tarde?** Aprenda a escolher a melhor orientação para o seu apartamento e saiba como a incidência solar interfere no preço do imóvel. Em: <<http://www.piramides.com.br>>. Acesso em: 31/7/2015.
- PMF (Prefeitura Municipal de Florianópolis). Lei n. 246/1955. **Plano Diretor de Florianópolis**. Florianópolis, 1955.
- PMF. **Geoprocessamento corporativo**. Disponível em: <<http://geo.pmf.sc.gov.br/>>. Acesso em: 1/10/2012.
- PRATA, A. R. **Impacto da altura de edifícios nas condições de ventilação natural do meio urbano**. 2005. 271 p. Tese (Doutorado em Estrutura Ambientais Urbanas) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2005.
- PRATA, A. R.; FROTA, A. B.; CELANI, G. Modelos físicos na análise de ventilação urbana: o uso do túnel de vento. **Fórum Patrimônio**, v. 3, n. 2, p. 1-11, 2010.
- PRATS, J. M. C.; VICENTE-SERRANO, S. M.; SÁNCHEZ, M. A. SAZ. Los efectos de la urbanización en el clima de Zaragoza (España): La isla de calor y sus factores condicionantes. **Boletín de la A.G.E.**, n. 40, p. 311-327, 2005.
- RATTI, C.; MORELLO, E. SunScapes : Extending the “solar envelopes” concept through “iso-solar surfaces” SunScapes : Extending the “solar envelopes” concept through “ iso-solar surfaces”. In: PLEA 2005 The 22nd Conference on Passive and Low Energy Architecture. **Anais...** . 2005.
- REIS, A. F. **Ilha de Santa Catarina**: Permanências e transformações. Florianópolis: Editora da UFSC, 2012.
- RIBEIRO, C.; FÍDELIS, C.; CARVALHO, H. Fator de visão do céu e ilhas de calor: Geoprocessamento aplicado ao conforto urbano. III Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. **Anais...** . 2008.
- RINNER, C.; HUSSAIN, M. Toronto’s urban heat island—exploring the relationship between land use and surface temperature. **Remote Sensing**, v. 3, n. 6, p. 1251-1265, 2011.
- RIVERO, R. **Arquitetura e clima**: Acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores, 1986.
- ROMERO, M. A. B. Correlação entre o microclima urbano e a configuração do espaço residencial de Brasília. **Fórum Patrimônio**, v. 4, n. 1, p. 16, 2011.
- RUEDA, S. **Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles**. Barcelona: Fundació Fòrum Ambiental, 1999.
- SANTAMOURIS, M. Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island - A review of the actual developments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 224-240, 2013.
- SANTAMOURIS, M. Ventilation for comfort and cooling: The state of the art. In: SANTAMOURIS, M.; WOUTERS, P. (ed). **Building ventilation: The state of the art**. Earthscan: Londres, 2006.

- SARRICOLEA, P.; ALISTE, E.; CASTRO, P.; ESCOBEDO, C. Análisis de la máxima intensidad de la isla de calor urbana nocturna de la ciudad de Rancagua (Chile) y sus factores explicativos. **Revista de Climatología**, v. 8, p. 71-84, 2008.
- SCALCO, V. A. **Método para a avaliação dos impactos de edificações sobre a iluminação natural e insolação em vizinhanças urbanas**. 2010. 395 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- SCALCO, V. A.; PEREIRA, F. O. R.; RIGATTI, D. Impacto de novas edificações na vizinhança: Proposta de método para a análise das condições de iluminação natural e de insolação. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 2, p. 171-187, 2010.
- SCHMIDT, E.; NUCCI, J. C. Avaliação da qualidade ambiental urbana do bairro de Santa Felicidade, Curitiba / PR. **Geografia: Ensino e Pesquisa**, v. 14, n. 2, p. 51-61, 2010.
- SEPHAN (Serviço do Patrimônio Histórico, Artístico e Natural do Município). **Tabela de classificação dos imóveis integrantes dos conjuntos históricos tombados pelo Decreto Municipal 270/ 86**. Florianópolis: SEPHAN/ IPUF/ PMF, 1990.
- SEPHAN. **Acervo arquitetônico preservado de Florianópolis**. Florianópolis: IPUF/ PMF, 1993.
- SILVA, C. F.; ROMERO, M. A. B. Desempenho ambiental de vias públicas quanto ao conforto térmico urbano. Estudo de caso: Teresina, Piauí, Brasil. In: PLURIS Planejamento Urbano Regional Integrado e Sustentável. **Anais...** 2010.
- SILVA, G. J. A.; FRANCA, S. F.; ROMERO, M. A. B.; SILVA, C. F.; MACHADO, A. C. A construção de indicadores para avaliação da qualidade do espaço urbano do Distrito Federal do Brasil. In: PLURIS Planejamento Urbano Regional Integrado e Sustentável. **Anais...** 2010.
- SILVEIRA, A. L. R. C.; ROMERO, M. A. B. Indicadores de sustentabilidade urbana. In: XI ANPUR Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional. **Anais...** 2005.
- SOUZA, L. C. L.; TENTE, C. M.; GIUNTA, M. B.; NAKATA, C. M. Fator de visão do céu e intensidade de ilhas de calor na escala do pedestre. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, 2010.
- SOUZA, R. V. G.; PEREIRA, F. O. R. Primeira estação de medição de iluminação natural em território brasileiro: Análise dos dados dos dois primeiros anos de funcionamento. **Ambiente Construído**, v. 4, n. 3, p. 1-112, 2004.
- SPANGENBERG, J.; SHINZATO, P.; JOHANSSON, E.; DUARTE, D. Simulation of the influence of vegetation on microclimate and thermal comfort in the city of São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 3, n. 2, p. 1-19, 2008.
- SPIRN, A. W. **O jardim de granito: A natureza no desenho da cidade**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

- STATHOPOULOS, T. Introduction to environmental aerodynamics. In: BANIOPOULOS, C. et al. (ed.). **Environmental wind engineering and design of wind energy structures**. CISM Courses and Lectures, vol. 531. Udine: CISM, 2011.
- STEWART, I.; OKE, T. R. Newly developed “thermal climate zones” for defining and measuring urban heat island magnitude in the canopy layer. In: 8th Symposium on the Urban Environment. **Anais...**2009.
- STRØMANN-ANDERSEN, J.; SATTRUP, P. A. The urban canyon and building energy use: Urban density versus daylight and passive solar gains. **Energy and Buildings**, v. 43, p. 2011–2020, 2011.
- SVENSSON, M. K. Sky view factor analysis – implications for urban air temperature differences. **Meteorological Applications**, v. 11, n. 3, p. 201–211, 2004.
- TAHA, H. Mesoscale and meso-urban meteorological and photochemical modeling of heat island mitigation in California: Results and regulatory aspects. Second International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands. **Anais...** p.1–13, 2009. Berkeley, California.
- TAHA, H. Urban climates and heat islands: Albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. **Energy and Buildings**, v. 25, n. 2, p. 99–103, 1997.
- TAHA, H. Urban surface modification as a potential ozone air-quality improvement strategy in California: A mesoscale modelling study. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 127, n. 2, p. 219–239, 2008.
- TALEB, D.; ABU-HIJLEH, B. Urban heat islands: Potential effect of organic and structured urban configurations on temperature variations in Dubai, UAE. **Renewable Energy**, v. 50, p. 747–762, 2013.
- TRAVISI, C. M.; CAMAGNI, R.; NIJKAMP, P. Impacts of urban sprawl and commuting: A modelling study for Italy. **Journal of Transport Geography**, v. 18, n. 3, p. 382–392, 2010.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2008. **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2008.
- UGEDA JUNIOR, C. J.; AMORIM, M. C. C. T. Indicadores ambientais e planejamento urbano. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 31, n. 2, p. 5–35, 2009.
- UNGER, J. Connection between urban heat island and sky view factor approximated by a software tool on a 3D urban database. **International Journal of Environment and Pollution**, v. 36, p. 59–80, 2009.
- UPMANIS, H.; CHEN, D. Influence of geographical factors and meteorological variables on nocturnal urban-park temperature differences — a case study of summer 1995 in Göteborg, Sweden. **Climate Research**, v. 13, p. 125–139, 1999.
- UWYO. University of Wyoming. Department of Atmospheric Science. Em: <<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>. Acesso em: 15/1/2014.

- VAZ, N. P. **O centro histórico de Florianópolis: Espaço público do ritual.** Florianópolis, SC: Ed. da UFSC: Ed. da UFSC, 1991.
- VEIGA, E. V. **Florianópolis: Memória urbana.** 3. ed. Florianópolis: Fundação Franklin Cascaes, 2010.
- VOOGT, J. A. **Urban heat islands: Hotter cities.** Disponível em: <<http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>> Acesso em: 3/4/2012.
- YAHIA, M. W. **Microclimate and thermal comfort of urban spaces in hot dry Damascus: Influence of urban design and planning regulations.** 2012. 114 p. (Thesis). Housing Development & Management, Lund University, Sweden, 2012.
- YANG, F.; LAU, S. S. Y.; QIAN, F. Thermal comfort effects of urban design strategies in high-rise urban environments in a sub-tropical climate. **Architectural Science Review**, v. 54, n. 4, p. 285–304, 2011.
- YOSHIDA, H.; OMAE, M. An approach for analysis of urban morphology: Methods to derive morphological properties of city blocks by using an urban landscape model and their interpretations. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 29, n. 2, p. 223–247, 2005.
- YUAN, C.; CHEN, L. Mitigating urban heat island effects in high-density cities based on sky view factor and urban morphological understanding: A study of Hong Kong. **Architectural Science Review**, v. 54, n. 4, p. 305–315, 2011.
- YUAN, C.; NG, E. Building porosity for better urban ventilation in high-density cities – A computational parametric study. **Building and Environment**, v. 50, p. 176–189, 2012.
- YUAN, F.; BAUER, M. E. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, n. 3, p. 375–386, 2007.
- ZHANG, J.; HENG, C. K.; MALONE-LEE, L. C.; et al. Evaluating environmental implications of density: A comparative case study on the relationship between density, urban block typology and sky exposure. **Automation in Construction**, v. 22, p. 90–101, 2012.

Apêndices

A

Termos e definições

Albedo (α) - Relação entre a radiação solar refletida ou absorvida por uma superfície.

Altura média das edificações (H_{med}) - Expressa em metros (m), é o produto da altura de um edifício pela área construída no solo do edifício, dividido pela área de terreno utilizada para sua construção.

Área útil total construída (A_{tot}) - Expressa em metros quadrados (m^2), é o somatório das áreas úteis de todos os pavimentos de um edifício.

Ambiência - 1. Qualidade do que é ambiente; 2. O meio em que vive um animal ou vegetal; 3. Conjunto de condições morais que cercam uma pessoa e nela podem influir.

Ambiente - O meio em que vivemos ou em que estamos.

Arranjo - Ação ou efeito de arranjar; arrumação, disposição.

Aspecto ambiental - Elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente, causando ou podendo causar impactos ambientais, positivos ou negativos (ABNT ISO 14001, 2004; ISO 14031, 2004).

Barlavento - Lado de onde sopra o vento.

Capacidade térmica (C_v) - Medida em $J/(m^3 C)$, indica a quantidade de calor necessária para elevar em um grau a temperatura de 1 cm^3 do material.

Camada de cobertura urbana (UCL) - Representa a microescala e é equivalente à média dos elementos de rugosidade - principais edifícios e árvores.

Camada limite urbana (UBL) - Representa a mesoescala e a interação do conjunto da cidade com o ambiente, estando acima da altura das edificações.

Clima - Conjunto de condições atmosféricas que caracterizam uma região.

Coefficiente de aproveitamento (CA) - Relação entre o somatório das áreas úteis totais construídas de um edifício ou conjunto de edifícios e a área de terreno utilizada para construção.

Condutividade térmica (λ) - Medida em $W/(m C)$, indica a capacidade de condução de calor por unidade de tempo.

Conforto - 1. Ato ou efeito de confortar; 2. Bem-estar.

Crêterios de desempenho - Especifica es quantitativas dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis, a fim de que possam ser objetivamente determinados (ABNT NBR 15575-1, 2008).

Densidade - Medida numérica da concentra o de indivíduos ou de estruturas físicas dentro de uma dada unidade geográfica.

Densidade construída (D_c) - Rela o entre o somatório das áreas úteis totais construídas de um edifício ou conjunto de edifícios e a área total do terreno.

Desempenho ambiental - Resultados mensuráveis da gestão ambiental, relativos ao controle de seus aspectos ambientais, baseados na política ambiental, objetivos e metas ambientais (ABNT ISO 14001, 2004; ISO 14031, 2004).

Emissividade (ϵ) - Propriedade física de um material construtivo que indica a quantidade de energia térmica emitida por unidade de tempo.

Fator de compacidade (C_f) -   a rela o entre a área da envoltória exterior do edifício e o seu volume.

Fator de porosidade (P_o) -   a rela o entre a abertura útil do volume e o volume total do ambiente urbano.

Fator de rugosidade (R_g) - Expresso em metros (m), representa a altura média do dossel urbano.

Fator de sinuosidade (S_i) - Representa os espaços abertos contínuos perpendiculares ou em ângulo   dire o do fluxo dos ventos.

Fator de visão do céu (FVC) -   a razão entre a quantidade de céu visto a partir de um ponto dado sobre uma superfície horizontal.

Forma - Figura ou aspecto exterior dos corpos materiais.

Iluminância - Expressa em lux,   a razão entre o fluxo luminoso incidente em um elemento de superfície que cont m um ponto dado, para a área desse elemento (ABNT NBR 5461, 1991).

Impacto ambiental - Qualquer altera o das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I- a saúde, a segurança e o bem-estar da popula o; II- as atividades sociais e econ micas; III- a biota; IV- as condi es est ticas e sanitárias do meio ambiente; V- a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, Resolu o 001/86, art. 1 , 1986).

Insola o - A o de expor ao sol.

Intraurbano - (intra + urbano) 1. Intra: dentro de; 2. Urbano: relativo ou pertencente à cidade; 3. Que está no interior de um ambiente urbano.

Meio ambiente - 1. Conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (BRASIL, Lei n.6.938, 1981).

Meio ambiente natural - Ambiente composto pelos recursos naturais: água, solo, ar atmosférico, fauna e flora (BRASIL, Lei n.6.938, 1981).

Meio ambiente artificial - Ambiente compreendido pelo espaço urbano construído; consiste no conjunto de edificações (espaço urbano fechado) e equipamentos públicos (espaço urbano aberto) (FIORILLO, 2008).

Microclima - Estação climática própria de uma zona, que difere do clima característico da região circunstante por particulares influências locais.

Modelagem - Integração da forma física da arquitetura e o efeito que a luz desempenha sobre sua superfície (PHILLIPS, 2004).

Paisagem natural - Paisagem em que revelam e predominam as transformações realizadas pela natureza.

Recinto - Área compreendida dentro de certos limites.

Requisitos de desempenho - Condições que expressam quantitativamente os atributos que o espaço urbano e arquitetônico deve possuir, a fim de que possa satisfazer as exigências do usuário (ABNT NBR 15575-1, 2008).

Sotavento - Lado oposto ao lado do qual sopra o vento.

Subcamada de rugosidade (RSL) – Representa a escala local, onde ainda são perceptíveis alguns efeitos das características das superfícies individuais e dos obstáculos.

Transmitância térmica (U) - Medida em $W/(m^2C)$, indica as trocas de energia entre os meios exterior e interior.

Taxa de impermeabilização (TI) - Expressa em porcentagem (%), representa a relação percentual entre a área impermeável e área total do terreno.

Taxa de ocupação (TO) – Expressa em porcentagem (%), representa a relação percentual entre a área bruta de terreno utilizada para construção e sua área total.

Volume médio construído (Vmed) – Expresso em metros cúbicos (m^3), relação entre o somatório dos volumes construídos e o número total de edificações.

B

Literatura de apoio

A revisão de literatura possibilitou o conhecimento dos aspectos fundamentais e teóricos sobre os temas tratados, para sua posterior aplicação no estudo empírico. As referências teóricas adotadas fundamentam-se na importância do projeto arquitetônico e urbano como definidor e essência da forma do conjunto construído e do desempenho do seu resultado final. Dentre as literaturas estudadas, destacamos as seguintes referências, organizadas segundo sua abordagem:

Clima urbano: Monteiro (1976, 1990a, 1990b, 1990c), Oke (1987, 2004, 2006); Forma arquitetônico-urbana: Lamas (1992), Panerai (1999); Arquitetura e clima: Givoni (1969, 1998), Hough (1998), Olgyay (1998), Rivero (1986), Spirn (1995); Percepção ambiental da arquitetura: Holl (2011); Insolação e iluminação natural: Boubekri (2008), Hopkinson et al. (1975), Phillips (2004); Ventilação natural: Ng (2010), Santamouris (2006), Stathopoulos (2011); Térmico: U.S. (2008).

A pesquisa bibliográfica tratou ainda de identificar as metodologias cientificamente comprovadas para a análise da relação entre a forma arquitetônico-urbana e o ambiente, com o conhecimento dos instrumentos utilizados nesse tipo de estudo:

- **Medições *in loco* com o uso de estações meteorológicas fixas** (DUARTE; SERRA, 2003; SARRICOLEA et al., 2008; MINELLA et al., 2009; MONTEIRO et al., 2009; MONTEIRO; ALUCCI, 2009; DUARTE, 2010; SOUZA et al., 2010; FABRIZI et al., 2010) **e/ou móveis** (NOGUEIRA et al., 2006; SARRICOLEA et al., 2008; FRANCO et al., 2010; SOUZA et al., 2010; ROMERO, 2011; YUAN; CHEN, 2011; LABAKI et al., 2012; YAHIA, 2012);
- **aplicação de questionários de percepção e preferência ambiental com os usuários do espaço urbano** (MONTEIRO; ALUCCI, 2009; FAUSTINI; FONTES, 2010; LABAKI et al., 2012; YAHIA, 2012) e
- **simulações computacionais** (GORSEVSKI et al., 2000; PRATA, 2005; SPANGENBERG et al., 2008; KRÜGER, 2008; RIBEIRO et al., 2008; SILVA; ROMERO, 2010; PRATA et al., 2010; ROMERO, 2011; LEITE; FROTA, 2011; MINELLA; RASIA; et al., 2011; RINNER; HUSSAIN, 2011; STRØMANN-ANDERSEN; SATTRUP, 2011; YANG et al., 2011; YAHIA, 2012; NG et al., 2012; ALLEGRINI et al., 2012; TALEB; ABU-HIJLEH, 2013).

Considerando os métodos cientificamente comprovados e de acordo com a disponibilidade de tempo, pessoal, equipamentos e recursos, esses procedimentos foram adaptados ao presente trabalho, para a análise do estudo de caso proposto.

C

Registros climáticos em meio ambiente natural

C.1 Localização da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz

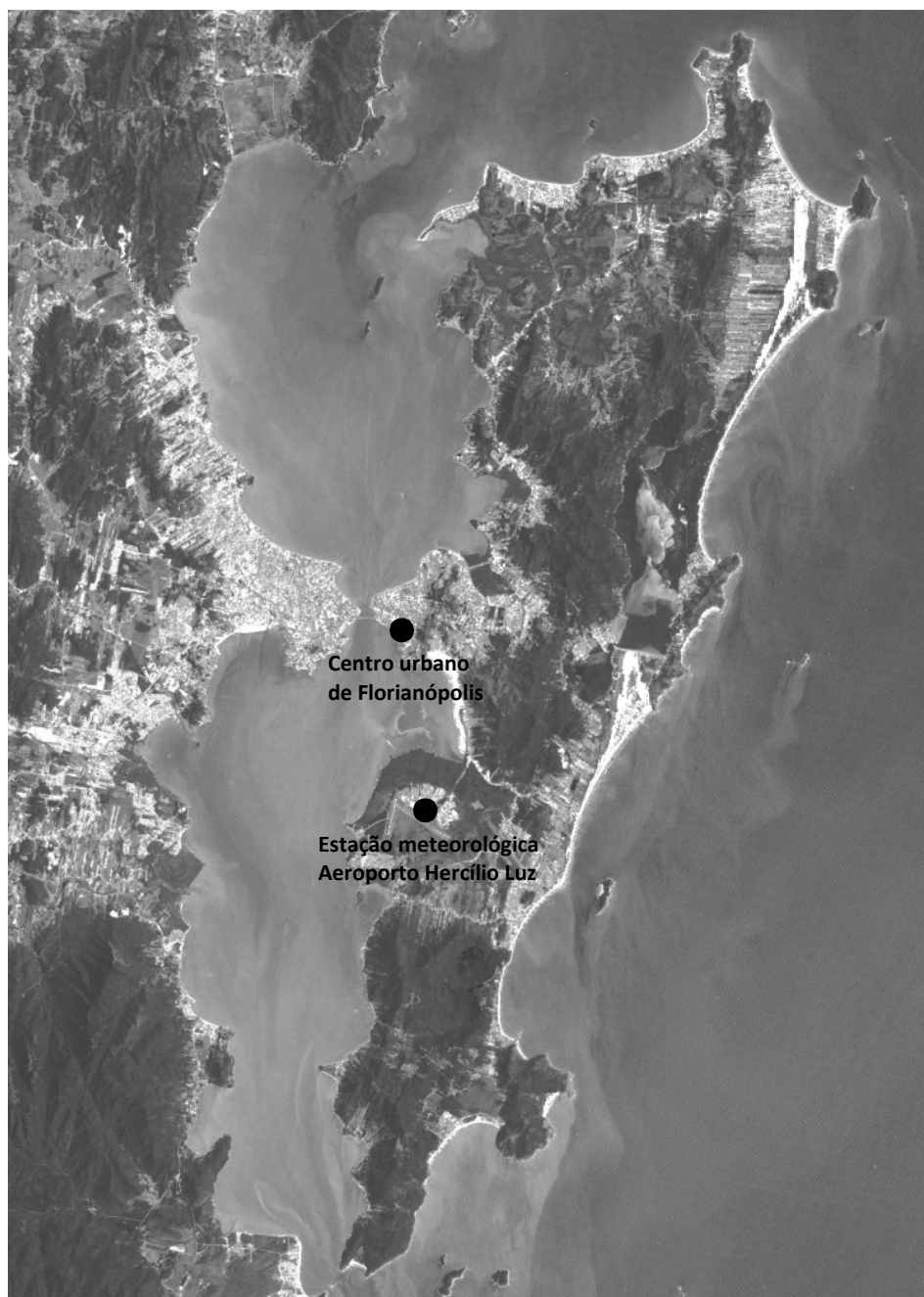


Figura C-1 Localização da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz.
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2012.

C.2 Registros da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz

No verão (17/2/2013)

Em meados do mês de fevereiro de 2013, a estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz registrou temperatura do ar média de 28°C, com máxima de 33°C (às 15 horas) e mínima de 24°C (às 6 horas); umidade relativa do ar média de 78%, com máxima de 94% e mínima de 52%; ventos predominantes de Norte-Noroeste com velocidades médias de 3 m/s e máximas de 9,7 m/s. Céu limpo pela manhã e parcialmente nublado pela tarde. As medições ao sol com o luxímetro marcaram 100.000 luxes às 09 e às 15 horas.

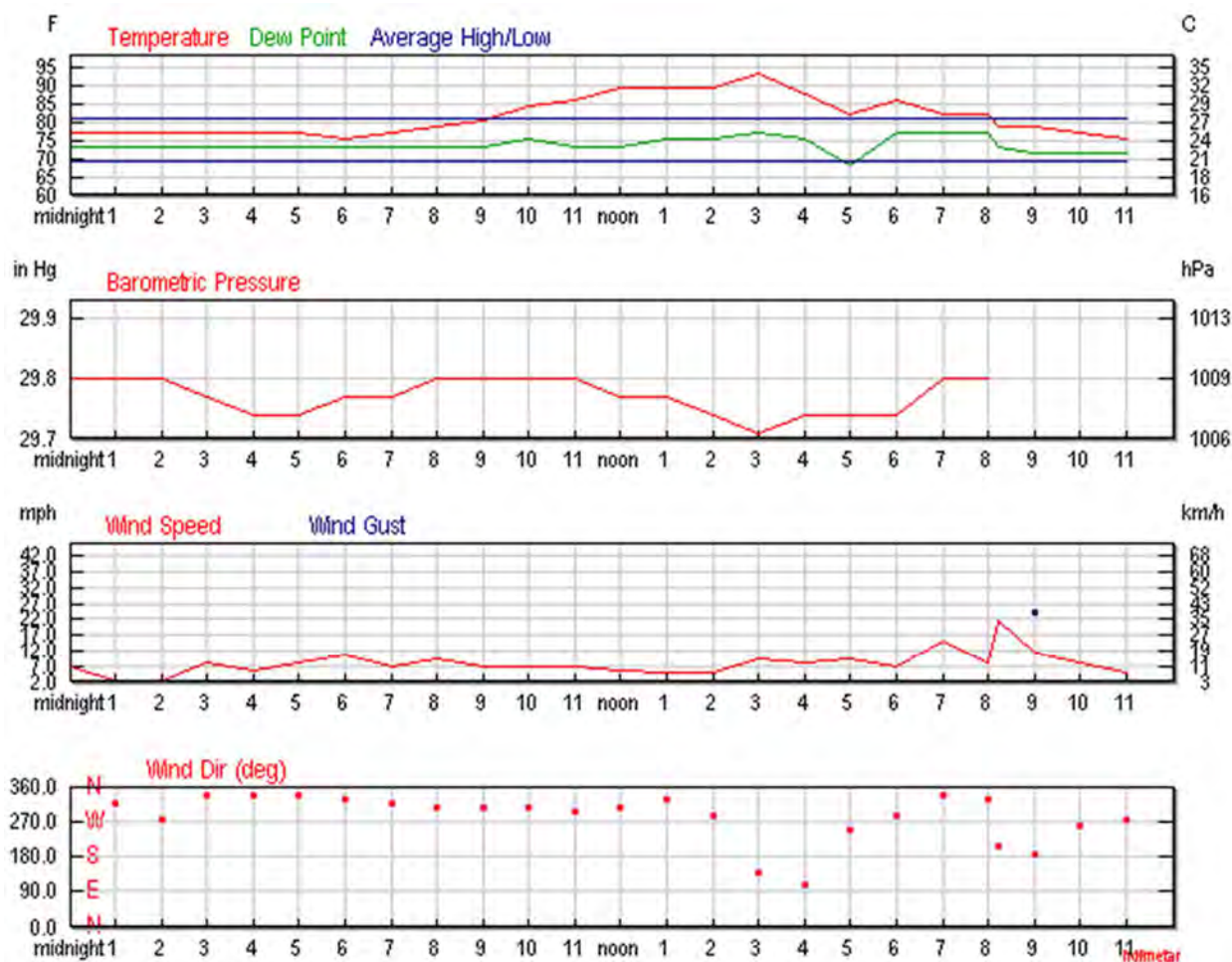


Figura C-2 Dados da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz em 17/2/2013.
Fonte: Estação SBFL. Disponível em: <http://www.wunderground.com/>.

No inverno (11/8/2013)

Em meados do mês de agosto de 2013, a estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz registrou temperatura do ar média de 15°C, com máxima de 18°C (às 12 e 13 horas) e mínima de 11°C (às 23 horas); umidade relativa do ar média de 71%, com máxima de 94% e mínima de 49%; ventos predominantes de Sul com velocidades médias de 4,1 m/s e máximas de 6,1 m/s. Céu parcialmente nublado pela manhã e pela tarde. As medições ao sol com o luxímetro marcaram valores aproximados de 50.000 luxes às 09 horas e às 15 horas.

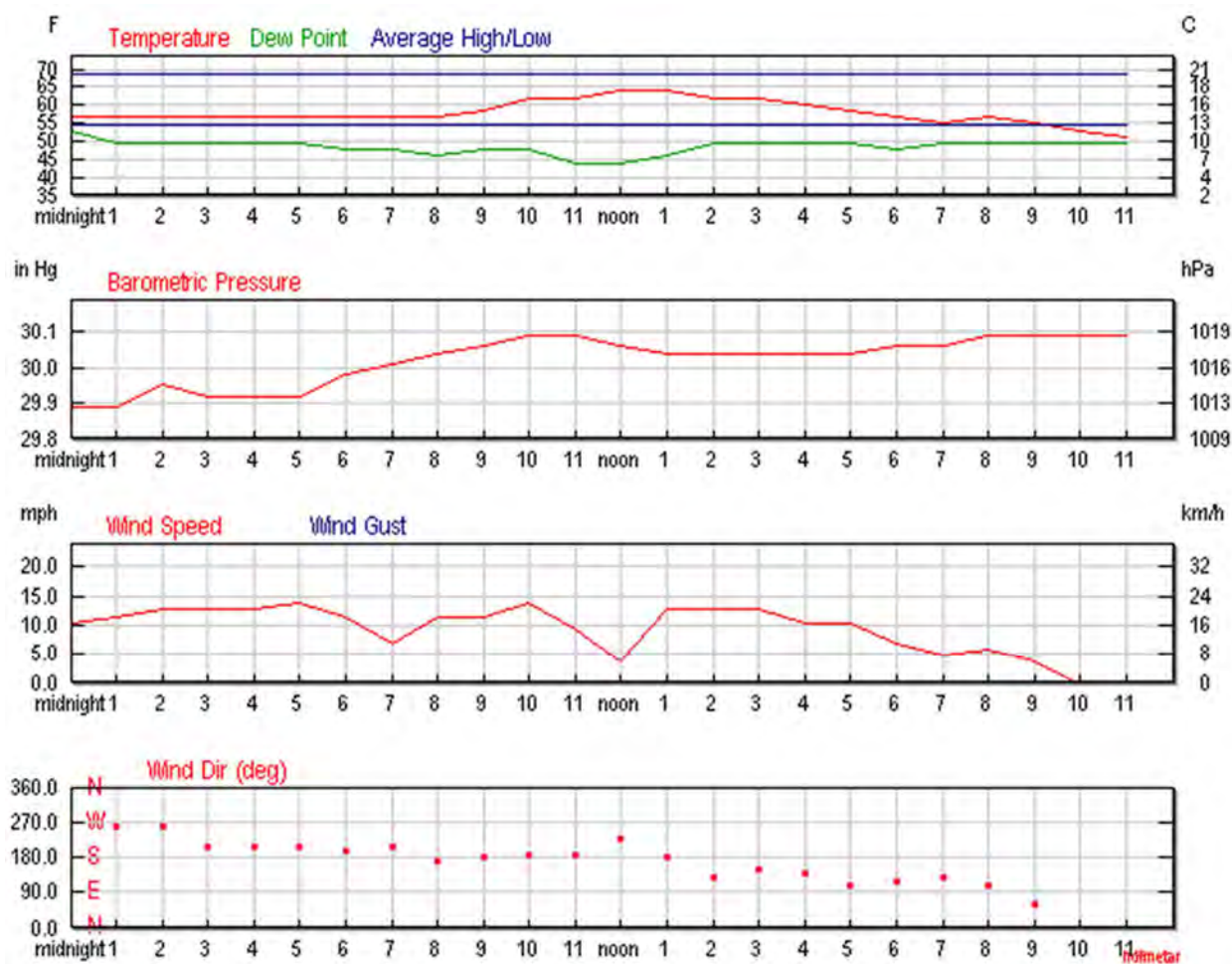


Figura C-3 Dados da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz em 11/8/2013.

Fonte: Estação SBFL. Disponível em: <http://www.wunderground.com/>.

Na meia-estação (17/11/2013)

Em meados do mês de novembro de 2013, a estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz registrou temperatura do ar média de 18°C, com máxima de 23°C (das 11 às 17 horas) e mínima de 14°C (às 5 e 6 horas); umidade relativa do ar média de 69%, com máxima de 94% e mínima de 47%; ventos predominantes de Leste com velocidades médias de 3 m/s e máximas de 9,7 m/s. Céu limpo pela manhã e com nuvens dispersas pela tarde. As medições ao sol com o luxímetro marcaram 100.000 luxes às 09 e às 15 horas.

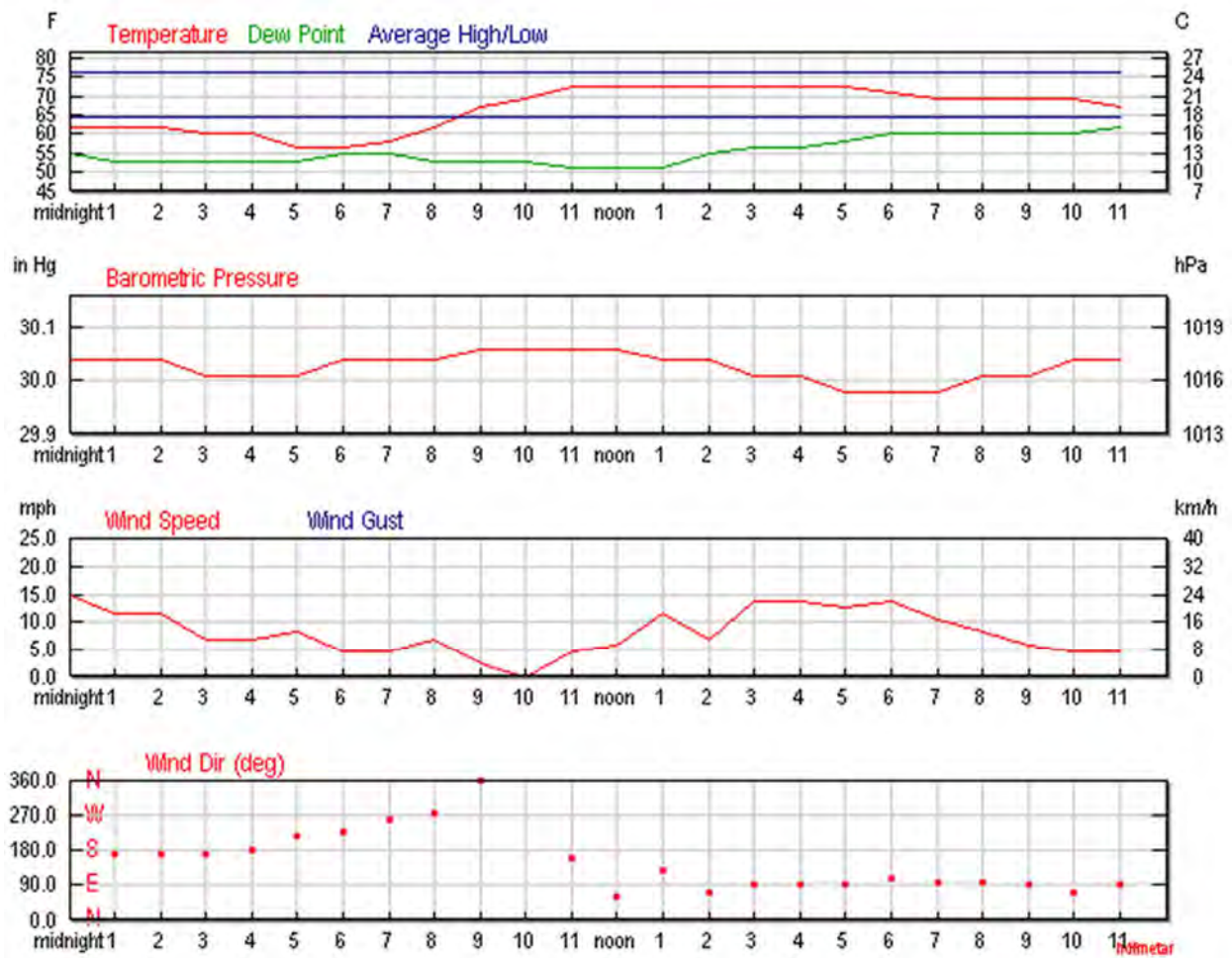


Figura C-4 Dados da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz em 17/11/2013. Fonte: Estação SBFL. Disponível em: <http://www.wunderground.com/>.

D

Medições *in loco*

Procedimentos

Foram realizadas medições sequenciais *in loco* de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e iluminância. O procedimento foi desenvolvido sob condições atmosféricas estáveis (baixa velocidade do vento e ausência de nebulosidade), à sombra e em pontos de interesse do recorte espacial estudado (**Figura D-1**). Para a coleta de dados, foi utilizada uma estação meteorológica portátil (modelo Kestrel 4.500 NV - especificações na **Tabela D-1**) e um luxímetro digital portátil (modelo LX1010BS - especificações na **Tabela D-2**), posicionados a 110 cm do solo, conforme orientações da norma ISO 7726: 1998. **Ainda que as medições *in loco* tenham sido realizadas segundo as normas técnicas específicas, sua precisão não consistiu no objetivo principal desta pesquisa, sendo esses dados utilizados principalmente para a calibração dos modelos computacionais.**

As medições foram executadas sequencialmente nos pontos de interesse, em horários diurnos pré-determinados - às 09 e às 15 horas, quando ocorrem as menores variações na temperatura do ar (MENDONÇA, 2002) - de dias representativos do verão (**Tabela D-4** e **Tabela D-5**), do inverno (**Tabela D-6** e **Tabela D-7**) e da meia-estação (primavera) (**Tabela D-8** e **Tabela D-9**) do ano de 2013. O método de medição foi adaptado de Monteiro (1990b), Prata (2005), Oke (2006), Amorim et al. (2009), Franco et al. (2010) e Minella et al. (2011). Para esse procedimento, é necessário que o último ponto seja medido dentro de uma hora desde a medição do primeiro ponto, em função da variabilidade da temperatura do ar. As medições obtidas *in loco* foram comparadas com os registros climáticos da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz (**Apêndice C**), considerada neste trabalho como representativa das condições ambientais em meio ambiente natural.

Além das medições sequenciais, foi realizada uma coleta de dados complementares de iluminância e de níveis de ruído nos pontos de interesse da pesquisa. A iluminância foi obtida às 12 horas de um dia de inverno com céu encoberto (com iluminância global de 50.000 lux), que é considerado o mais frequente em Florianópolis. O nível de ruído foi medido com um decibelímetro digital (modelo ITDEC-3000 - especificações na **Tabela D-3**) em dias da semana, quando existe maior atividade laboral.

Localização dos pontos das medições sequenciais *in loco*

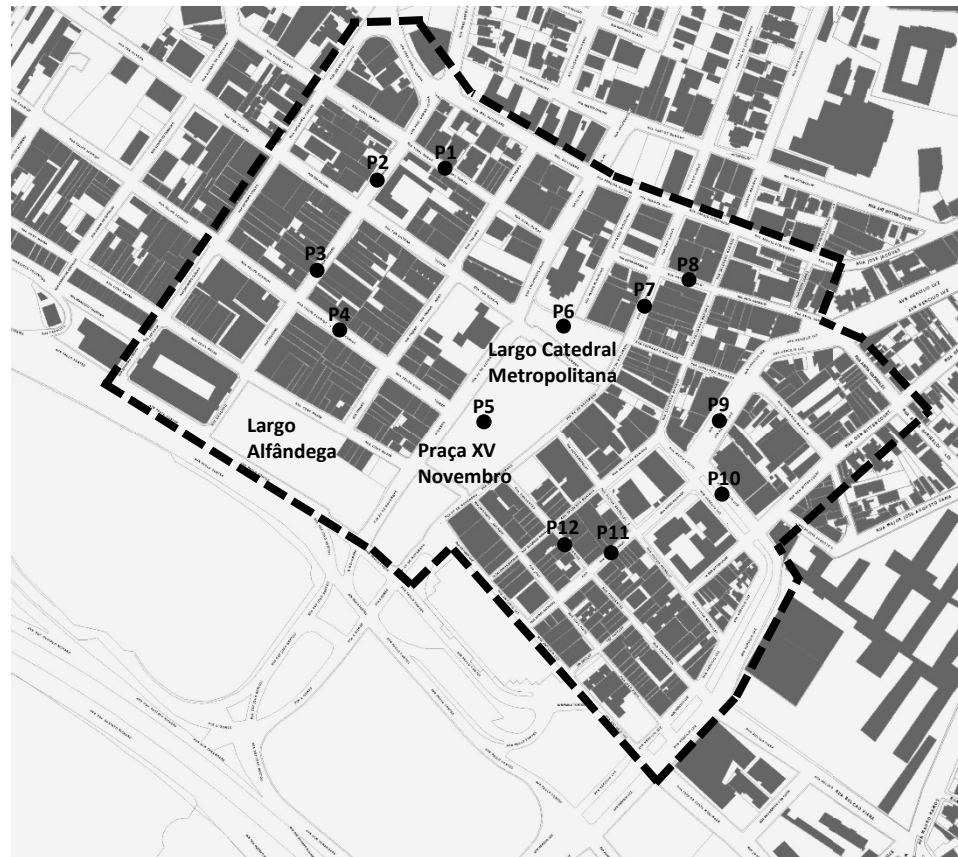


Figura D-1 Localização dos pontos das medições sequenciais *in loco*.
Fonte: Adaptado de PMF, Geoprocessamento corporativo, 2012.

Especificações dos aparelhos utilizados nas medições *in loco*

Tabela D-1 Especificações da estação meteorológica portátil Kestrel 4.500 NV.

Medição <i>Tempo de resposta</i>	Unidade	Faixa operacional	Resolução	Precisão (+ / -)
1 Velocidade do vento <i>1 segundo</i>	km/h	1 a 218 km/h	0,1	Máximo de 3% da leitura ou do menor dígito significativo
2 Direção do vento <i>1 segundo</i>	Graus (°)	360°	1	5°
3 Temperatura <i>1 segundo</i>	°C	-45 a 125°C	0,1	1 °C
4 Temperatura de bulbo úmido <i>1 minuto</i>	°C	-45 a 125°C, 0 a 100 %UR, 300 a 1.100 hPa	0,1	2 °C
5 Índice de estresse térmico <i>1 minuto</i>	°C	0 a 100 %UR, -45 a 125 °C	0,1	2 °C
6 Umidade relativa <i>1 minuto</i>	%RH	0 a 100%	0,1	3 %UR
7 Pressão atmosférica <i>1 segundo</i>	hPa	300 a 1.100 hPa	0,1	Típica 1.5 hPa Máxima 2.5 hPa
8 Altitude <i>1 segundo</i>	m	-700 a 9000 m	1	Típica 15 m Máxima 30 m

Tabela D-2 Especificações do luxímetro digital portátil LX1010BS.

Gama	Precisão	Resolução	Tempo de amostragem
1~100.000 lux	10.000 lux, +/- (4% rdg + 10 digit) > 10.000 lux, +/- (5% rdg + 10 digit)	1 lux	0,5 seg.

Tabela D-3 Especificações do decibelímetro digital ITDEC-3000.

Faixa	Frequência	Resolução	Taxa de amostragem	Tempo de resposta	Precisão	Condições de operação
40 a 130 dB (40~80dB, 50~90dB, 60~100dB, 80~120dB e 90~130dB)	31,5 Hz a 4 Khz	0,1 dB	0,5 seg.	FAST: 125 ms	±2 dB (para 94 dB, 1Kh)	-10 a 40 °C / 10 a 90 %UR

Dados obtidos nas medições sequenciais *in loco*

No verão (17/2/2013)

Tabela D-4 Dados das medições de velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar à sombra no verão.

Ponto de medição	Hora	Velocidade do vento	Temperatura do ar	Umidade relativa do ar	Hora	Velocidade do vento	Temperatura do ar	Umidade relativa do ar
	(manhã)	(m/s)	(°C)	(%)	(tarde)	(m/s)	(°C)	(%)
P1	09:00:00	0,9	26,2	82,6	15:00:00	0,7	32,6	63,7
P1	09:00:18	0,4	26,3	82,7	15:00:18	0,3	32,6	63,7
P1	09:00:20	0,5	26,3	82,7	15:00:20	0,3	32,7	63,8
P1	09:00:38	0,0	26,4	82,5	15:00:38	0,9	32,8	63,6
P1	09:00:40	0,0	26,4	82,5	15:00:40	0,7	32,8	63,6
P1	09:00:58	0,0	26,6	82,2	15:00:58	2,1	32,6	63,2
P1	09:01:00	0,0	26,7	82,1	15:01:00	2,3	32,5	63,2
P1	09:01:18	0,0	26,7	81,7	15:01:18	1,3	32,0	63,4
P1	09:01:20	0,0	26,7	81,7	15:01:20	1,2	32,1	63,5
P1	09:01:38	0,8	26,5	81,5	15:01:38	2,1	31,7	64,3
P1	09:01:40	0,9	26,4	81,5	15:01:40	2,0	31,6	64,4
P1	09:01:58	1,5	26,3	81,9	15:01:58	1,7	31,6	65,0
P1	09:02:00	1,6	26,3	81,9	15:02:00	1,7	31,7	65,1
P1	09:02:18	1,0	26,4	82,2	15:02:18	1,0	32,3	65,3
P1	09:02:20	0,9	26,4	82,2	15:02:20	0,8	32,4	65,2
P1	09:02:38	0,5	26,4	82,2	15:02:38	0,5	32,5	64,2
P1	09:02:40	0,4	26,4	82,3	15:02:40	0,5	32,5	64,1
P1	09:02:58	0,8	26,4	82,2	15:02:58	0,8	32,3	63,7
P1	09:03:00	0,7	26,4	82,1	15:03:00	0,8	32,3	63,7
P2	09:05:16	1,3	26,2	82,2	15:05:16	1,2	31,7	65,3
P2	09:05:18	1,2	26,3	82,3	15:05:18	1,1	31,7	65,3
P2	09:05:36	1,3	26,3	82,4	15:05:36	2,1	31,8	65,6
P2	09:05:38	1,5	26,3	82,3	15:05:38	2,2	31,8	65,6
P2	09:05:56	1,3	26,3	82,1	15:05:56	1,6	31,6	65,3
P2	09:05:58	1,2	26,3	82,1	15:05:58	1,7	31,6	65,3
P2	09:06:16	1,1	26,2	82,0	15:06:16	1,7	31,9	65,4
P2	09:06:18	1,0	26,2	82,0	15:06:18	1,7	32,0	65,4
P2	09:06:36	0,8	26,2	82,3	15:06:36	1,6	31,5	64,9
P2	09:06:38	0,7	26,2	82,3	15:06:38	1,4	31,5	64,9
P2	09:06:56	1,0	26,3	82,5	15:06:56	0,5	31,7	65,2
P2	09:06:58	0,9	26,3	82,5	15:06:58	1,0	31,7	65,2
P2	09:07:16	1,2	26,4	82,2	15:07:16	1,7	31,4	65,0
P2	09:07:18	1,1	26,4	82,2	15:07:18	1,5	31,4	65,0
P2	09:07:36	0,8	26,4	82,1	15:07:36	1,2	31,4	65,5
P2	09:07:38	0,7	26,4	82,0	15:07:38	1,5	31,4	65,6
P2	09:07:56	0,3	26,4	82,0	15:07:56	1,2	31,7	65,7
P2	09:07:58	0,5	26,4	82,0	15:07:58	0,8	31,6	65,7
P3	09:10:14	0,4	27,2	79,8	15:10:14	0,5	34,3	63,2
P3	09:10:16	0,7	27,2	79,8	15:10:16	0,6	34,3	63,2
P3	09:10:34	1,2	27,3	79,1	15:10:34	0,0	34,3	61,4
P3	09:10:36	1,9	27,0	79,0	15:10:36	0,3	34,3	61,2
P3	09:10:54	1,4	26,4	79,0	15:10:54	1,6	33,5	60,4
P3	09:10:56	1,6	26,4	79,2	15:10:56	1,7	33,2	60,4
P3	09:11:14	1,3	26,4	79,9	15:11:14	1,1	32,6	61,5
P3	09:11:16	1,3	26,4	79,9	15:11:16	1,0	32,7	61,6
P3	09:11:34	1,2	26,5	80,5	15:11:34	1,0	33,1	62,7
P3	09:11:36	1,2	26,5	80,6	15:11:36	1,0	33,0	62,7
P3	09:11:54	0,8	26,4	80,8	15:11:54	0,8	32,8	63,4
P3	09:11:56	0,7	26,4	80,8	15:11:56	0,6	32,8	63,5
P3	09:12:14	0,7	26,5	80,9	15:12:14	0,0	32,6	63,6

P3	09:12:16	0,7	26,5	80,9	15:12:16	0,4	32,6	63,6
P3	09:12:34	1,5	26,5	81,0	15:12:34	0,7	33,0	64,0
P3	09:12:36	1,6	26,6	81,0	15:12:36	0,8	33,0	64,0
P3	09:12:54	2,2	26,5	80,8	15:12:54	2,2	32,3	64,2
P3	09:12:56	2,1	26,5	80,7	15:12:56	2,1	32,1	64,2
P4	09:15:13	0,4	26,4	80,2	15:15:12	1,9	32,2	65,7
P4	09:15:15	0,4	26,5	80,2	15:15:14	2,2	32,1	65,7
P4	09:15:33	0,0	26,6	80,2	15:15:32	1,8	32,3	65,6
P4	09:15:35	0,0	26,6	80,2	15:15:34	1,9	32,3	65,6
P4	09:15:53	0,6	26,5	78,7	15:15:52	2,3	32,4	66,1
P4	09:15:55	0,7	26,5	78,6	15:15:54	2,4	32,4	66,1
P4	09:16:13	0,7	26,5	79,6	15:16:12	1,2	32,2	65,7
P4	09:16:15	0,7	26,5	79,7	15:16:14	1,4	32,1	65,7
P4	09:16:33	0,0	26,5	79,1	15:16:32	2,2	32,3	65,8
P4	09:16:35	0,0	26,5	79,1	15:16:34	2,8	32,3	66,0
P4	09:16:53	1,0	26,3	79,0	15:16:52	2,0	31,7	65,3
P4	09:16:55	1,0	26,3	79,1	15:16:54	2,2	31,6	65,3
P4	09:17:13	1,0	26,2	79,7	15:17:12	2,1	32,0	66,1
P4	09:17:15	0,8	26,2	79,7	15:17:14	1,8	32,0	66,1
P4	09:17:33	0,9	26,0	78,3	15:17:32	0,6	32,4	66,2
P4	09:17:35	0,8	26,1	78,3	15:17:34	0,6	32,4	66,2
P4	09:17:53	0,9	26,2	79,9	15:17:52	0,8	32,3	65,4
P4	09:17:55	0,7	26,2	79,9	15:17:54	0,8	32,3	65,3
P5	09:20:11	0,0	26,7	79,7	15:20:10	1,3	32,4	65,5
P5	09:20:13	0,0	26,7	79,6	15:20:12	0,8	32,4	65,7
P5	09:20:31	0,0	26,9	78,7	15:20:30	1,0	32,6	64,6
P5	09:20:33	0,0	26,9	78,7	15:20:32	1,0	32,6	64,5
P5	09:20:51	0,0	26,9	78,3	15:20:50	0,3	32,6	63,8
P5	09:20:53	0,0	26,9	78,3	15:20:52	0,0	32,6	63,8
P5	09:21:11	0,0	27,0	78,0	15:21:10	0,5	32,7	63,8
P5	09:21:13	0,0	27,0	78,0	15:21:12	0,5	32,8	64,0
P5	09:21:31	0,0	26,7	78,2	15:21:30	1,8	32,4	63,9
P5	09:21:33	0,0	26,8	78,3	15:21:32	2,0	32,3	63,9
P5	09:21:51	0,5	26,4	79,0	15:21:50	0,9	32,0	64,2
P5	09:21:53	0,6	26,4	79,1	15:21:52	0,8	32,0	64,3
P5	09:22:11	0,7	26,3	80,0	15:22:10	0,6	32,3	64,9
P5	09:22:13	0,6	26,3	80,2	15:22:12	0,8	32,3	64,9
P5	09:22:31	1,2	26,3	81,4	15:22:30	1,1	32,2	63,6
P5	09:22:33	1,1	26,3	81,2	15:22:32	1,0	32,2	63,5
P5	09:22:51	1,2	26,4	80,1	15:22:50	0,0	32,1	63,5
P5	09:22:53	1,2	26,5	80,0	15:22:52	0,4	32,1	63,5
P6	09:25:09	1,9	26,2	79,9	15:25:08	0,0	32,9	63,8
P6	09:25:11	1,9	26,2	79,9	15:25:10	0,0	32,9	63,7
P6	09:25:29	0,6	26,3	79,7	15:25:28	0,5	32,9	62,8
P6	09:25:31	0,4	26,3	79,6	15:25:30	0,6	32,8	62,6
P6	09:25:49	1,0	25,9	79,9	15:25:48	0,4	32,9	62,9
P6	09:25:51	1,0	25,8	80,0	15:25:50	0,4	32,9	62,9
P6	09:26:09	1,1	25,9	80,8	15:26:08	0,0	33,4	62,2
P6	09:26:11	1,2	25,9	80,9	15:26:10	0,5	33,5	62,0
P6	09:26:29	1,0	26,1	81,0	15:26:28	0,6	33,3	61,4
P6	09:26:31	1,2	26,1	81,0	15:26:30	0,5	33,3	61,2
P6	09:26:49	1,4	26,3	80,7	15:26:48	0,7	33,0	61,1
P6	09:26:51	1,2	26,3	80,6	15:26:50	0,9	32,9	61,1
P6	09:27:09	1,0	26,4	80,3	15:27:08	0,7	33,3	61,2
P6	09:27:11	0,8	26,4	80,2	15:27:10	0,6	33,3	61,2
P6	09:27:29	1,0	26,4	79,6	15:27:28	0,6	33,0	61,0
P6	09:27:31	1,1	26,4	79,6	15:27:30	0,5	33,0	61,2
P6	09:27:49	0,6	26,5	79,4	15:27:48	0,8	32,2	61,6
P6	09:27:51	0,6	26,5	79,4	15:27:50	0,8	32,2	61,8
P7	09:30:17	0,9	26,1	79,8	15:30:16	0,0	31,9	65,6
P7	09:30:19	0,9	26,1	79,9	15:30:18	0,0	32,0	65,5
P7	09:30:37	1,4	26,1	80,0	15:30:36	0,4	32,0	64,9

P7	09:30:39	1,3	26,1	80,0	15:30:38	0,0	32,0	64,9
P7	09:30:57	0,5	26,2	80,0	15:30:56	0,0	31,8	64,4
P7	09:30:59	0,6	26,2	79,9	15:30:58	0,4	31,8	64,4
P7	09:31:17	0,8	26,2	79,6	15:31:16	0,3	31,3	64,6
P7	09:31:19	0,9	26,2	79,6	15:31:18	0,3	31,3	64,7
P7	09:31:37	0,8	26,0	79,7	15:31:36	0,0	31,8	65,3
P7	09:31:39	0,7	26,0	79,7	15:31:38	0,4	31,8	65,3
P7	09:31:57	1,3	26,1	80,1	15:31:56	0,4	31,6	65,3
P7	09:31:59	1,0	26,1	80,1	15:31:58	0,4	31,6	65,3
P7	09:32:17	1,4	25,9	79,9	15:32:16	0,0	31,5	65,4
P7	09:32:19	1,3	26,0	79,8	15:32:18	0,4	31,4	65,4
P7	09:32:37	1,3	26,0	79,7	15:32:36	0,0	31,4	65,6
P7	09:32:39	1,3	26,0	79,8	15:32:38	0,4	31,4	65,6
P7	09:32:57	1,0	26,0	80,0	15:32:56	0,3	31,5	65,7
P7	09:32:59	0,8	26,0	80,0	15:32:58	0,4	31,5	65,8
P8	09:35:15	0,6	27,3	77,0	15:35:14	0,5	34,3	58,3
P8	09:35:17	0,5	27,3	76,8	15:35:16	0,4	34,3	58,3
P8	09:35:35	0,5	27,2	76,1	15:35:34	1,5	34,2	57,5
P8	09:35:37	0,0	27,2	76,1	15:35:36	1,5	33,9	57,4
P8	09:35:55	0,5	27,3	75,9	15:35:54	1,4	33,3	58,2
P8	09:35:57	0,5	27,3	75,9	15:35:56	1,2	33,4	58,3
P8	09:36:15	0,4	27,3	75,9	15:36:14	0,9	33,3	59,0
P8	09:36:17	0,4	27,4	75,9	15:36:16	0,8	33,2	59,1
P8	09:36:35	0,5	27,3	76,1	15:36:34	0,7	33,0	59,7
P8	09:36:37	0,6	27,4	76,0	15:36:36	0,7	33,0	59,8
P8	09:36:55	1,3	27,3	75,4	15:36:54	0,7	33,6	60,3
P8	09:36:57	1,4	27,2	75,4	15:36:56	0,8	33,6	60,3
P8	09:37:15	0,9	27,2	75,4	15:37:14	2,7	32,7	60,3
P8	09:37:17	0,7	27,2	75,4	15:37:16	3,0	32,6	60,4
P8	09:37:35	0,6	27,1	75,6	15:37:34	0,7	32,6	61,4
P8	09:37:37	0,5	27,0	75,6	15:37:36	0,7	32,7	61,5
P8	09:37:55	0,4	26,7	76,1	15:37:54	1,1	33,3	61,8
P8	09:37:57	0,0	26,8	76,2	15:37:56	1,1	33,2	61,7
P9	09:40:13	0,7	27,6	76,3	15:40:12	3,9	31,9	63,5
P9	09:40:15	0,9	27,7	76,3	15:40:14	3,7	31,7	63,5
P9	09:40:33	1,1	27,7	75,5	15:40:32	2,7	31,6	65,0
P9	09:40:35	0,7	27,7	75,5	15:40:34	2,5	31,6	65,1
P9	09:40:53	0,8	27,5	75,3	15:40:52	2,7	31,8	65,7
P9	09:40:55	1,3	27,3	75,3	15:40:54	2,7	31,7	65,8
P9	09:41:13	1,1	26,6	76,3	15:41:12	2,3	31,5	66,1
P9	09:41:15	0,7	26,8	76,5	15:41:14	2,1	31,6	66,2
P9	09:41:33	0,0	27,5	77,0	15:41:32	1,2	31,7	66,0
P9	09:41:35	0,3	27,5	76,9	15:41:34	1,6	31,6	66,0
P9	09:41:53	0,4	27,7	75,9	15:41:52	4,0	31,4	66,3
P9	09:41:55	0,0	27,7	75,8	15:41:54	3,3	31,4	66,3
P9	09:42:13	0,6	27,5	74,9	15:42:12	2,3	31,3	66,8
P9	09:42:15	0,5	27,5	74,9	15:42:14	2,3	31,3	66,8
P9	09:42:33	1,2	27,4	75,6	15:42:32	2,5	31,7	67,0
P9	09:42:35	1,3	27,3	75,7	15:42:34	2,5	31,7	66,9
P9	09:42:53	1,6	26,4	76,5	15:42:52	2,0	31,4	66,6
P9	09:42:55	1,5	26,4	76,7	15:42:54	2,4	31,4	66,6
P10	09:45:11	1,6	26,1	79,8	15:45:10	1,6	31,8	64,3
P10	09:45:13	1,7	26,1	79,8	15:45:12	1,6	31,8	64,5
P10	09:45:31	1,1	26,4	80,2	15:45:30	0,9	32,2	65,6
P10	09:45:33	0,5	26,4	80,1	15:45:32	0,8	32,2	65,6
P10	09:45:51	0,6	26,5	79,3	15:45:50	1,4	32,9	65,1
P10	09:45:53	0,3	26,6	79,3	15:45:52	1,4	32,9	64,9
P10	09:46:11	0,5	26,6	78,8	15:46:10	2,1	32,4	64,0
P10	09:46:13	0,6	26,5	78,8	15:46:12	2,1	32,5	63,9
P10	09:46:31	2,0	26,1	79,4	15:46:30	1,5	32,4	63,8
P10	09:46:33	2,2	26,1	79,5	15:46:32	1,9	32,3	63,8
P10	09:46:51	1,7	26,0	80,2	15:46:50	2,2	32,3	64,3

P10	09:46:53	1,5	26,0	80,2	15:46:52	2,6	32,3	64,3
P10	09:47:11	1,6	25,8	80,5	15:47:10	1,9	32,3	64,8
P10	09:47:13	1,6	25,8	80,6	15:47:12	2,3	32,2	64,9
P10	09:47:31	1,0	25,8	81,4	15:47:30	1,9	32,1	65,1
P10	09:47:33	1,0	25,9	81,4	15:47:32	1,5	32,2	65,2
P10	09:47:51	0,8	26,0	81,5	15:47:50	2,4	31,9	65,4
P10	09:47:53	0,8	26,1	81,5	15:47:52	2,3	31,8	65,4
P11	09:50:09	0,0	27,7	74,9	15:50:08	0,6	34,1	60,8
P11	09:50:11	0,0	27,7	74,9	15:50:10	0,7	34,1	60,7
P11	09:50:29	1,0	26,7	75,3	15:50:28	1,6	33,8	60,1
P11	09:50:31	0,8	26,6	75,4	15:50:30	1,4	33,8	60,1
P11	09:50:49	0,8	26,4	76,9	15:50:48	0,7	34,0	60,2
P11	09:50:51	0,7	26,5	77,1	15:50:50	0,7	34,0	60,1
P11	09:51:09	1,6	27,0	78,0	15:51:08	1,2	33,7	60,1
P11	09:51:11	1,8	26,9	77,9	15:51:10	1,0	33,6	60,2
P11	09:51:29	1,6	26,5	77,3	15:51:28	0,0	33,7	60,6
P11	09:51:31	1,6	26,5	77,2	15:51:30	0,0	33,7	60,6
P11	09:51:49	0,8	26,3	77,6	15:51:48	0,0	33,6	61,0
P11	09:51:51	0,8	26,4	77,8	15:51:50	0,4	33,7	61,1
P11	09:52:09	1,1	26,8	79,1	15:52:08	1,1	33,5	61,0
P11	09:52:11	1,0	26,9	79,1	15:52:10	0,8	33,6	61,0
P11	09:52:29	1,3	27,0	78,3	15:52:28	1,8	33,6	60,9
P11	09:52:31	1,3	27,0	78,2	15:52:30	1,9	33,5	60,9
P11	09:52:49	0,6	27,1	77,3	15:52:48	1,0	33,7	61,1
P11	09:52:51	0,8	27,1	77,3	15:52:50	1,1	33,7	61,1
P12	09:55:07	0,6	27,0	76,9	15:55:06	0,5	33,6	60,2
P12	09:55:09	0,5	27,0	76,9	15:55:08	0,0	33,6	60,2
P12	09:55:27	0,3	26,9	76,7	15:55:26	0,6	33,5	60,0
P12	09:55:29	0,4	26,9	76,7	15:55:28	0,6	33,4	60,0
P12	09:55:47	0,4	26,8	76,7	15:55:46	0,4	33,5	60,1
P12	09:55:49	0,0	26,8	76,7	15:55:48	0,4	33,5	60,1
P12	09:56:07	0,4	26,9	76,6	15:56:06	0,0	33,7	60,0
P12	09:56:09	0,4	26,9	76,6	15:56:08	0,0	33,7	60,0
P12	09:56:27	0,4	27,0	76,6	15:56:26	0,4	33,4	60,0
P12	09:56:29	0,5	27,0	76,6	15:56:28	0,4	33,2	60,1
P12	09:56:47	1,0	27,0	76,4	15:56:46	0,9	32,8	60,8
P12	09:56:49	1,1	27,0	76,4	15:56:48	0,7	32,8	61,0
P12	09:57:07	0,9	26,9	76,1	15:57:06	0,8	32,4	62,4
P12	09:57:09	0,8	26,9	76,1	15:57:08	0,7	32,3	62,6
P12	09:57:27	1,2	27,0	76,1	15:57:26	0,8	32,6	63,6
P12	09:57:29	1,1	27,0	76,1	15:57:28	0,8	32,5	63,7
P12	09:57:47	1,0	27,0	75,9	15:57:46	0,3	32,7	64,1
P12	09:57:49	1,3	26,9	75,9	15:57:48	0,0	32,6	64,0

Tabela D-5 Dados de iluminância à sombra no verão. Abóbada celeste clara (100.000 lux).

Ponto de medição	Hora	Iluminância		Hora	Iluminância	
		(lux)			(lux)	
	(manhã)	Rua	Fachada	(tarde)	Rua	Fachada
P1	09:00:00	7.000	5.500	15:00:00	7.000	5.600
P2	09:05:00	5.900	2.500	15:05:00	5.600	920
P3	09:10:00	7.000	5.900	15:10:00	12.700	7.100
P4	09:15:00	16.500	11.000	15:15:00	12.700	5.500
P5	09:20:00	1.500	-	15:20:00	1.200	-
P6	09:25:00	11.200	-	15:25:00	11.500	-
P7	09:30:00	5.800	3.700	15:30:00	7.200	2.200
P8	09:35:00	6.400	4.000	15:35:00	6.300	3.200
P9	09:40:00	12.000	6.000	15:40:00	5.800	4.800
P10	09:45:00	12.200	6.500	15:45:00	16.000	7.500
P11	09:50:00	15.000	12.000	15:50:00	12.900	7.500
P12	09:55:00	8.700	5.300	15:55:00	10.200	6.000

No inverno (17/2/2013)

Tabela D-6 Dados das medições de velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar à sombra no inverno.

Ponto de medição	Hora	Velocidade do vento	Temperatura do ar	Umidade relativa do ar	Hora	Velocidade do vento	Temperatura do ar	Umidade relativa do ar
	(manhã)	(m/s)	(°C)	(%)	(tarde)	(m/s)	(°C)	(%)
P1	09:00:00	0,0	15,0	65,0	15:00:00	1,3	17,0	60,4
P1	09:00:18	0,0	15,1	65,1	15:00:18	0,6	17,2	60,7
P1	09:00:20	0,0	15,1	65,1	15:00:20	0,4	17,3	60,7
P1	09:00:38	0,7	15,2	65,2	15:00:38	0,0	17,5	60,9
P1	09:00:40	1,0	15,1	65,1	15:00:40	0,5	17,5	60,8
P1	09:00:58	0,4	15,1	65,4	15:00:58	1,3	17,2	60,8
P1	09:01:00	0,8	15,1	65,5	15:01:00	1,4	17,2	60,8
P1	09:01:18	1,6	15,0	65,7	15:01:18	1,7	16,9	61,1
P1	09:01:20	1,3	15,1	65,7	15:01:20	1,8	16,9	61,2
P1	09:01:38	1,0	15,0	65,5	15:01:38	1,6	17,0	61,9
P1	09:01:40	0,8	14,9	65,5	15:01:40	1,7	17,0	62,0
P1	09:01:58	0,7	15,0	65,9	15:01:58	2,3	17,1	62,2
P1	09:02:00	0,7	15,0	65,9	15:02:00	1,9	17,1	62,2
P1	09:02:18	0,0	15,1	65,9	15:02:18	1,4	17,1	62,3
P1	09:02:20	0,0	15,1	65,8	15:02:20	1,2	17,1	62,4
P1	09:02:38	0,5	15,1	65,6	15:02:38	2,8	16,9	62,1
P1	09:02:40	0,5	15,1	65,7	15:02:40	2,3	16,9	62,1
P1	09:02:58	0,4	15,1	65,9	15:02:58	1,1	17,0	62,0
P1	09:03:00	0,3	15,1	66,0	15:03:00	1,1	17,0	62,0
P2	09:05:16	3,6	15,0	66,0	15:05:16	3,0	16,7	62,0
P2	09:05:18	3,1	14,9	66,0	15:05:18	2,3	16,7	62,0
P2	09:05:36	3,3	14,9	66,1	15:05:36	2,2	16,7	62,1
P2	09:05:38	3,1	14,9	66,1	15:05:38	2,4	16,7	62,1
P2	09:05:56	3,2	14,9	66,2	15:05:56	2,6	16,6	62,1
P2	09:05:58	2,9	14,9	66,1	15:05:58	2,6	16,6	62,1
P2	09:06:16	2,6	15,0	65,9	15:06:16	2,3	16,7	62,3
P2	09:06:18	2,5	15,0	65,9	15:06:18	2,6	16,7	62,3
P2	09:06:36	3,1	14,9	66,2	15:06:36	3,2	16,4	61,9
P2	09:06:38	3,0	15,0	66,2	15:06:38	3,4	16,4	61,9
P2	09:06:56	3,8	15,0	66,2	15:06:56	1,7	16,5	62,1
P2	09:06:58	4,0	15,0	66,2	15:06:58	1,0	16,5	62,2
P2	09:07:16	4,3	15,0	66,3	15:07:16	1,0	16,6	62,3
P2	09:07:18	4,2	15,0	66,3	15:07:18	1,2	16,6	62,3
P2	09:07:36	4,1	14,9	66,1	15:07:36	2,2	16,7	62,3
P2	09:07:38	4,2	14,9	66,1	15:07:38	2,3	16,7	62,3
P2	09:07:56	3,3	14,9	66,3	15:07:56	1,5	16,7	62,3
P2	09:07:58	3,2	14,9	66,3	15:07:58	1,4	16,8	62,3
P3	09:10:14	1,5	14,9	66,7	15:10:14	0,9	18,0	62,6
P3	09:10:16	1,4	15,0	66,7	15:10:16	0,6	18,0	62,5
P3	09:10:34	0,7	15,0	66,7	15:10:34	0,9	17,6	61,9
P3	09:10:36	0,6	15,0	66,7	15:10:36	0,8	17,6	61,8
P3	09:10:54	0,6	14,9	66,8	15:10:54	1,0	17,4	61,4
P3	09:10:56	0,6	14,9	66,8	15:10:56	0,9	17,3	61,4
P3	09:11:14	0,5	15,0	67,0	15:11:14	0,5	17,4	61,6
P3	09:11:16	0,4	15,0	67,0	15:11:16	0,6	17,3	61,6
P3	09:11:34	1,0	15,0	67,3	15:11:34	1,0	17,3	62,0
P3	09:11:36	0,9	15,0	67,4	15:11:36	0,7	17,3	62,1
P3	09:11:54	1,1	15,0	67,6	15:11:54	0,9	17,3	62,1
P3	09:11:56	1,0	15,0	67,6	15:11:56	0,7	17,4	62,1
P3	09:12:14	1,9	15,1	67,2	15:12:14	0,0	17,5	62,1
P3	09:12:16	1,5	15,1	67,1	15:12:16	0,0	17,5	62,1
P3	09:12:34	1,4	15,2	67,1	15:12:34	0,7	17,6	61,7

P3	09:12:36	1,8	15,2	67,1	15:12:36	0,8	17,5	61,6
P3	09:12:54	2,0	15,1	66,4	15:12:54	0,7	17,5	61,1
P3	09:12:56	2,5	15,1	66,4	15:12:56	0,6	17,5	61,1
P4	09:15:12	1,7	15,1	67,8	15:15:12	1,8	17,0	62,9
P4	09:15:14	1,7	15,1	67,9	15:15:14	1,6	17,0	63,0
P4	09:15:32	1,2	15,2	68,5	15:15:32	2,0	17,0	63,4
P4	09:15:34	1,2	15,2	68,5	15:15:34	1,6	17,0	63,3
P4	09:15:52	2,3	15,1	68,9	15:15:52	1,4	16,9	62,8
P4	09:15:54	2,3	15,1	69,0	15:15:54	1,4	16,9	62,8
P4	09:16:12	2,1	15,1	69,3	15:16:12	1,7	16,9	63,1
P4	09:16:14	2,2	15,1	69,3	15:16:14	2,0	16,9	63,0
P4	09:16:32	1,7	15,1	69,7	15:16:32	2,9	16,7	62,9
P4	09:16:34	1,5	15,1	69,7	15:16:34	2,7	16,7	62,9
P4	09:16:52	2,0	14,9	69,6	15:16:52	1,4	16,7	62,6
P4	09:16:54	2,0	14,9	69,5	15:16:54	1,4	16,8	62,7
P4	09:17:12	3,0	14,8	69,1	15:17:12	1,4	16,9	63,1
P4	09:17:14	2,8	14,8	69,1	15:17:14	1,3	16,8	63,0
P4	09:17:32	2,3	14,8	69,3	15:17:32	1,0	16,6	62,2
P4	09:17:34	2,1	14,8	69,2	15:17:34	0,9	16,7	62,2
P4	09:17:52	2,2	14,7	69,1	15:17:52	1,1	16,8	62,3
P4	09:17:54	2,1	14,7	69,1	15:17:54	1,2	16,8	62,3
P5	09:20:10	0,6	14,6	69,1	15:20:10	0,4	17,0	62,3
P5	09:20:12	0,7	14,6	69,2	15:20:12	0,4	17,0	62,2
P5	09:20:30	0,5	14,6	70,0	15:20:30	0,5	17,0	62,3
P5	09:20:32	0,5	14,6	70,0	15:20:32	0,4	17,0	62,3
P5	09:20:50	0,6	14,6	70,3	15:20:50	0,4	16,8	62,1
P5	09:20:52	0,5	14,6	70,2	15:20:52	0,4	16,7	62,1
P5	09:21:10	0,8	14,6	70,2	15:21:10	0,0	17,1	62,9
P5	09:21:12	0,8	14,6	70,2	15:21:12	0,0	17,1	62,9
P5	09:21:30	0,4	14,7	70,3	15:21:30	0,3	16,8	62,6
P5	09:21:32	0,4	14,7	70,3	15:21:32	0,3	16,8	62,6
P5	09:21:50	0,0	14,8	70,3	15:21:50	0,0	16,9	62,9
P5	09:21:52	0,0	14,8	70,4	15:21:52	0,0	16,9	62,9
P5	09:22:10	0,7	14,6	70,5	15:22:10	0,4	17,1	63,3
P5	09:22:12	0,7	14,6	70,5	15:22:12	0,4	17,1	63,1
P5	09:22:30	0,8	14,5	70,8	15:22:30	0,4	17,0	62,2
P5	09:22:32	0,9	14,5	70,8	15:22:32	0,4	16,9	62,2
P5	09:22:50	0,0	14,5	70,1	15:22:50	0,5	16,6	62,6
P5	09:22:52	0,4	14,5	70,2	15:22:52	0,5	16,7	62,7
P6	09:25:08	1,1	14,9	67,5	15:25:08	3,5	16,4	64,0
P6	09:25:10	0,9	14,9	67,5	15:25:10	2,9	16,4	64,1
P6	09:25:28	0,4	15,0	67,5	15:25:28	3,0	16,4	64,3
P6	09:25:30	0,4	14,9	67,6	15:25:30	3,4	16,4	64,3
P6	09:25:48	0,0	14,8	68,4	15:25:48	3,7	16,2	63,9
P6	09:25:50	0,0	14,8	68,4	15:25:50	3,8	16,2	63,9
P6	09:26:08	0,7	14,9	69,3	15:26:08	1,9	16,2	64,2
P6	09:26:10	0,6	14,9	69,4	15:26:10	1,9	16,1	64,2
P6	09:26:28	0,6	14,9	69,5	15:26:28	2,0	16,2	64,3
P6	09:26:30	0,4	14,9	69,6	15:26:30	2,0	16,3	64,3
P6	09:26:48	0,6	15,0	69,7	15:26:48	1,3	16,4	64,3
P6	09:26:50	0,7	15,0	69,6	15:26:50	1,6	16,4	64,2
P6	09:27:08	0,0	15,0	68,5	15:27:08	1,0	16,6	64,2
P6	09:27:10	0,0	15,0	68,4	15:27:10	1,0	16,6	64,1
P6	09:27:28	0,5	15,2	68,4	15:27:28	2,5	16,4	64,0
P6	09:27:30	0,4	15,2	68,3	15:27:30	1,8	16,4	64,0
P6	09:27:48	0,4	15,0	68,1	15:27:48	0,9	16,5	63,9
P6	09:27:50	0,0	15,0	68,1	15:27:50	0,7	16,5	63,9
P7	09:30:06	0,5	14,5	67,3	15:30:06	1,3	16,1	65,1
P7	09:30:08	0,5	14,5	67,3	15:30:08	1,4	16,1	65,1
P7	09:30:26	1,3	14,4	67,6	15:30:26	1,0	16,3	65,2
P7	09:30:28	1,2	14,4	67,6	15:30:28	0,8	16,3	65,2
P7	09:30:46	1,0	14,5	67,6	15:30:46	1,5	16,3	64,9

P7	09:30:48	1,3	14,5	67,6	15:30:48	1,5	16,3	64,9
P7	09:31:06	1,5	14,4	67,9	15:31:06	1,3	16,4	64,9
P7	09:31:08	1,5	14,4	67,9	15:31:08	1,1	16,4	64,8
P7	09:31:26	1,9	14,3	67,6	15:31:26	1,0	16,4	64,6
P7	09:31:28	1,8	14,3	67,5	15:31:28	1,1	16,4	64,6
P7	09:31:46	1,1	14,3	67,3	15:31:46	2,3	16,3	64,5
P7	09:31:48	1,3	14,3	67,3	15:31:48	2,6	16,3	64,6
P7	09:32:06	1,8	14,3	67,5	15:32:06	2,2	16,2	64,6
P7	09:32:08	1,8	14,3	67,5	15:32:08	2,0	16,1	64,5
P7	09:32:26	0,7	14,3	67,3	15:32:26	1,3	16,2	64,5
P7	09:32:28	0,7	14,3	67,3	15:32:28	1,3	16,2	64,5
P7	09:32:46	0,7	14,3	67,1	15:32:46	1,3	16,2	64,5
P7	09:32:48	0,9	14,3	67,1	15:32:48	0,9	16,3	64,5
P8	09:35:04	0,8	14,3	67,6	15:35:04	1,8	16,1	64,8
P8	09:35:06	0,8	14,3	67,7	15:35:06	2,0	16,1	64,8
P8	09:35:24	0,6	14,4	67,9	15:35:24	1,9	16,1	64,8
P8	09:35:26	0,7	14,4	68,0	15:35:26	1,9	16,1	64,8
P8	09:35:44	0,5	14,6	68,1	15:35:44	1,0	16,2	64,9
P8	09:35:46	0,5	14,7	67,9	15:35:46	1,3	16,1	64,9
P8	09:36:04	0,4	14,6	67,4	15:36:04	0,9	16,2	64,9
P8	09:36:06	0,4	14,6	67,4	15:36:06	1,0	16,2	64,9
P8	09:36:24	0,6	14,7	67,5	15:36:24	1,2	16,2	64,7
P8	09:36:26	0,6	14,6	67,5	15:36:26	1,2	16,2	64,7
P8	09:36:44	1,2	14,3	67,5	15:36:44	1,0	16,3	64,7
P8	09:36:46	1,2	14,3	67,6	15:36:46	1,0	16,3	64,6
P8	09:37:04	0,7	14,5	68,1	15:37:04	1,5	16,3	64,6
P8	09:37:06	0,7	14,5	68,2	15:37:06	1,5	16,3	64,5
P8	09:37:24	0,8	14,6	68,3	15:37:24	1,4	16,3	64,3
P8	09:37:26	0,8	14,5	68,3	15:37:26	1,8	16,3	64,3
P8	09:37:44	0,8	14,3	68,4	15:37:44	1,8	16,2	64,1
P8	09:37:46	0,8	14,3	68,4	15:37:46	1,9	16,2	64,1
P9	09:40:02	2,0	14,6	66,3	15:40:02	3,4	15,9	64,2
P9	09:40:04	2,6	14,5	66,3	15:40:04	2,9	15,8	64,3
P9	09:40:22	1,9	14,3	66,9	15:40:22	2,3	15,8	64,8
P9	09:40:24	2,0	14,2	67,0	15:40:24	2,5	15,9	64,8
P9	09:40:42	1,6	14,3	67,7	15:40:42	2,1	15,7	65,0
P9	09:40:44	1,9	14,3	67,8	15:40:44	2,2	15,7	64,9
P9	09:41:02	2,5	14,4	68,5	15:41:02	3,1	15,8	65,1
P9	09:41:04	2,8	14,3	68,5	15:41:04	2,7	15,8	65,1
P9	09:41:22	0,9	14,2	67,8	15:41:22	1,8	15,9	65,0
P9	09:41:24	1,1	14,2	67,7	15:41:24	1,9	15,9	65,0
P9	09:41:42	1,3	14,1	67,8	15:41:42	2,3	15,8	64,9
P9	09:41:44	1,0	14,1	67,8	15:41:44	2,4	15,8	64,9
P9	09:42:02	1,5	14,3	68,1	15:42:02	1,9	15,9	64,9
P9	09:42:04	1,4	14,3	68,0	15:42:04	2,4	15,9	64,9
P9	09:42:22	2,6	14,2	67,7	15:42:22	2,7	15,9	64,7
P9	09:42:24	2,3	14,1	67,7	15:42:24	2,4	16,0	64,7
P9	09:42:42	1,5	14,1	67,7	15:42:42	2,2	16,0	64,7
P9	09:42:44	1,4	14,1	67,7	15:42:44	2,3	16,0	64,7
P10	09:45:00	1,9	14,0	67,8	15:45:00	1,7	16,6	64,8
P10	09:45:02	2,3	14,1	67,8	15:45:02	2,1	16,6	64,7
P10	09:45:20	1,5	14,0	67,6	15:45:20	3,5	16,6	64,3
P10	09:45:22	1,8	14,0	67,7	15:45:22	3,7	16,5	64,1
P10	09:45:40	2,2	14,0	67,8	15:45:40	2,2	16,6	63,5
P10	09:45:42	2,7	14,0	67,8	15:45:42	2,9	16,5	63,5
P10	09:46:00	0,4	14,0	67,6	15:46:00	1,5	16,8	63,4
P10	09:46:02	0,4	14,0	67,5	15:46:02	1,3	16,8	63,5
P10	09:46:20	0,9	14,1	67,1	15:46:20	2,0	16,7	63,1
P10	09:46:22	1,2	14,0	67,1	15:46:22	2,2	16,6	63,1
P10	09:46:40	0,0	13,9	67,3	15:46:40	1,8	16,8	63,0
P10	09:46:42	0,7	13,9	67,3	15:46:42	1,9	16,7	63,1
P10	09:47:00	1,0	13,8	67,6	15:47:00	2,8	16,2	63,0

P10	09:47:02	1,1	13,9	67,6	15:47:02	2,2	16,2	63,0
P10	09:47:20	1,4	13,8	67,9	15:47:20	2,4	16,4	63,4
P10	09:47:22	1,2	13,8	67,9	15:47:22	1,9	16,4	63,4
P10	09:47:40	2,4	13,8	68,0	15:47:40	1,5	16,5	63,5
P10	09:47:42	1,8	13,8	68,0	15:47:42	0,9	16,6	63,5
P10	09:48:00	0,3	13,8	68,1	15:48:00	0,5	16,6	63,3
P11	09:50:00	0,0	14,9	66,8	15:50:00	2,2	16,9	61,5
P11	09:50:18	0,0	15,0	67,0	15:50:18	0,8	16,7	62,1
P11	09:50:20	0,0	15,0	67,0	15:50:20	0,8	16,8	62,3
P11	09:50:38	0,0	15,1	67,3	15:50:38	1,1	16,9	62,7
P11	09:50:40	0,4	15,1	67,3	15:50:40	1,1	16,8	62,7
P11	09:50:58	0,6	14,7	66,7	15:50:58	1,1	16,8	63,0
P11	09:51:00	0,7	14,7	66,7	15:51:00	1,2	16,8	63,0
P11	09:51:18	1,0	14,8	67,0	15:51:18	0,7	16,8	63,5
P11	09:51:20	0,7	14,9	67,1	15:51:20	0,8	16,8	63,5
P11	09:51:38	0,7	14,6	67,1	15:51:38	0,0	16,9	63,7
P11	09:51:40	0,6	14,6	67,0	15:51:40	0,4	17,0	63,7
P11	09:51:58	0,4	14,8	67,4	15:51:58	1,2	16,9	63,4
P11	09:52:00	0,4	14,8	67,5	15:52:00	1,0	16,9	63,4
P11	09:52:18	0,7	14,6	67,5	15:52:18	0,4	17,0	63,2
P11	09:52:20	0,6	14,6	67,5	15:52:20	0,0	17,0	63,2
P11	09:52:38	0,0	14,9	67,8	15:52:38	1,4	16,7	63,1
P11	09:52:40	0,4	14,8	67,7	15:52:40	1,0	16,7	63,0
P11	09:52:58	0,7	14,7	67,6	15:52:58	0,7	16,8	63,1
P11	09:53:00	0,8	14,7	67,5	15:53:00	0,5	16,8	63,1
P12	09:55:16	0,9	14,3	68,9	15:55:16	0,0	17,4	62,0
P12	09:55:18	0,8	14,3	68,9	15:55:18	0,0	17,4	62,0
P12	09:55:36	0,6	14,2	68,7	15:55:36	0,0	17,4	61,7
P12	09:55:38	0,8	14,2	68,7	15:55:38	0,0	17,3	61,6
P12	09:55:56	0,8	14,1	69,0	15:55:56	0,4	17,0	61,2
P12	09:55:58	0,8	14,1	69,0	15:55:58	0,5	17,0	61,2
P12	09:56:16	0,8	14,0	69,0	15:56:16	0,7	16,9	61,5
P12	09:56:18	0,8	14,0	69,0	15:56:18	0,6	16,9	61,5
P12	09:56:36	1,0	14,0	69,3	15:56:36	0,4	17,0	61,8
P12	09:56:38	1,0	14,0	69,4	15:56:38	0,4	17,0	61,8
P12	09:56:56	0,9	14,0	69,5	15:56:56	0,9	16,7	61,5
P12	09:56:58	1,0	14,0	69,5	15:56:58	0,8	16,7	61,5
P12	09:57:16	0,5	14,1	69,5	15:57:16	0,9	16,6	61,7
P12	09:57:18	0,6	14,1	69,5	15:57:18	0,7	16,6	61,7
P12	09:57:36	0,5	14,2	69,7	15:57:36	0,7	16,6	61,8
P12	09:57:38	0,4	14,2	69,6	15:57:38	0,7	16,6	61,8
P12	09:57:56	0,6	14,2	69,3	15:57:56	0,8	16,6	62,2
P12	09:57:58	0,5	14,2	69,2	15:57:58	0,9	16,6	62,2

Tabela D-7 Dados de iluminância à sombra no inverno. Abóbada celeste clara (50.000 lux).

Ponto de medição	Hora	Iluminância		Hora	Iluminância	
		(lux)			(lux)	
	(manhã)	Rua	Fachada	(tarde)	Rua	Fachada
P1	09:00:00	2.500	1.800	15:00:00	5.000	4.000
P2	09:05:00	4.000	800	15:05:00	5.500	3.500
P3	09:10:00	1.000	500	15:10:00	9.500	5.000
P4	09:15:00	900	750	15:15:00	10.000	5.500
P5	09:20:00	900	-	15:20:00	1.200	-
P6	09:25:00	950	-	15:25:00	7.300	-
P7	09:30:00	5.300	700	15:30:00	2.700	1.000
P8	09:35:00	3.200	1.300	15:35:00	5.200	3.700
P9	09:40:00	13.000	600	15:40:00	4.400	3.500
P10	09:45:00	12.000	600	15:45:00	10.200	7.000
P11	09:50:00	50.000	900	15:50:00	7.200	5.500
P12	09:55:00	300	200	15:55:00	4.900	3.200

Na meia-estação (17/11/2013)

Tabela D-8 Dados das medições de velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar à sombra na meia-estação.

Ponto de medição	Hora	Velocidade do vento	Temperatura do ar	Umidade relativa do ar	Hora	Velocidade do vento	Temperatura do ar	Umidade relativa do ar
	(manhã)	(m/s)	(°C)	(%)	(tarde)	(m/s)	(°C)	(%)
P1	09:00:01	0,0	20,8	56,3	15:00:00	1,8	24,5	55,2
P1	09:00:19	0,6	20,4	56,0	15:00:18	3,2	23,6	55,9
P1	09:00:21	0,5	20,5	56,0	15:00:20	3,1	23,4	56,0
P1	09:00:39	0,4	20,5	56,3	15:00:38	2,7	23,6	57,4
P1	09:00:41	0,3	20,5	56,3	15:00:40	3,0	23,6	57,5
P1	09:00:59	0,0	20,5	56,5	15:00:58	1,4	23,2	58,3
P1	09:01:01	0,0	20,6	56,5	15:01:00	1,6	23,1	58,4
P1	09:01:19	0,0	20,6	56,6	15:01:18	0,9	23,1	59,4
P1	09:01:21	0,0	20,6	56,6	15:01:20	0,9	23,1	59,5
P1	09:01:39	0,5	20,8	56,5	15:01:38	0,9	23,3	60,0
P1	09:01:41	0,7	20,7	56,5	15:01:40	0,9	23,3	60,1
P1	09:01:59	0,0	20,9	56,2	15:01:58	1,2	24,1	59,6
P1	09:02:01	0,0	20,9	56,2	15:02:00	1,7	24,0	59,5
P1	09:02:19	1,0	20,9	56,0	15:02:18	0,7	23,9	58,6
P1	09:02:21	0,9	20,9	56,0	15:02:20	1,1	23,9	58,6
P1	09:02:39	0,4	21,1	55,9	15:02:38	1,4	24,3	58,2
P1	09:02:41	0,4	21,1	55,9	15:02:40	1,3	24,3	58,2
P1	09:02:59	0,9	21,2	55,7	15:02:58	1,2	24,4	57,4
P1	09:03:01	0,8	21,2	55,7	15:03:00	1,0	24,4	57,4
P2	09:05:17	0,8	20,1	56,9	15:05:16	0,4	23,6	58,5
P2	09:05:19	0,7	20,1	56,9	15:05:18	0,4	23,6	58,5
P2	09:05:37	0,9	20,0	56,9	15:05:36	1,0	23,4	58,3
P2	09:05:39	0,9	20,0	56,9	15:05:38	1,4	23,4	58,3
P2	09:05:57	0,5	20,0	57,1	15:05:56	1,6	23,5	58,4
P2	09:05:59	0,6	20,0	57,1	15:05:58	1,6	23,6	58,4
P2	09:06:17	0,8	20,0	57,5	15:06:16	2,4	23,2	58,3
P2	09:06:19	0,9	20,0	57,5	15:06:18	2,2	23,2	58,3
P2	09:06:37	0,5	20,1	57,8	15:06:36	2,1	23,0	58,9
P2	09:06:39	0,5	20,1	57,8	15:06:38	2,5	23,0	58,9
P2	09:06:57	0,6	20,2	57,8	15:06:56	1,9	22,8	59,7
P2	09:06:59	0,5	20,2	57,8	15:06:58	1,8	22,9	59,8
P2	09:07:17	0,5	20,2	57,9	15:07:16	1,5	23,0	60,2
P2	09:07:19	0,6	20,2	57,9	15:07:18	1,3	22,9	60,2
P2	09:07:37	0,6	20,3	57,8	15:07:36	1,6	23,0	60,2
P2	09:07:39	0,6	20,3	57,8	15:07:38	1,4	23,0	60,2
P2	09:07:57	0,7	20,3	57,7	15:07:56	0,8	23,2	60,2
P2	09:07:59	0,8	20,3	57,7	15:07:58	0,8	23,2	60,2
P3	09:10:15	0,0	21,3	56,0	15:10:14	0,0	25,5	56,4
P3	09:10:17	0,0	21,4	55,9	15:10:16	0,4	25,5	56,3
P3	09:10:35	0,0	21,8	55,2	15:10:34	0,7	25,1	54,9
P3	09:10:37	0,0	21,8	55,1	15:10:36	0,6	25,2	54,9
P3	09:10:55	0,4	21,9	53,7	15:10:54	1,4	25,1	54,9
P3	09:10:57	0,4	21,9	53,5	15:10:56	1,5	25,1	54,9
P3	09:11:15	0,0	22,1	52,8	15:11:14	0,8	24,5	55,5
P3	09:11:17	0,0	22,2	52,8	15:11:16	0,4	24,5	55,5
P3	09:11:35	0,0	22,3	52,3	15:11:34	1,0	25,0	56,0
P3	09:11:37	0,0	22,3	52,3	15:11:36	1,3	25,0	56,1
P3	09:11:55	0,4	22,0	52,2	15:11:54	1,6	25,0	56,4
P3	09:11:57	0,4	22,0	52,2	15:11:56	1,6	25,0	56,4
P3	09:12:15	0,6	21,7	52,4	15:12:14	2,3	24,8	56,4
P3	09:12:17	0,6	21,7	52,4	15:12:16	2,2	24,5	56,3
P3	09:12:35	0,4	21,8	53,2	15:12:34	0,8	24,2	57,0

P3	09:12:37	0,3	21,9	53,3	15:12:36	1,0	24,3	57,2
P3	09:12:55	0,5	22,2	53,4	15:12:54	2,3	23,5	57,6
P3	09:12:57	0,5	22,2	53,4	15:12:56	1,8	23,6	57,7
P4	09:15:13	1,4	20,2	57,0	15:15:12	2,7	22,7	60,7
P4	09:15:15	1,5	20,2	57,1	15:15:14	2,6	22,6	60,8
P4	09:15:33	2,0	20,2	57,9	15:15:32	1,7	22,9	61,5
P4	09:15:35	1,9	20,2	58,0	15:15:34	1,4	23,0	61,6
P4	09:15:53	2,0	20,3	58,5	15:15:52	0,8	23,3	61,4
P4	09:15:55	2,0	20,3	58,5	15:15:54	0,8	23,2	61,4
P4	09:16:13	1,7	20,2	58,3	15:16:12	1,6	23,8	60,9
P4	09:16:15	1,7	20,2	58,2	15:16:14	1,7	23,8	60,8
P4	09:16:33	1,6	20,3	58,5	15:16:32	0,8	23,3	59,8
P4	09:16:35	1,6	20,3	58,5	15:16:34	0,8	23,3	59,8
P4	09:16:53	1,5	20,1	58,0	15:16:52	0,8	23,4	59,9
P4	09:16:55	1,6	20,1	58,0	15:16:54	1,2	23,4	59,9
P4	09:17:13	0,9	20,1	57,3	15:17:12	2,3	23,3	59,8
P4	09:17:15	0,8	20,2	57,3	15:17:14	2,1	23,4	59,9
P4	09:17:33	1,1	20,5	57,5	15:17:32	1,1	23,4	59,8
P4	09:17:35	1,0	20,5	57,6	15:17:34	1,0	23,4	59,8
P4	09:17:53	1,4	20,5	57,9	15:17:52	0,0	23,9	59,8
P4	09:17:55	1,4	20,6	57,9	15:17:54	0,0	24,0	59,8
P5	09:20:11	0,6	21,0	56,4	15:20:10	0,6	22,9	62,3
P5	09:20:13	0,6	21,0	56,5	15:20:12	0,5	22,9	62,2
P5	09:20:31	0,7	21,1	56,6	15:20:30	0,9	22,8	62,3
P5	09:20:33	0,5	21,1	56,6	15:20:32	0,8	22,9	62,4
P5	09:20:51	1,2	20,8	56,4	15:20:50	0,7	23,0	62,4
P5	09:20:53	1,2	20,7	56,4	15:20:52	0,7	23,0	62,3
P5	09:21:11	0,9	20,7	57,2	15:21:10	1,0	23,1	62,4
P5	09:21:13	0,8	20,7	57,3	15:21:12	0,9	23,1	62,4
P5	09:21:31	0,4	20,8	57,3	15:21:30	1,3	23,0	62,2
P5	09:21:33	0,4	20,9	57,3	15:21:32	1,0	23,0	62,2
P5	09:21:51	0,0	21,0	57,0	15:21:50	0,6	23,0	62,2
P5	09:21:53	0,0	20,9	56,9	15:21:52	0,5	23,0	62,2
P5	09:22:11	0,9	20,5	57,0	15:22:10	1,0	22,9	62,2
P5	09:22:13	0,9	20,5	57,1	15:22:12	1,2	22,9	62,2
P5	09:22:31	0,9	20,6	58,0	15:22:30	1,1	22,6	62,5
P5	09:22:33	1,0	20,6	58,0	15:22:32	1,0	22,6	62,6
P5	09:22:51	0,8	20,8	58,0	15:22:50	0,6	22,5	62,9
P5	09:22:53	0,8	20,9	58,0	15:22:52	0,6	22,5	62,9
P6	09:25:09	0,8	21,7	53,6	15:25:08	1,8	22,8	64,1
P6	09:25:11	0,9	21,7	53,6	15:25:10	1,7	22,8	64,0
P6	09:25:29	1,1	21,4	53,7	15:25:28	2,6	22,7	63,5
P6	09:25:31	1,1	21,3	53,8	15:25:30	1,9	22,7	63,5
P6	09:25:49	0,9	20,7	54,6	15:25:48	3,7	22,5	63,2
P6	09:25:51	0,9	20,7	54,7	15:25:50	3,4	22,4	63,2
P6	09:26:09	0,4	21,3	55,5	15:26:08	1,5	22,6	63,7
P6	09:26:11	0,4	21,3	55,4	15:26:10	0,9	22,7	63,7
P6	09:26:29	0,9	21,4	55,1	15:26:28	0,6	23,1	63,5
P6	09:26:31	0,7	21,4	55,1	15:26:30	0,5	23,1	63,4
P6	09:26:49	0,6	21,8	55,0	15:26:48	0,8	23,3	62,6
P6	09:26:51	0,5	21,8	54,9	15:26:50	0,8	23,4	62,5
P6	09:27:09	0,9	22,0	54,0	15:27:08	3,0	22,6	61,7
P6	09:27:11	0,5	21,9	53,8	15:27:10	2,2	22,5	61,7
P6	09:27:29	1,1	21,8	52,6	15:27:28	1,6	22,6	62,7
P6	09:27:31	1,0	21,8	52,5	15:27:30	1,7	22,7	62,9
P6	09:27:49	0,6	21,8	52,4	15:27:48	2,1	22,9	63,3
P6	09:27:51	0,6	21,9	52,4	15:27:50	2,1	22,8	63,3
P7	09:30:07	1,9	21,1	54,6	15:30:06	1,2	23,0	61,1
P7	09:30:09	1,6	21,1	54,7	15:30:08	1,0	23,0	61,1
P7	09:30:27	1,5	21,3	55,1	15:30:26	1,0	22,9	60,9
P7	09:30:29	1,5	21,2	55,2	15:30:28	0,9	22,9	60,8
P7	09:30:47	1,6	21,2	55,4	15:30:46	0,9	23,0	61,0

P7	09:30:49	1,6	21,1	55,4	15:30:48	1,9	23,0	61,0
P7	09:31:07	1,1	21,3	55,5	15:31:06	0,5	23,2	60,7
P7	09:31:09	1,1	21,3	55,5	15:31:08	0,4	23,2	60,7
P7	09:31:27	1,3	20,9	55,4	15:31:26	1,2	22,8	60,3
P7	09:31:29	1,4	20,9	55,4	15:31:28	0,9	22,8	60,3
P7	09:31:47	1,3	21,3	55,8	15:31:46	0,3	23,0	60,5
P7	09:31:49	1,1	21,3	55,8	15:31:48	0,0	23,0	60,4
P7	09:32:07	1,7	21,0	55,5	15:32:06	0,4	23,0	60,5
P7	09:32:09	1,8	21,0	55,6	15:32:08	0,6	23,0	60,6
P7	09:32:27	1,7	21,1	56,1	15:32:26	1,5	23,1	60,6
P7	09:32:29	1,5	21,1	56,2	15:32:28	1,8	23,0	60,6
P7	09:32:47	1,3	21,1	56,2	15:32:46	0,7	22,9	60,7
P7	09:32:49	1,3	21,2	56,1	15:32:48	0,9	22,9	60,8
P8	09:35:05	1,4	20,8	54,1	15:35:04	1,4	23,3	59,1
P8	09:35:07	1,5	20,9	54,2	15:35:06	2,0	23,4	59,2
P8	09:35:25	1,7	20,9	54,5	15:35:24	2,7	23,2	59,0
P8	09:35:27	1,6	21,0	54,7	15:35:26	3,0	23,2	59,0
P8	09:35:45	0,4	21,5	55,6	15:35:44	1,1	23,4	59,4
P8	09:35:47	0,4	21,6	55,6	15:35:46	1,4	23,5	59,5
P8	09:36:05	0,4	21,6	54,8	15:36:04	3,0	23,3	59,5
P8	09:36:07	0,4	21,6	54,8	15:36:06	2,7	23,2	59,5
P8	09:36:25	0,7	21,6	54,5	15:36:24	2,4	23,6	59,8
P8	09:36:27	0,7	21,6	54,4	15:36:26	2,5	23,6	59,8
P8	09:36:45	0,0	22,1	54,0	15:36:44	2,2	23,6	59,5
P8	09:36:47	0,0	22,2	53,9	15:36:46	2,1	23,8	59,4
P8	09:37:05	0,9	22,4	53,4	15:37:04	0,8	23,6	59,1
P8	09:37:07	0,9	22,3	53,4	15:37:06	0,5	23,7	59,1
P8	09:37:25	0,5	22,6	53,0	15:37:24	0,7	23,9	58,8
P8	09:37:27	0,7	22,5	53,0	15:37:26	0,8	24,0	58,8
P8	09:37:45	2,1	21,2	52,5	15:37:44	1,8	23,9	58,4
P8	09:37:47	2,1	21,2	52,6	15:37:46	2,5	23,8	58,4
P9	09:40:03	0,8	22,5	53,1	15:40:02	2,2	23,2	59,4
P9	09:40:05	0,6	22,7	53,2	15:40:04	2,1	23,3	59,4
P9	09:40:23	1,6	22,5	52,4	15:40:22	2,0	23,3	59,0
P9	09:40:25	1,2	22,6	52,2	15:40:24	2,0	23,3	59,0
P9	09:40:43	1,8	21,9	51,9	15:40:42	2,0	23,0	58,9
P9	09:40:45	2,4	21,9	52,0	15:40:44	1,8	23,0	59,0
P9	09:41:03	1,5	21,6	52,1	15:41:02	1,9	22,9	59,3
P9	09:41:05	2,2	21,6	52,1	15:41:04	1,8	22,9	59,3
P9	09:41:23	1,9	21,4	52,5	15:41:22	0,5	23,1	59,6
P9	09:41:25	2,1	21,4	52,5	15:41:24	0,5	23,1	59,6
P9	09:41:43	1,9	21,2	53,5	15:41:42	1,6	23,0	59,5
P9	09:41:45	2,3	21,2	53,6	15:41:44	1,5	23,0	59,6
P9	09:42:03	2,2	21,6	54,0	15:42:02	2,3	22,8	59,8
P9	09:42:05	2,2	21,5	53,9	15:42:04	2,4	22,8	59,8
P9	09:42:23	3,1	21,5	53,5	15:42:22	2,7	23,4	60,0
P9	09:42:25	3,7	21,4	53,5	15:42:24	2,5	23,4	60,0
P9	09:42:43	1,6	21,3	53,7	15:42:42	1,6	23,2	59,7
P9	09:42:45	1,8	21,3	53,8	15:42:44	1,6	23,2	59,6
P10	09:45:01	0,0	24,1	50,2	15:45:00	2,0	23,7	59,7
P10	09:45:03	0,0	24,1	50,0	15:45:02	2,0	23,9	59,7
P10	09:45:21	0,5	23,4	49,3	15:45:20	1,7	23,5	58,8
P10	09:45:23	0,6	23,3	49,4	15:45:22	1,9	23,5	58,7
P10	09:45:41	1,3	22,4	50,3	15:45:40	2,6	23,5	58,7
P10	09:45:43	1,2	22,3	50,5	15:45:42	2,3	23,5	58,7
P10	09:46:01	2,9	21,6	50,9	15:46:00	1,6	23,3	58,8
P10	09:46:03	2,9	21,5	50,9	15:46:02	1,9	23,3	58,9
P10	09:46:21	2,1	21,7	51,7	15:46:20	1,9	23,5	59,4
P10	09:46:23	2,0	21,7	51,8	15:46:22	1,3	23,6	59,5
P10	09:46:41	2,0	21,6	52,5	15:46:40	2,6	23,3	59,2
P10	09:46:43	1,7	21,6	52,5	15:46:42	2,0	23,3	59,2
P10	09:47:01	0,7	22,1	53,1	15:47:00	2,5	23,3	59,3

P10	09:47:03	0,6	22,2	53,1	15:47:02	2,5	23,3	59,3
P10	09:47:21	1,2	22,3	52,6	15:47:20	2,5	24,2	59,5
P10	09:47:23	1,5	22,3	52,5	15:47:22	2,7	24,6	59,5
P10	09:47:41	0,5	22,8	51,9	15:47:40	3,2	23,5	58,1
P10	09:47:43	1,0	22,8	51,8	15:47:42	3,3	23,6	58,1
P10	09:48:01	0,0	23,1	51,1	15:48:00	3,2	23,1	57,7
P11	09:50:01	1,1	22,0	52,0	15:50:00	0,7	24,1	57,7
P11	09:50:19	0,8	22,2	52,4	15:50:18	1,5	23,3	58,3
P11	09:50:21	0,8	22,2	52,5	15:50:20	1,4	23,2	58,4
P11	09:50:39	1,2	22,1	52,5	15:50:38	1,4	23,8	59,0
P11	09:50:41	0,9	22,1	52,5	15:50:40	0,9	23,9	59,1
P11	09:50:59	2,1	22,1	52,4	15:50:58	1,2	24,1	58,8
P11	09:51:01	2,0	22,0	52,4	15:51:00	1,4	24,0	58,7
P11	09:51:19	1,4	22,3	52,5	15:51:18	2,0	24,1	58,4
P11	09:51:21	1,7	22,3	52,5	15:51:20	2,1	23,7	58,2
P11	09:51:39	1,4	22,4	52,3	15:51:38	1,0	23,1	58,2
P11	09:51:41	1,7	22,4	52,3	15:51:40	0,8	23,2	58,4
P11	09:51:59	1,4	22,5	51,9	15:51:58	2,6	23,5	58,7
P11	09:52:01	1,7	22,5	51,9	15:52:00	2,5	23,5	58,7
P11	09:52:19	1,3	22,4	51,8	15:52:18	0,4	23,5	58,8
P11	09:52:21	1,3	22,4	51,8	15:52:20	0,4	23,5	58,9
P11	09:52:39	2,4	22,3	51,8	15:52:38	0,4	23,8	58,9
P11	09:52:41	2,4	22,3	51,8	15:52:40	0,4	23,8	58,8
P11	09:52:59	1,2	22,2	52,1	15:52:58	0,8	23,6	58,7
P11	09:53:01	1,3	22,2	52,2	15:53:00	0,7	23,5	58,8
P12	09:55:17	0,6	22,2	49,3	15:55:16	0,0	24,2	57,3
P12	09:55:19	0,4	22,2	49,4	15:55:18	0,4	24,2	57,3
P12	09:55:37	0,0	22,3	49,7	15:55:36	0,9	24,2	56,8
P12	09:55:39	0,0	22,3	49,7	15:55:38	0,8	24,1	56,8
P12	09:55:57	0,0	22,4	49,8	15:55:56	0,8	24,1	56,7
P12	09:55:59	0,0	22,5	49,9	15:55:58	0,7	24,1	56,7
P12	09:56:17	0,7	22,6	49,8	15:56:16	0,4	24,6	56,5
P12	09:56:19	0,8	22,6	49,8	15:56:18	0,0	24,6	56,5
P12	09:56:37	0,6	22,4	49,5	15:56:36	1,1	24,3	55,9
P12	09:56:39	0,4	22,3	49,5	15:56:38	1,0	24,1	55,8
P12	09:56:57	0,6	22,1	49,6	15:56:56	0,9	23,6	56,1
P12	09:56:59	0,3	22,1	49,7	15:56:58	0,8	23,7	56,2
P12	09:57:17	1,0	22,0	50,4	15:57:16	0,6	23,9	57,0
P12	09:57:19	0,9	22,0	50,4	15:57:18	0,7	23,9	57,0
P12	09:57:37	0,8	22,2	50,5	15:57:36	1,0	23,4	57,6
P12	09:57:39	0,8	22,2	50,4	15:57:38	0,8	23,5	57,7
P12	09:57:57	1,1	22,1	50,2	15:57:56	2,1	23,3	58,5
P12	09:57:59	1,1	22,1	50,2	15:57:58	1,9	23,2	58,6

Tabela D-9 Dados de iluminância à sombra na meia-estação. Abóbada celeste clara (100.000 lux).

Ponto de medição	Hora	Iluminância (lux)		Hora	Iluminância (lux)	
		Rua	Fachada		Rua	Fachada
	(manhã)			(tarde)		
P1	09:00:00	7.400	4.900	15:00:00	12.500	9.000
P2	09:05:00	4.300	500	15:05:00	8.300	550
P3	09:10:00	8.500	4.800	15:10:00	15.500	10.500
P4	09:15:00	15.000	8.000	15:15:00	31.500	13.000
P5	09:20:00	1.000	-	15:20:00	3.000	-
P6	09:25:00	100.000	-	15:25:00	100.000	-
P7	09:30:00	5.600	2.600	15:30:00	10.000	3.500
P8	09:35:00	5.800	2.700	15:35:00	10.400	4.700
P9	09:40:00	10.500	6.000	15:40:00	11.200	6.200
P10	09:45:00	13.500	6.700	15:45:00	20.500	10.000
P11	09:50:00	14.300	9.900	15:50:00	18.300	8.700
P12	09:55:00	9.000	4.000	15:55:00	10.600	8.200

E

Questionários de percepção, preferência e qualidade ambiental

Procedimentos

Foram aplicados duzentos questionários sobre percepção, preferência e qualidade ambiental em escala local. Os questionários foram aplicados entre os usuários da área central de Florianópolis no decorrer do ano de 2013, e distribuídos nos períodos do verão (25%), do inverno (25%) e da meia-estação (50%). O modelo de questionário adotado (**Figura E-1**) foi estruturado em duas partes:

Parte 1: Dados gerais sobre o dia, o local de aplicação do questionário, as condições meteorológicas no momento da aplicação do questionário e os dados individuais da pessoa que responde ao questionário.

Parte 2: Opinião do usuário do espaço sobre sua percepção e preferência ambiental. Os temas aqui abordados foram adaptados das normas internacionais sobre o ambiente térmico (ISO 10551: 1995). Questões acerca da qualidade ambiental do espaço urbano em escala local foram incorporadas ao formulário por uma necessidade levantada pelos próprios usuários do Centro de Florianópolis, durante a aplicação piloto dos vinte primeiros questionários. O modelo de questionário adotado apresenta perguntas fechadas para fins quantitativos, mas também foram registradas as eventuais observações dos usuários do ambiente exterior sobre o espaço. Foram ainda realizadas conversas informais com pessoas que fazem uso contínuo do pavimento térreo das edificações, em específico sobre o conforto ambiental interior e o uso dos sistemas de iluminação e de condicionamento artificial.

No verão: Foram aplicados cinquenta questionários nos meses de fevereiro e março de 2013, nos dias em que os dados climáticos locais da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz registraram as seguintes médias: temperatura do ar de 29,5 °C; umidade relativa do ar de 68% e velocidade do vento de 3,8 m/s.

No inverno: Foram aplicados cinquenta questionários no mês de agosto de 2013, nos dias em que os dados climáticos locais da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz registraram as seguintes médias: temperatura do ar de 15,7 °C; umidade relativa do ar de 47% e velocidade do vento de 2,8 m/s.

Na meia-estação: Foram aplicados cem questionários nos meses de abril, maio, outubro e novembro de 2013, nos dias em que os dados climáticos locais da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz registraram as seguintes médias: temperatura do ar de 22,8 °C; umidade relativa do ar de 65% e velocidade do vento de 2,7 m/s.

Modelo de questionário

MODELO DE QUESTIONÁRIO	
PARTE 1: Dados gerais, identificação e dados individuais do questionado	
Aplicador:	3 Dados individuais da pessoa
1 Dados gerais	3.1 Nome 3.2 Idade 3.3 Sexo
1.1 Data e hora	
(a) Data (b) Hora	3.4 Frequência de utilização e por quê
	(a) Diária (a) Trabalho/Estudo
2 Identificação do local	(b) Semanal (b) Residência
2.1 Logradouro/ Recinto	(c) Mensal (c) Turismo
	(d) Anual (d) Lazer
	(e) Outro
2.2 Condições meteorológicas	3.5 Cidade e bairro onde mora
(a) Temperatura do ar (°C):	
(b) Umidade relativa (%):	3.6 Meio de transporte que utiliza
(c) Velocidade do ar (m/s):	(a) Carro (d) Bicicleta
(d) Condições do céu:	(b) Ônibus (e) Apé
	(c) Moto (f) Outro
PARTE 2: Percepção, preferência e qualidade ambiental	
4 Percepção e preferência ambiental	5 Qualidade ambiental
4.1 Neste momento, você está sentindo:	5.1 Como você considera?
(a) Muito frio (d) Confortável	(a) Áreas verdes
(b) Frio (e) Um pouco quente	O B Re Ru
(c) Um pouco de frio (f) Quente	(b) Espaços de lazer
(g) Muito quente	O B Re Ru
4.2 Neste momento, você preferia estar sentindo:	(c) Pavimentação
(a) Muito mais frio (d) Sem mudanças	O B Re Ru
(b) Mais frio (e) Um pouco mais de calor	(d) Largura das vias
(c) Um pouco mais de frio (f) Mais calor	O B Re Ru
(g) Muito mais calor	(e) Largura das calçadas
4.3 Com relação à temperatura (do ar), você prefere:	O B Re Ru
(a) Mais baixa (c) Mais alta	(f) Mobilidade urbana
(b) Como está (d) Não sabe dizer	O B Re Ru
4.4 Com relação à umidade (relativa do ar), você prefere:	(g) Poluição sonora
(a) Mais seco (c) Mais úmido	O B Re Ru
(b) Como está (d) Não sabe dizer	(h) Poluição atmosférica
4.5 Com relação ao vento, você prefere:	O B Re Ru
(a) Mais fraco (c) Mais forte	(i) Altura dos edifícios
(b) Como está (d) Não sabe dizer	O B Re Ru
4.6 Com relação ao sol (exposição solar), você prefere:	(j) Utilização dos edifícios
(a) Mais branda (c) Mais intensa	O B Re Ru
(b) Como está (d) Não sabe dizer	(k) Tamanho das quadras
4.7 O que mais o incomoda?	O B Re Ru
(a) Temperatura (d) Sol	(O) Ótimo (Re) Regular
(b) Umidade (e) Não sabe dizer	(B) Bom (Ru) Ruim
(c) Vento	5.2 Itens mais desconfortáveis:
	(a) (b) (c) (d) (e)
	(f) (g) (h) (i) (j)
	(k)
	5.3 Aprova ou desaprova o local?
	(a) Aprova (b) Desaprova
Observações	

Figura E-1 Modelo de questionário sobre percepção, preferência e qualidade ambiental.

Resultados dos questionários

Perfil dos usuários do Centro de Florianópolis (Gráfico E-1 a Gráfico E-4)

Das duzentas pessoas que responderam ao questionário, 97% são habitantes da região metropolitana da Grande Florianópolis e 3% moradores de outras cidades. Quase metade dos entrevistados (44%) possui idade entre 15 e 25 anos e 70% frequentam o centro de Florianópolis diariamente durante a semana, sendo que 50% estudam ou trabalham no local e outros 10% residem na região. Mais da metade dos entrevistados (59%) utiliza o ônibus como meio de transporte principal até o bairro, 17% das pessoas deslocam-se a pé e somente 1% utiliza a bicicleta.

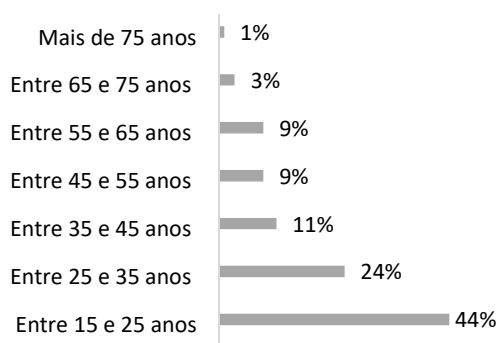


Gráfico E-1 Perfil dos usuários do Centro de Florianópolis: idade do entrevistado.

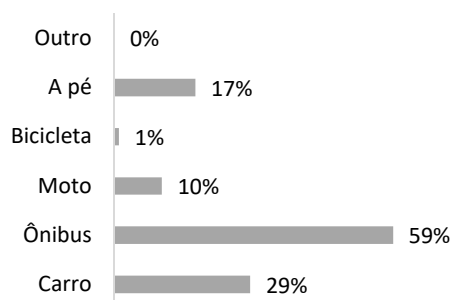


Gráfico E-2 Perfil dos usuários do Centro de Florianópolis: meio de transporte que utiliza para se deslocar até o espaço.

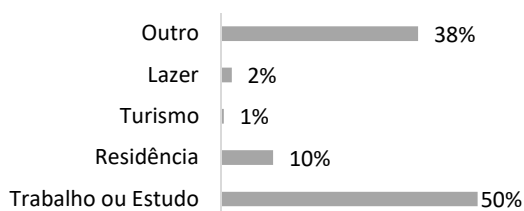


Gráfico E-3 Perfil dos usuários do Centro de Florianópolis: por qual motivo utiliza o espaço.

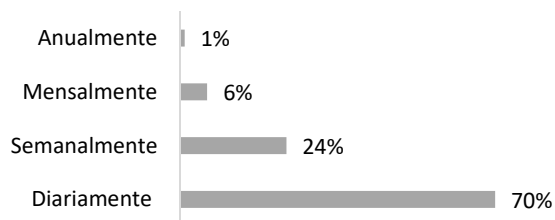


Gráfico E-4 Perfil dos usuários do Centro de Florianópolis: frequência com que utiliza o espaço.

Percepção e preferência ambiental: No verão (Gráfico E-5 a Gráfico E-11)

Somente 18% das pessoas que responderam aos questionários no verão consideram essas condições ambientais confortáveis. Para a maioria dos entrevistados (82%), a percepção ambiental é de calor, seja ele excessivo (32%), médio (30%) ou moderado (20%). Apesar dessa insatisfação, na opinião de 32% dos entrevistados não são necessárias mudanças nas condições ambientais. 68% dos usuários expuseram a prioridade de temperaturas do ar mais baixas e de uma exposição solar mais branda; ao passo que 30% indicaram a necessidade de maior umidade e 42% informaram a preferência por ventos mais fortes. Os fatores ambientais que ocasionam máximo incômodo nessa época são a exposição solar (52%) e a temperatura do ar (38%).

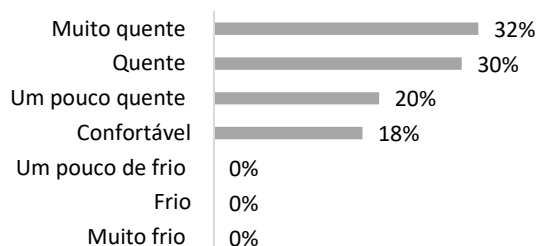


Gráfico E-5 Como está se sentindo (verão).

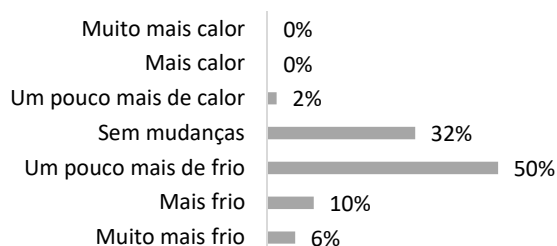


Gráfico E-6 Como preferia estar se sentindo (verão).

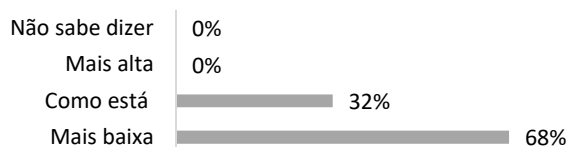


Gráfico E-7 Como prefere a temperatura do ar (verão).

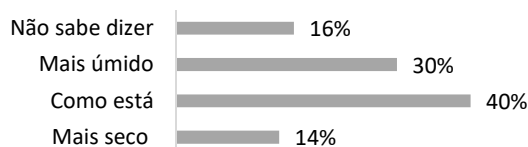


Gráfico E-8 Como prefere a umidade relativa do ar (verão).

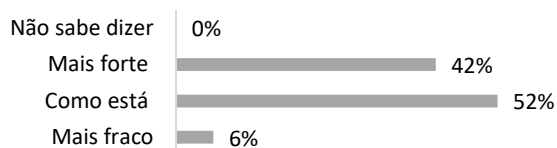


Gráfico E-9 Como prefere o vento (verão).

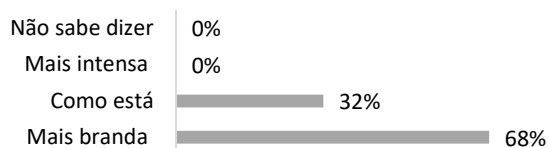


Gráfico E-10 Como prefere a insolação (verão).

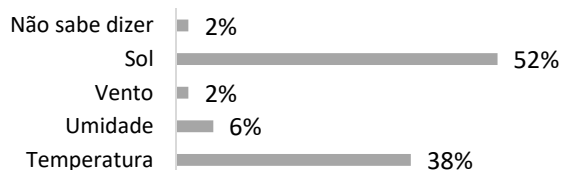


Gráfico E-11 O que mais incomoda (verão).

Percepção e preferência ambiental: No inverno (Gráfico E-12 a Gráfico E-18)

60% dos entrevistados consideram satisfatórias as condições ambientais de inverno. 48% declararam não serem necessárias mudanças para sua adequação. Para 46% dos usuários a necessidade é de mais calor, e alguns entrevistados opinam inclusive que um clima ainda mais frio seria o adequado (6%). O vento é o fator ambiental mais indesejado - 44% dos entrevistados preferem a redução da sua velocidade nessa época. Inclusive, o vento é considerado o fator ambiental mais incômodo no inverno, sendo assim apontado por 40% das pessoas. A exposição solar é considerada adequada para 64% dos entrevistados, outros 22% consideram necessária uma maior intensidade de sol.



Gráfico E-12 Como está se sentindo (inverno).

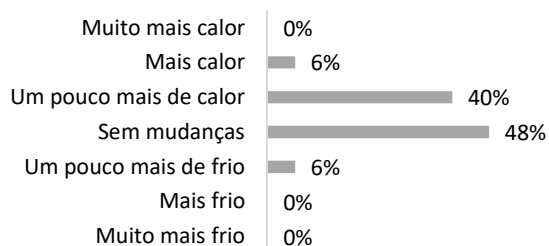


Gráfico E-13 Como preferia estar se sentindo (inverno).

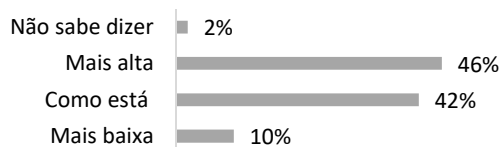


Gráfico E-14 Como prefere a temperatura do ar (inverno).

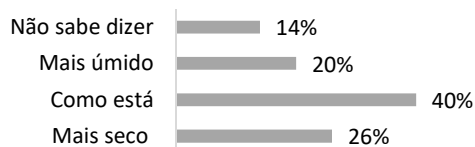


Gráfico E-15 Como prefere a umidade relativa do ar (inverno).

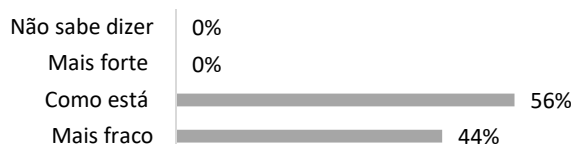


Gráfico E-16 Como prefere o vento (inverno).

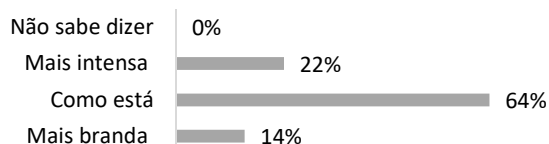


Gráfico E-17 Como prefere a insolação (inverno).

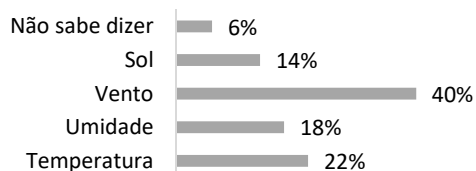


Gráfico E-18 O que mais incomoda (inverno).

Percepção e preferência ambiental: Na meia-estação (Gráfico E-19 a Gráfico E-25)

57% dos entrevistados consideram as condições ambientais da meia-estação confortáveis. Para 28% existe um desconforto derivado do calor e para 15% do frio. 69% dos usuários opinam que não há necessidade de mudanças nos resultados ambientais, e um número de pessoas prefere condições climáticas um pouco mais frias (18%) ou mais quentes (13%). Em todos os fatores ambientais, a porcentagem de satisfeitos é superior a 50%, sendo pequeno o número de entrevistados que sugere mudanças nessas condições. Em relação à temperatura do ar, por exemplo, 65% das pessoas entendem como satisfatória. Resultados semelhantes são ponderados quanto à umidade (71%), aos ventos (80%) e à exposição solar (69%). A exposição solar e a temperatura são os aspectos considerados mais incômodos para 47% e 31% dos entrevistados, respectivamente.

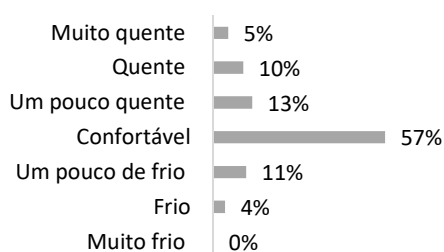


Gráfico E-19 Como está se sentindo (meia-estação).

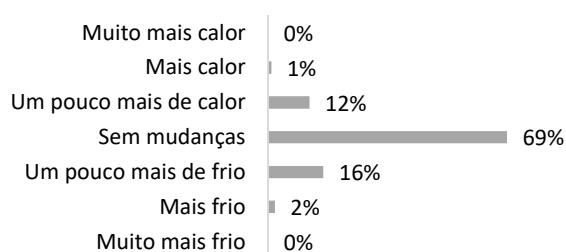


Gráfico E-20 Como preferia estar se sentindo (meia-estação).

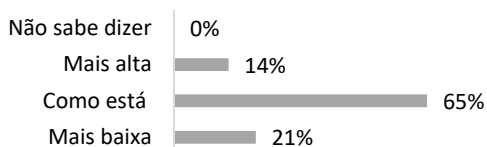


Gráfico E-21 Como prefere a temperatura do ar (meia-estação).

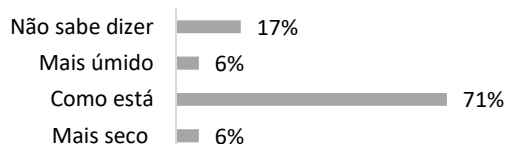


Gráfico E-22 Como prefere a umidade (meia-estação).

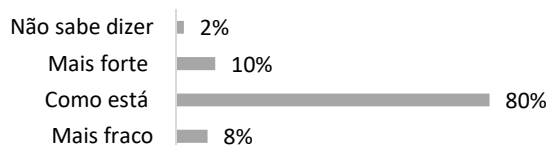


Gráfico E-23 Como prefere o vento (meia-estação).

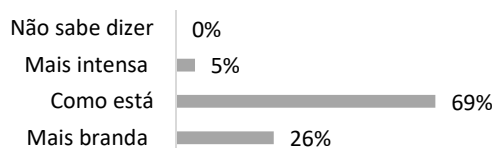


Gráfico E-24 Como prefere a insolação (meia-estação).

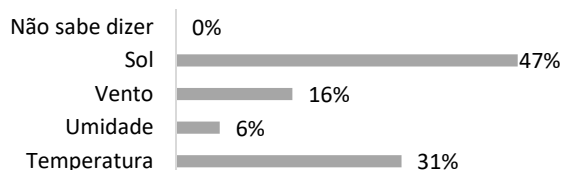


Gráfico E-25 O que mais incomoda (meia-estação).

Resultados gerais de desempenho térmico

Os resultados dos questionários aplicados entre os usuários da área urbana central de Florianópolis comprovam que existe sempre uma porcentagem, ainda que mínima, de pessoas satisfeitas e de pessoas insatisfeitas, em quaisquer condições ambientais. Alguns usuários consideraram confortáveis os dias de inverno em que os registros de temperatura do ar estiveram abaixo dos 13°C, inferiores ao que usualmente é considerado o limite de conforto. Da mesma maneira, outros transeuntes apontaram como adequadas as temperaturas do ar no verão acima dos 30°C. Os dias que marcaram temperaturas do ar aproximadas aos 21 ou 22°C receberam o maior número de respostas positivas quanto à sensação térmica dos usuários. Em Florianópolis, o maior intervalo de neutralidade térmica está entre os 17 e os 25°C, interstício considerado confortável para quase 61% dos entrevistados (**Gráfico E-26**). A medida em que ocorre o aumento da temperatura do ar para além desse limite, o número de usuários insatisfeitos também aumenta e, em geral, existe maior desconforto procedente do calor excessivo. A exceção pode ser verificada nas situações em que os registros de temperatura do ar estiveram abaixo dos 13°C.

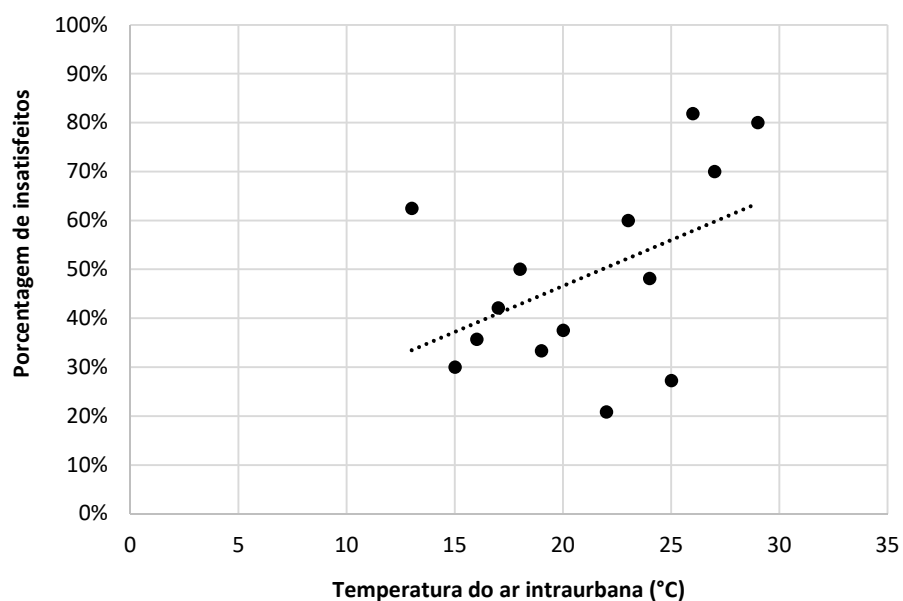


Gráfico E-26 Relação entre a porcentagem de usuários insatisfeitos (%) e a temperatura do ar intraurbana (°C) em Florianópolis.

Fonte: Elaborado pela autora, com os resultados dos questionários estruturados.

Considerando esses resultados e o clima local de Florianópolis, as temperaturas médias do ar no período diurno estão em condições de neutralidade térmica nos meses de maio, setembro, outubro e novembro. De dezembro a abril, o desconforto é ocasionado pelas altas temperaturas do ar, enquanto de junho a agosto, o desconforto deve-se às baixas temperaturas.

Qualidade ambiental em escala local

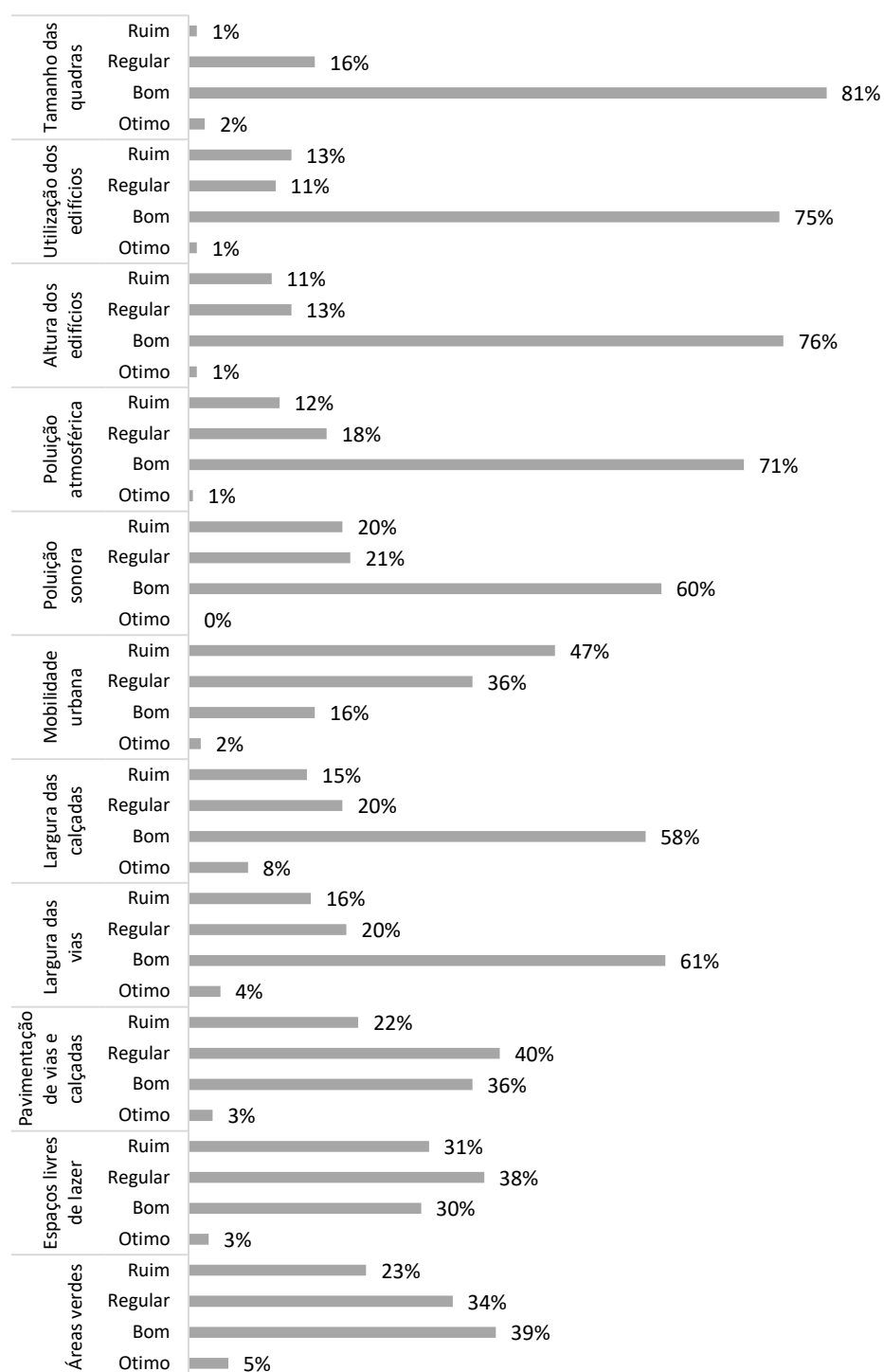


Gráfico E-27 Opinião dos usuários do Centro de Florianópolis sobre a qualidade ambiental em escala local.

F

Simulações computacionais

Procedimentos

Foram desenvolvidas simulações computacionais em complemento às medições *in loco* - no verão, no inverno e na meia-estação (primavera) - para fins de análise ambiental, com os softwares Envi-met 3.1 e Autodesk Ecotect Analysis. Os modelos computacionais foram calibrados com os dados obtidos nas medições sequenciais *in loco*.

O Envi-met consiste em um modelo tridimensional concebido para simular especificamente o microclima urbano. Os resultados do programa permitem análises relacionadas à atmosfera (vento, temperatura e umidade do ar, poluentes), solo (temperatura, fluxos de água), vegetação (trocas de calor e vapor) e superfícies (fluxos e transferência de calor) (ENVI-MET, 2012). O software é atualmente o mais aceito na comunidade científica para avaliações do microclima urbano e tem sido utilizado em pesquisas nacionais e internacionais (SPANGENBERG et al., 2008; SILVA; ROMERO, 2010; MINELLA; RASIA; et al., 2011; ROMERO, 2011; YANG et al., 2011; YAHIA, 2012; NG et al., 2012; TALEB; ABU-HIJLEH, 2013).

O Autodesk Ecotect Analysis é um software que permite a análise ambiental em escala urbana e arquitetônica, incluindo o consumo energético, o desempenho térmico, a radiação solar, a iluminação natural, as sombras e os reflexos (AUTODESK, 2012). O programa também é bastante aceito como instrumento de trabalho no meio acadêmico (ROMERO, 2011; STRØMANN-ANDERSEN; SATTRUP, 2011; YANG et al., 2011; KANTERS; HORVAT, 2012).

Dados de entrada do modelo Envi-met 3.1

Os dados de entrada do modelo Envi-met foram obtidos nos registros climáticos de 2013 da estação meteorológica Aeroporto Hercílio Luz e do Department of Atmospheric Science da University of Wyoming, disponível em: <<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>.

No verão (17/2/2013)

Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY) = 17.02.2013

Start Simulation at Time (HH:MM:SS) = 06:00:00

Total Simulation Time in Hours = 12.00

Save Model State each ? min = 60

Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s] = 3

Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) =337.5

Roughness Length z0 at Reference Point = 0.1

Initial Temperature Atmosphere [K] = 308

Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air]* = 10.60
Relative Humidity in 2m [%] = 89
Database Plants = [input]\Plants.dat
[PMV] _____ Settings for PMV-Calculation
Walking Speed (m/s) = 0.3
Energy-Exchange (Col. 2 M/A) = 116
Mech. Factor = 0.0
Heattransfer resistance cloths = 0.5
[BUILDING] _____ Building properties
Inside Temperature [K] = 293
Heat Transmission Walls [W/m²K] = 2.9
Heat Transmission Roofs [W/m²K] = 6
Albedo Walls = 0.2
Albedo Roofs = 0.3

*Dado obtido no site do Department of Atmospheric Science da University of Wyoming.
Disponível em: <<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>. Acesso em:
15/1/2014.

No inverno (11/8/2013)

Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY) = 11.08.2013
Start Simulation at Time (HH:MM:SS) = 06:00:00
Total Simulation Time in Hours = 12.00
Save Model State each ? min = 60
Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s] = 3
Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) = 180
Roughness Length z0 at Reference Point = 0.1
Initial Temperature Atmosphere [K] = 288
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air]* = 5.55
Relative Humidity in 2m [%] = 72
Database Plants = [input]\Plants.dat
[PMV] _____ Settings for PMV-Calculation
Walking Speed (m/s) = 0.3
Energy-Exchange (Col. 2 M/A) = 116
Mech. Factor = 0.0
Heattransfer resistance cloths = 1.0
[BUILDING] _____ Building properties
Inside Temperature [K] = 293
Heat Transmission Walls [W/m²K] = 2.9
Heat Transmission Roofs [W/m²K] = 6
Albedo Walls = 0.2
Albedo Roofs = 0.3

*Dado obtido no site do Department of Atmospheric Science da University of Wyoming.
Disponível em: <<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>. Acesso em:
15/1/2014.

Na meia-estação (17/11/2013)

Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY) = 17.11.2013
Start Simulation at Time (HH:MM:SS) = 06:00:00
Total Simulation Time in Hours = 12.00

Save Model State each ? min = 60
Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s] = 3
Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) = 90
Roughness Length z0 at Reference Point = 0.1
Initial Temperature Atmosphere [K] = 298
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air]* = 2.27
Relative Humidity in 2m [%] = 69
Database Plants = [input]\Plants.dat
[PMV] _____ Settings for PMV-Calculation
Walking Speed (m/s) = 0.3
Energy-Exchange (Col. 2 M/A) = 116
Mech. Factor = 0.0
Heattransfer resistance cloths = 0.5
[BUILDING] _____ Building properties
Inside Temperature [K] = 293
Heat Transmission Walls [W/m²K] = 2.9
Heat Transmission Roofs [W/m²K] = 6
Albedo Walls = 0.2
Albedo Roofs = 0.3

*Dado obtido no site do Department of Atmospheric Science da University of Wyoming. Disponível em: <<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>. Acesso em: 15/1/2014.

Dados de entrada do modelo Autodesk Ecotect Analysis

Os dados de entrada do modelo Autodesk Ecotect Analysis foram obtidos na base climática do próprio software e convertidos em um arquivo com extensão WEA (Weather Data File), que apresenta as informações climáticas sobre Florianópolis.