

# INFLUÊNCIA DO ADENSAMENTO CONSTRUTIVO SOBRE OS MICROCLIMAS Estudos brasileiros e singularidades do Sul

THE INFLUENCE OF CONSTRUCTIVE THINNING  
ON MICROCLIMATES  
Brazilian Studies and Southern singularities

Mônica Machado dos Santos<sup>1</sup>,  
Lisandra Fachinello Krebs<sup>2</sup> e Raischa Holz Ribak<sup>3</sup>

## Resumo

Diferentes densidades construídas resultam em distintos microclimas em espaços urbanos abertos, influenciando no conforto térmico de pedestres. Este artigo discute os efeitos do adensamento sobre o conforto térmico em espaços urbanos abertos, apontando potencialidades para estudos ao Sul do Brasil, a partir de uma revisão narrativa de literatura. Os estudos analisados demonstram a relação direta entre os efeitos do adensamento construtivo e os respectivos clima das cidades brasileiras. Ao Sul da Região Sul do Brasil, a influência do inverno frio altera padrões recorrentes em outras cidades brasileiras. Os resultados evidenciam a importância de mais estudos desta natureza para a Região Sul, analisando formas de adensamento, revestimentos de edificações e pavimentações, e efeitos da vegetação para o conforto térmico ao nível do pedestre em espaços urbanos abertos.

Palavras-chave: adensamento construtivo, microclimas urbanos, Região Sul.

## Abstract

*Different built densities result in different microclimates in open urban spaces, influencing the thermal comfort of pedestrians. This article discusses the effects of densification on thermal comfort in open urban spaces, pointing out potential for studies in southern Brazil, based on a narrative literature review. The analyzed studies demonstrate the direct relationship between the effects of building densification and the respective climate of Brazilian cities. In the south of the southern region of Brazil, the influence of the cold winter alters recurring patterns in other Brazilian cities. The results show the importance of further studies of this nature for the South Region, analyzing forms of densification, building coatings and pavements, and the effects of vegetation on thermal comfort at the pedestrian level in open urban spaces.*

*Keywords: constructive density; urban microclimates, South Region.*

<sup>1</sup> Arquiteta e Urbanista, mestranda na área de Urbanismo Contemporâneo, Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas. monicamsantos@outlook.com

<sup>2</sup> Professora no Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas. lisandra.krebs@ufpel.edu.br

<sup>3</sup> Acadêmica na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas. raischa.h.ribak@gmail.com



Figura 1 - Exemplo de Cânion Urbano na Avenida Borges de Medeiros, Porto Alegre. Fonte: Omar Junior, 2008.

## Introdução

No Brasil, é comum que a especulação imobiliária em centros urbanos médios a grandes estimule o aumento da densidade construída em zonas consideradas de interesse econômico. Esta dinâmica resulta em significativas modificações no tecido urbano, sem que os efeitos de maiores densidades construídas sobre os microclimas sejam previstos. Variáveis ambientais como a direção e a velocidade dos ventos, a temperatura e a umidade do ar, e a temperatura radiante média são alteradas com as mudanças na morfologia urbana. Isto modifica os microclimas, alterando a sensação de conforto térmico ao nível do pedestre em espaços abertos e podendo, inclusive, influenciar o conforto térmico e a eficiência energética das edificações próximas.

A especulação imobiliária também direciona à construção de determinadas tipologias. Carvalho (2008) observou a estreita relação entre o mercado imobiliário residencial e as transformações na paisagem urbana da cidade de São Paulo. O autor constatou que o aumento do valor dos terrenos e o interesse no maior aproveitamento do solo, aliados aos parâmetros urbanísticos, resultaram na expressiva construção de torres isoladas nos bairros Itaim Bibi e Higienópolis e de conjuntos de torres na Vila Leopoldina.

De modo semelhante, Inda (2003) analisou os impactos dos planos diretores de 1959 a 1999 sobre as tipologias edificadas no bairro Cidade Baixa, em Porto Alegre/RS, destacando a construção de edifícios torres e sem recuos nos primeiros pavimentos, naquele período. Essa tipologia explorou os máximos limites construtivos do Plano Diretor vigente.

Aguiar et al. (2017) contam que, em Fortaleza/CE, a intensa influência da especulação imobiliária acarretou na verticalização das edificações e na formação de cânions urbanos<sup>4</sup>. A figura 1 exemplifica a caracterização de cânion urbano. Um processo similar ocorreu no bairro de Copacabana, Rio de Janeiro, influenciado por diferentes Planos Municipais vigentes no período entre 1930 e 2010 (BARBOSA; ROSSI; DRACH, 2014). Ambos os estudos apontaram que a alteração na morfologia urbana implicou

<sup>4</sup> Consistem na combinação de superfícies horizontais, as vias, e verticais, as edificações (NUNEZ e OKE, 1977).

na elevação da temperatura do ar, ao nível do pedestre, principalmente no período próximo ao meio dia, e na mudança na direção e velocidade do vento.

Estudos de simulação dos cenários de adensamento construído trazem o aspecto do conforto térmico ao nível do pedestre às decisões de planejamento urbano. Desta forma, a escolha por uma ou outra alternativa projetual poderá alinhar-se a um uso mais saudável das cidades estimulando o caminhar, o uso da bicicleta, e tantas outras ocupações compatíveis com microclimas urbanos termicamente confortáveis.

A Região Sul do Brasil apresenta uma singularidade em relação às demais: o inverno com temperaturas mais frias. Os verões são caracterizados por elevadas temperaturas, apresentando grandes amplitudes térmicas e estações bem definidas ao longo do ano. Kottek et al. (2006) contam que, segundo a classificação Köppen-Geiger, o clima da Região Sul brasileira divide-se basicamente em “CFa”: subtropical úmido, caracterizado por distintas estações de aquecimento e resfriamento, alta umidade e verões quentes; e “CFb”: clima temperado úmido com verões amenos. A grande amplitude térmica diária também é observada na maioria das cidades ao Sul do Brasil. Tais características requerem diferentes estratégias arquitetônicas e urbanísticas, se comparadas a outras regiões brasileiras.

Este estudo integra uma pesquisa maior sobre os efeitos do adensamento construtivo sobre os microclimas urbanos em cidades médias ao Sul do Sul do Brasil. O recorte aqui apresentado discute os efeitos do adensamento sobre o conforto térmico nos espaços urbanos abertos a partir da revisão de estudos análogos desenvolvidos em cidades brasileiras, incluindo a Região Sul.

### Metodologia

O método empregado foi a revisão narrativa de literatura, em estudos revisados por pares. A busca foi feita majoritariamente pelo motor de busca “Portal de Periódicos CAPES”, que reúne as principais revistas nacionais e internacionais na área, e pelo “Google Acadêmico”. O website “Researchgate”, os repositórios digitais de universidades brasileiras (com Teses e Dissertações) foram também consultados. Adicionalmente, Anais dos dois maiores eventos nacionais na área de tecnologia e conforto foram incluídos na busca: o “Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído” (ENCAC) e o “Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído” (ENTAC). Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: “microclima”, “verticalização”, “Envi-met”, “adensamento”, “densidade construída”, “conforto térmico”, “ilha de calor” e “zonas climáticas”.

A revisão conta com vinte e dois trabalhos compostos por artigos, teses e dissertações, sendo dezoito sobre adensamento, e quatro que tratam de outros assuntos na região sul, abrangendo o período entre 2007 e 2021. O idioma prioritário é o Português. A revisão de literatura foi desenvolvida em três etapas. As duas primeiras etapas dedicam-se a estudos sobre os efeitos do adensamento, caracterizando-os e discutindo seus resultados. A terceira etapa aborda a influência da morfologia no microclima urbano especificamente na Região Sul.

### Caracterização de estudos sobre adensamento e microclimas

Oliveira et al. (2021) destaca que o Brasil é o segundo país que mais publica artigos em inglês sobre verticalização e microclima em cidades tropicais, com o principal foco de estudo na geometria urbana. A Tabela 1 agrupa os dezoito estudos analisados sobre

adensamento construtivo e microclima. Os trabalhos contemplam sete climas distintos em capitais e cidades médias de até 320 mil habitantes<sup>5</sup> em onze estados brasileiros. A Tabela 2 detalha informações climáticas conforme as correspondentes siglas usadas na classificação climática de Köppen-Geiger.

Contextualização dos artigos						
Autor	Localização	Clima Köppen	Foco	Método	Software	
GIROTTI, C.; SHIMOMURA A. R. P. (2021)	São Paulo - SP	Cfb	tipologias construtivas e vegetação	simulação paramétrica	Rhinoceros. Plugins Grasshopper e Dragonfly	
MEDEIROS, J. M. M.; FILHO, L.G. A. (2021)	Palmas - TO	Aw	verticalização	simulação computacional	ENVI-met	
OLIVEIRA, A. K. N et al. (2021)	-	Diversos	verticalização em climas tropicais	revisão bibliográfica	nenhum	
BRANDAO, L. K. V. (2020)	Arapiraca - AL	Bsh	adensamento, verticalização e orientação solar	simulação computacional	ENVI-met	
GUSSON, C. S. (2020)	São Paulo - SP	Cfb	verticalização e materiais da edificação	simulação computacional	ENVI-met	
MONTEIRO, F. (2020)	Macapá - AM	Am	verticalização e vegetação	simulação computacional	ENVI-met	
NOVAES, G. B. A. (2020)	São Paulo - SP	Cfb	verticalização e adensamento existente	simulação computacional	ENVI-met	
MARTINS, W. T. O. S.; ROSSETI, K. A. C. (2019)	Cuiabá - MT	Aw	adensamento existente e vegetação	simulação computacional	ENVI-met	
SANTOS, E. B.; AMORIM A. C.; SIMÕES, R. M. (2019)	Colatina - ES	Aw	verticalização e taxa de ocupação	simulação computacional	ENVI-met	
LIMA, D.C.R.; LIMA, P.R.; CARAM, R.M. (2018)	Umuarama - PR	Cfa	cânions urbanos e vegetação	simulação computacional	ENVI-met	
MUNIZ-GAAL, L. P.; PEZZUTO, C. C.; CARVALHO, M. F. H. de; MOTA, L. T. M. (2018)	Campinas - SP	Cfa	cânions urbanos, adensamento, verticalização e orientação solar	simulação computacional	ENVI-met	
NOGUEIRA, A. M. P. et al. (2018)	Maceió - AL	As	verticalização	simulação computacional	ENVI-met	
MORSCH M. R. S.; SILVOSO M. M. (2017)	Passo Fundo - RS	Cfa	densidade e vegetação em morfologias existentes	medições em campo	nenhum	
BARBOSA, G. S.; ROSSI, A. M. G.; DRASH, P. R. C. (2014)	Rio de Janeiro - RJ	Aw	verticalização e adensamento existente	simulação computacional	ENVI-met	
GUSSON, C. S. (2014)	São Paulo - SP	Cfb	tipologia e orientação solar	simulação computacional	ENVI-met	

5 Exceção de Campinas - SP com 1.200.000 habitantes, não sendo capital ou cidade de médio porte.



SCHMITZ, L. K. (2014)	Curitiba - PR	Cfb	prognóstico de verticalização e do aquecimento global e medidas de mitigação	simulação computacional	ENVI-met
SILVA, C. F. (2013)	Brasília - DF	Aw	Cânions urbanos, materialidade do solo e orientação solar	simulação computacional	ENVI-met
FRANCISCO R. C. A. (2012)	Belo Horizonte - MG	Cwa	verticalização e vegetação	simulação computacional	ENVI-met

Legenda da classificação climática Köppen				
Sigla	Classificação	Grupo	Tipo	Subtipo
Am	Clima de monção	Tropical	de monção	--
As	Clima de savana	Tropical	de savana	Verão seco
Aw	Clima de savana	Tropical	de savana	Inverno seco
Bsh	Clima semiárido quente	Seco	semiárido	Quente
Cfa	Clima subtropical úmido	Temperado	sem estação seca	Verão quente
Cfb	Clima oceânico temperado	Temperado	sem estação seca	Verão fresco
Cwa	Clima subtropical úmido	Temperado	inverno seco	Verão quente

\*cores representadas a partir do mapa Köppen original

Os trabalhos analisados focam na análise de morfologias existentes (BARBOSA et al., 2014; MARTINS e ROSSETI, 2019; NOVAES, 2020; MORSCH e SILVOSO, 2017); propostas de aumento de verticalização em novos loteamentos (BRANDÃO, 2020; GUSSON, 2020; MUNIZ-GÄAL et al., 2018; NOGUEIRA et al., 2018) ou sobre uma morfologia urbana consolidada (MEDEIROS e FILHO, 2021; MONTEIRO, 2020; SANTOS et al. 2019; LIMA et al., 2018; SCHMITZ, 2014; FRANCISCO 2012); análise de cânions urbanos (MUNIZ-GÄAL et al., 2018; LIMA et al., 2018; SILVA, 2013); tipologias construtivas (GIROTTI e SHIMOMURA, 2021; GUSSON, 2014) e de revisão bibliográfica (OLIVEIRA et al., 2021).

Os estudos de cânions urbanos relacionam diferentes combinações de alturas das edificações com a largura das vias (H/W) e seus efeitos sobre os microclimas onde estão inseridas. Os estudos que analisam diferentes tipologias construtivas contemplam edificações-torre, perimetral, perimetral com subtração (semiaberta) e lâmina. Outros estudos simulam o adensamento apenas com edifícios torre, tipologia que possibilita maior aproveitamento do solo e atende às legislações urbanísticas municipais, alternando alturas e taxa de ocupação.

Onze estudos comparam, além do adensamento, também variáveis naturais (vegetação e orientação solar) e construtivas (materialidade dos edifícios e das pavimentações). GIROTTI et al. (2021); MONTEIRO (2020), MARTINS e ROSSETI. (2019), LIMA et al. (2018), MORSCH e SILVOSO (2017), FRANCISCO (2012) abordam a influência da vegetação sobre o microclima. BRANDÃO (2020); MUNIZ-GÄAL et al. (2018); GUSSON, (2014) e SILVA (2013) estudaram a influência de diferentes orientações de eixos de vias sobre os microclimas. GUSSON (2020) e SILVA, (2013) simularam cenários com distintas materialidades onde variam os índices de refletância nas edificações e nas pavimentações.

A maior parte dos estudos realizaram simulação computacional de cenários reais e hipotéticos por meio do programa ENVI-met. MORSCH e SILVOSO (2017) analisaram o adensamento por meio de medições locais das variáveis ambientais temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos. OLIVEIRA et al. (2021) realizaram a revisão de literatura de estudos sobre verticalização em cidades tropicais no Brasil e no exterior.

### Variáveis de estudo

A Tabela 3 apresenta os detalhes sobre a localização, o clima, o período analisado e as variáveis apuradas pelos estudos. Todos os estudos são ao nível do pedestre.

Parâmetros utilizados no estudo										
Autores	Localização	Clima (Köppen)	Período		Variáveis para análise de resultados					
			Verão/primavera	Inverno/outono	Temperatura média radiante	Temperatura do ar	Direção do vento	Velocidade do vento	Umidade relativa	Índice térmico
GIROTTI, C.; SHIMOMURA A. R. P. (2021)	São Paulo - SP	Cfb	X	X		X				
MEDEIROS, J. M. M.; FILHO, L.G. A. (2021)	Palmas - TO	Aw	X	X	X					
BRANDÃO, L. K. V. (2020)	Arapiraca - AL	Bsh	X		X	X	X	X		PMV
GUSSON, C. S. (2020)	São Paulo - SP	Cfb		X	X					TEP
MONTEIRO, F. (2020)	Macapá - AM	Am	X		X	X	X	X		PET e UTCI
NOVAES, G. B. A. (2020)	São Paulo - SP	Cfb	X		X	X	X	X	X	TEP
MARTINS, W. T. O. S.; ROSSETI, K. A. C. (2019)	Cuiabá - MT	Aw		X		X	X	X		
SANTOS, E. B.; AMORIM A. C.; SIMÕES, R. M. (2019)	Colatina - ES	Aw	X							IDT, PMV, TEv
LIMA, D.C.R.; LIMA, P.R.; CARAM, R.M. (2018)	Umuarama - PR	Cfa	X	X						PET
MUNIZ-GÄAL, L. P.; PEZZUTO, C. C.; CARVALHO, M. F. H. de; MOTA, L. T. M. (2018)	Campinas - SP	Cfa	X	X		X		X		PET
NOGUEIRA, A. M. P. et al. (2018)	Maceió - AL	As	X			X	X	X		
MORSCH M. R. S.; SILVOSO M. M. (2017)	Passo Fundo - RS	Cfa	X			X	X	X	X	
BARBOSA, G. S.; ROSSI, A. M. G.; DRASH, P. R. C. (2014)	Rio de Janeiro - RJ	Aw	X			X				PET e UTCI

GUSSON, C. S. (2014)	São Paulo - SP	Cfb		X	X	X	X	X		
SCHMITZ, L. K. (2014)	Curitiba - PR	Cfb	X	X	X	X		X	X	UTCI
SILVA, C. F. (2013)	Brasília - DF	Aw	X							PMV
FRANCISCO R. C. A. (2012)	Belo Horizonte - MG	Cwa		X		X		X	X	

Quanto às variáveis ambientais apresentadas para as discussões de resultados, menos da metade (sete de dezessete) utilizou a temperatura radiante média e a umidade relativa do ar. A maioria analisou diretamente a temperatura do ar, a velocidade e a direção do vento. A umidade relativa do ar foi analisada em apenas três dos dezessete estudos. Outra ferramenta utilizada para avaliar o conforto são os índices térmicos, os quais apareceram em mais de metade dos estudos. Foram identificados seis diferentes índices de conforto térmico: Voto Médio Estimado (PMV), Temperatura Equivalente Percebida (TEP), Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), Índice Climático Térmico Universal (UTCI), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Temperatura Efetiva em Função do Vento (TEv).

### Discussão sobre os estudos e seus resultados

Dentre os estudos que simulam verticalizações em configurações existentes, a maior parte trabalha com inserções de edifícios em diferentes alturas (alguns por restrição das legislações urbanas como taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento). Com exceção de Brandão (2020), os estudos que trabalham com verticalizações em loteamentos hipotéticos simulam a implantação de edifícios-torre<sup>6</sup> de mesma altura, o que dificilmente ocorre na malha urbana, que comumente se desenvolve de modo heterogêneo.

Dentre outros aspectos, a heterogeneidade de alturas das edificações interfere na dinâmica dos ventos, variável de grande influência sobre o conforto térmico. Novaes (2020) observou que o recorte urbano com edificações de alturas mais variadas e altura média de 10 metros, aliada a orientação da via no sentido dos ventos predominantes, resultou no melhor desempenho térmico para o verão em 2018. A grande variabilidade nas alturas das edificações permite a circulação dos ventos, auxiliando na retirada do calor.

A escala de verticalização varia dentre as investigações. Aproximadamente metade dos estudos contemplam verticalizações de até 15 pavimentos (o que equivale a aproximadamente 45 metros de altura), e os demais (sobretudo os realizados para capitais) simulam alturas maiores, chegando a até 40 pavimentos (o equivalente a aproximadamente 119 metros de altura).

Para os climas quentes, nos estudos para edificações de até 15 pavimentos, os cenários mais verticalizados são apontados como favoráveis ao conforto térmico ao nível do pedestre, provavelmente devido a um equilíbrio entre sombreamento e permeabilidade dos ventos. Em estudos com verticalizações mais elevadas (até 40 pavimentos), edifícios com alturas intermediárias em relação às hipóteses consideradas, entre 8 e 27 pavimentos. Para o clima de São Paulo, "Cfb", a temperatura radiante entre torres de 81 metros foi menor comparada a cenários com verticalizações de 119 e 44 metros, às 12 horas no mês de abril (GUSSON, 2020).

<sup>6</sup> A proporção entre a altura e a base da edificação apresenta uma verticalidade visual.

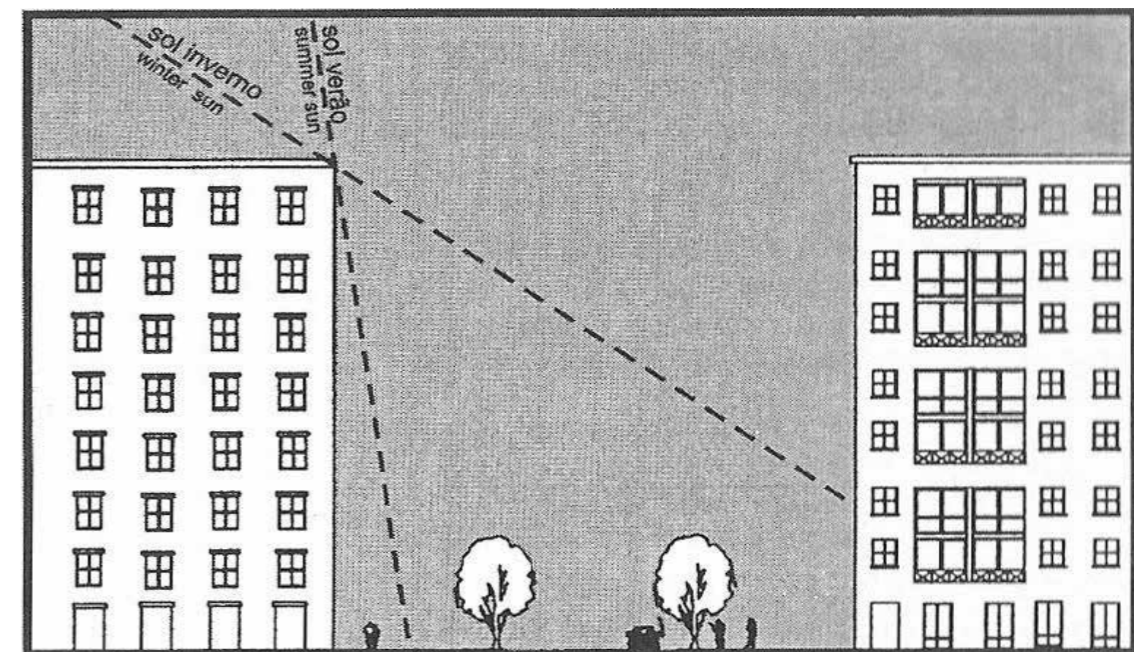


Figura 2 - Imagem com as proporções W/H entre 0,5 e 0,6. Fonte: *Ambiência Urbana*, 3ª ed. 2009.

Para locais com outras características climáticas como a baixa umidade, a verticalização pode elevar o desconforto térmico. Medeiros e Filho (2021) observaram que edificações mais altas aumentaram a rugosidade e, conseqüentemente, elevaram a velocidade do ar, reduzindo a umidade, variável importante para o clima seco (tropical de savana) de Palmas - To. Schmitz (2014) informa que em cidades de clima com invernos de baixas temperaturas, o sombreamento resultante da verticalização pode colaborar com o desconforto térmico, como observado em Curitiba- PR. Nesse estudo, a proposição em diminuir a altura das edificações para 6, 8 ou 10 pavimentos, adicionando vegetação e utilizando materiais de elevado albedo, mostraram-se mais eficientes para ambos os períodos de inverno e verão, em cenários de aquecimento global (prognósticos para os anos de 2036 e 2061).

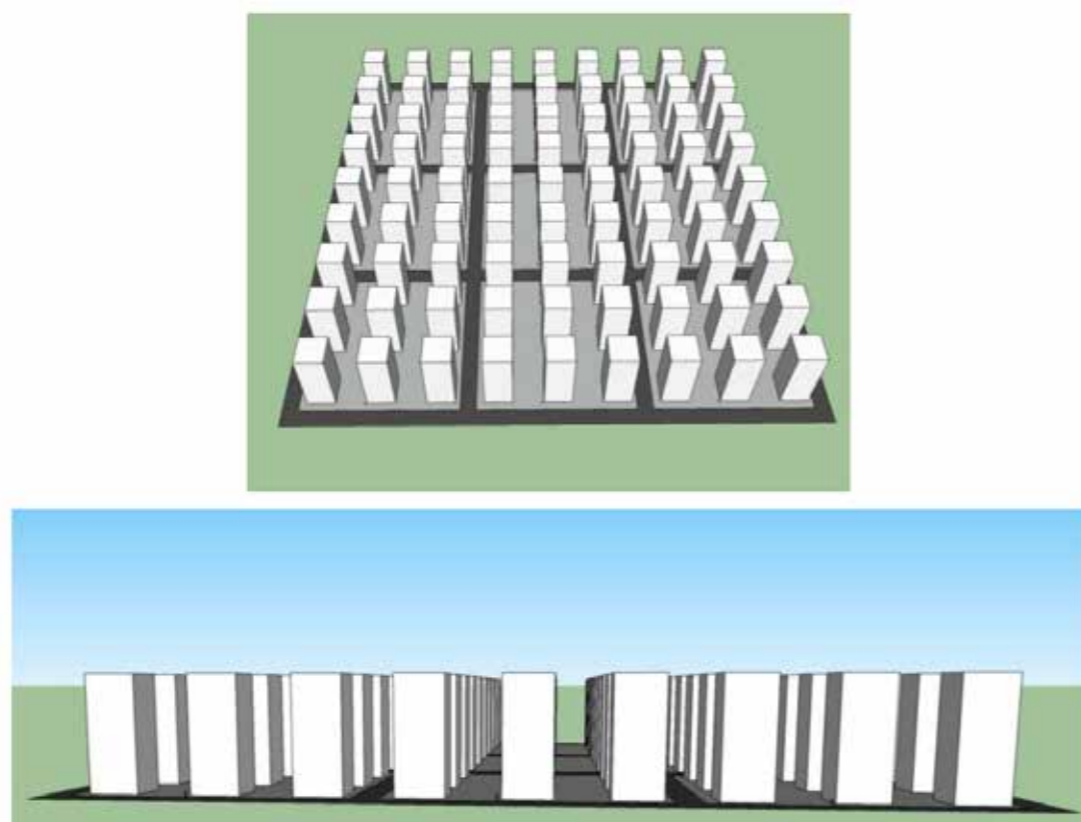
Referentes aos estudos em cânions urbanos, é clara a influência do clima da cidade estudada nos resultados. A Figura 2 demonstra um cânion urbano com a proporção da largura da via e a altura da edificação menor que 1. No clima subtropical úmido "Cfa", para o período de verão, foi mais indicado uma proporção mais verticalizada, H/W de 1,4 e 2, respectivamente para Campinas - SP (MUNIZ-GÄAL et. al, 2018) e Umuarama - PR (LIMA et al., 2018).

Já para o período de inverno, Muniz-Gaal et al. (2018) identificou melhor desempenho de conforto térmico, em proporções menores que no verão, H/W entre 0,8 e 1. Diferentemente, para o clima tropical de savana "Aw", Silva (2013) identificou melhor desempenho do índice térmico PMV, em Brasília, para cavidades em que a largura da via é maior que a altura dos edifícios, proporção W/h entre 3 e 7.

A orientação da via é outro fator importante a ser considerado, visto que as fachadas e áreas de determinado ponto podem receber mais ou menos radiação solar, além das edificações poderem gerar maior ou menor sombreamento sobre o entorno. A orientação da via também é analisada em relação aos ventos predominantes. Quando as vias são posicionadas paralelas à direção dos ventos, possivelmente, a ventilação será acentuada. Ao contrário ocorre na direção perpendicular aos ventos predominantes, ou seja, o vento pode ser barrado pelas edificações. O vento também pode ser distribuído de modo mais uniforme entre as vias quando elas são rotacionadas 45° em relação aos ventos predominantes, conforme observado nos estudos Gusson (2014), Muniz-Gaal et al (2018) e Brandão (2020).



Figura 3 - Cenário de verticalização em torres. Fonte: Gusson, 2014.



Observando a relevância do vento sobre o conforto térmico, destaca-se dois estudos em clima tropical de savana, “Aw”, que analisaram adensamentos ocorridos. Martins e Rosseti (2019) observaram mudança na velocidade e direção do vento analisando um cenário com os recuos mínimos estabelecidos pelo Plano Diretor e a ocupação irregular consolidada. Barbosa et al. (2014) destacam que a baixa permeabilidade entre os edifícios e a barreira formada pelas construções elevaram o desconforto térmico por calor, resultante do adensamento devido à especulação imobiliária. Ambos os estudos apontam para a importância de legislações adequadas a cada região e clima.

Dentro os estudos que analisam diferentes tipologias construtivas, ambos na cidade de São Paulo, clima “Cfb”, Gusson (2014) encontrou melhores condições térmicas na tipologia torre, dentre as demais perimetral e lâmina. Diferentemente, Girotti e Shimomura (2021), identificaram maiores temperaturas na tipologia perimetral, que possui maior adensamento construtivo. As temperaturas menores foram observadas na tipologia semi-aberta com menor densidade construída e maior área de vegetação, categorizando a tipologia torre em um nível intermediário. As diferenças de resultados provavelmente ocorrem em razão do contexto das edificações estudadas. O cenário de tipologia torre em Gusson (2014) apresentado na figura 3 é composto por um grupo de edifícios na mesma quadra, gerando o sombreamento entre si e sobre áreas próximas. Já no cenário de Girotti e Shimomura (2021), demonstrado no cenário 2 da figura 4, o edifício é um bloco único e há presença de vegetação com área variável dentre as tipologias analisadas.

### Região Sul

Salientou-se que a Região Sul possui uma peculiaridade climática: invernos frios, sendo de grande importância estudos específicos para essa região nos períodos de verão e de inverno. As pesquisas foram desenvolvidas para o período de frio e calor, exceto Morsch e Silvos (2017) que realizaram levantamento apenas no verão. A Tabela 4 demonstra os estudos no Sul com enfoque sobre os efeitos do adensamento,

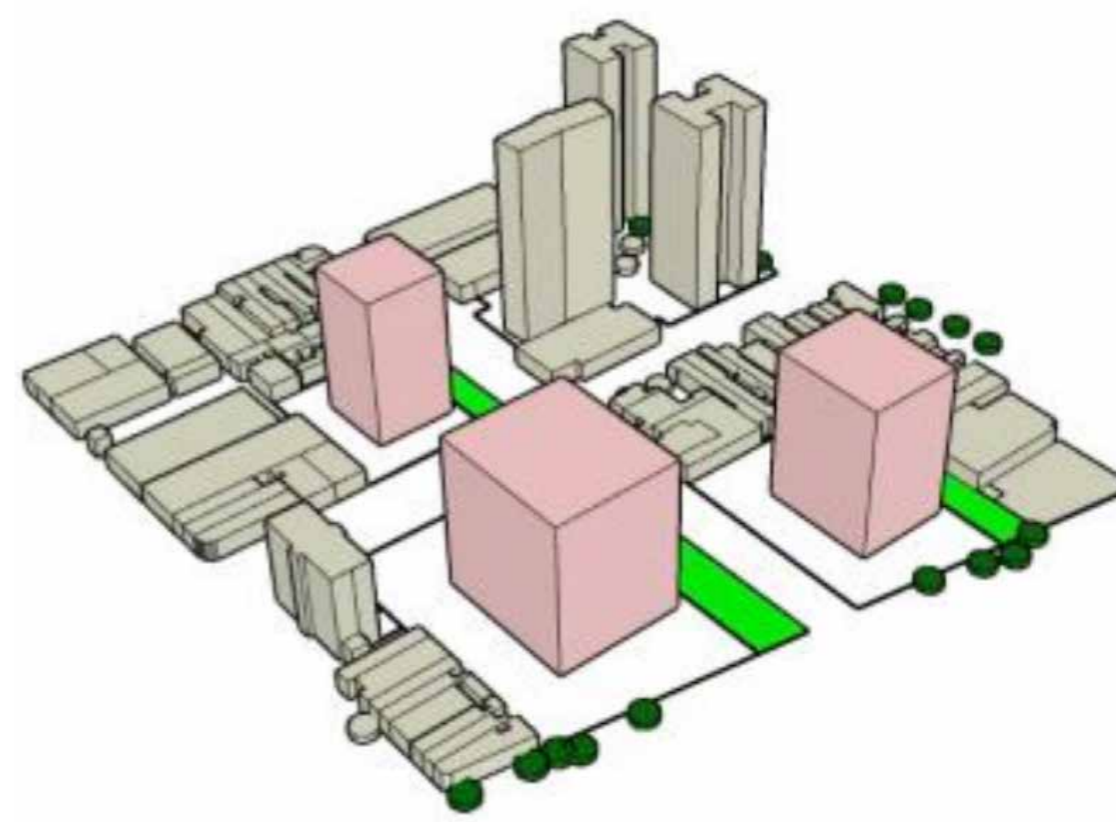


Figura 4 - Cenário de verticalização em torre isolada. Fonte: Girotti e Shimomura (2021) editada pelas autoras.

verticalização, vegetação, materiais construtivos ou fator de céu visível<sup>7</sup>. As pesquisas utilizaram a metodologia de levantamento de campo em três estudos de sete e, nos demais, foram realizadas simulações computacionais no programa ENVI-met.

Estudos realizados na região sul sobre microclimas urbanos				
Autor	Localização	Assunto/objeto de estudo	Método	Software
MORSCH M. R. S. (2020)	Passo Fundo - RS	medidas de mitigação - materiais construtivos e vegetação	simulação computacional	Envi-met
GRICOLETTI, C.; LAZAROTTO, G.; WOLLMANN, C. (2018)	Santa Maria - RS	vegetação	interpretação de imagens e medições em campo	--
LIMA, D.C.R.; LIMA, P.R.; CARAM, R.M. (2018)	Umuarama - PR	cânions urbanos e vegetação	simulação computacional	Envi-met
MORSCH M. R. S.; SILVOSO M. M. (2017)	Passo Fundo - RS	densidade e vegetação em morfologias existentes	medições em campo	--
SCHMITZ, L. K. (2014)	Curitiba - PR	prognóstico de verticalização e aquecimento global e medidas de mitigação	simulação computacional	Envi-met
MINELLA, F. C. O.; RASIA, F. B. C.; KRÜGER, E. L. (2011)	Curitiba - PR	relação entre FCV e alterações no microclima	medições em campo	--

Os estudos realizados para Curitiba - PR e Umuarama - PR nos períodos de frio e calor demonstraram que a verticalização reduziu as temperaturas dos índices PET e UTCI inclusive no inverno, desfavorecendo o conforto térmico (SCHMITZ, 2014 e LIMA et al., 2018). Mesmo em áreas com baixa densidade construída, recuos e presença

<sup>7</sup> Consiste na proporção geométrica entre o Céu e a Terra, estimando a área de Céu Visível (SOUZA et al., 2010).

Tabela 4 - Caracterização dos estudos analisados na Região Sul. Fonte: Autoral (2022).

de vegetação, Morsch e Silvos (2017) identificaram impactos da urbanização sobre o microclima em Passo Fundo: elevação da temperatura e redução da velocidade do vento e umidade. Esse estudo demonstra que não só as cidades maiores, mas também as de médio porte necessitam de estudos climáticos prevendo os efeitos da morfologia urbana sobre o conforto térmico ao nível do pedestre.

Embora o presente artigo discute sobretudo o adensamento construtivo, sabe-se que a conformação de um microclima depende do conjunto de características morfológicas a serem consideradas. Áreas com densidades construtivas semelhantes podem apresentar microclimas diferentes em função de outras características como a vegetação, conforme observado entre recortes urbanos de Santa Maria (GRICOLETTI, 2018).

A maior parte das pesquisas apresenta uma semelhança: analisa a presença de vegetação. O incremento de áreas verdes pode ser uma estratégia para diminuir as temperaturas, através do sombreamento e reflexão da radiação solar. Em Passo Fundo - RS, a inserção de vegetação sobre 70% dos passeios representou uma redução de até 1,08°C na temperatura do ar, às 16h para o dia 21 de dezembro (MORSCH, 2020). Por outro lado, no inverno, áreas mais vegetadas também podem apresentar temperaturas menores em relação a áreas com menor taxa de vegetação, como observado por Gricoletti (2018) em Santa Maria. Além disso, a presença de vegetação pode gerar redução da velocidade do vento em cânions mais profundos, como observado em Umuarama - PR, interferindo no conforto térmico (LIMA et al., 2018).

Outro fator que foi observado em um estudo é referente ao Céu visível em estudo na cidade de Curitiba - PR. Embora não seja determinante para o conforto térmico, o fator mais elevado resultou no maior desconforto em dias quentes, devido a permeabilidade para a radiação solar, o que pode ser confortável para dias quentes (MINELLA et al., 2011).

### Considerações finais

Este artigo analisou a influência da morfologia urbana sobre os microclimas em diferentes cidades brasileiras, identificando as peculiaridades de estudos realizados ao Sul do Brasil. Foram evidenciadas características climáticas, métodos de pesquisa e resultados. Não é possível generalizar os efeitos da morfologia urbana sobre as variáveis climáticas, como temperatura do ar e velocidade e direção do vento, em razão das especificidades de cada região. Tal fato reforça a necessidade de estudos para cada lugar, visando melhores condições térmicas para os pedestres.

Para a Região Sul encontrou-se poucos estudos a respeito dos efeitos da morfologia urbana sobre os microclimas e em sua maioria analisam a influência da arborização. Os resultados apontam para estratégias opostas para o conforto no verão e no inverno. Como esperado, para o verão um maior conforto ao nível do pedestre foi provido pelos cenários verticalizados, concordando com os resultados obtidos em estudos para climas quentes. Já no inverno, a verticalização mostrou-se desfavorável à Região Sul, reflexo de sua singularidade climática (inverno frio e úmido). Esta revisão de literatura reforça a importância de estudos da influência da morfologia urbana sobre os microclimas focados na Região Sul, incluindo análises de adensamento, componentes construtivos e revestimentos das edificações e pavimentações.

A vegetação foi apontada como uma estratégia eficiente para reduzir a temperatura do ar no período de verão, mas a alteração na temperatura também ocorre no inverno, o que pode elevar o desconforto térmico no período de frio.

Os artigos tiveram diferentes enfoques de modo que se complementam na construção do conhecimento, visto que os microclimas são resultantes do conjunto de características naturais e construídas de cada lugar. Observou-se que a maioria dos estudos realizaram simulação computacional com o programa ENVI-met. Identifica-se também a variedade de índices térmicos utilizados, não havendo unanimidade.

### Referências

AGUIAR L. F. M. C. et al. Caracterização de Cânions Urbanos e seus Efeitos Climáticos em Área com Intenso Processo de Verticalização na Cidade de Fortaleza, Ceará. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v.10, n.04, 2017.

BARBOSA, G. S.; ROSSI, A. M. G.; DRASH, P. R. C. Análise de Projeto Urbano a partir de parâmetros urbanos sustentáveis: alteração morfológica de Copacabana (1930 - 1950 - 2010). *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, V.6, n 3, p. 275-287, set./dez. 2014.

BRANDÃO, L. K. V. *Verticalização e ambiente térmico urbano análise de parâmetros urbanísticos integrados à abordagem bioclimática em Arapiraca, Alagoas*. Orientador Barbosa, Ricardo Victor Rodrigues 2020. 149f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

CARVALHO J. P. *A tipologia dos edifícios de apartamentos e sua relação com o tecido urbano da cidade - um estudo de suas transformações nos últimos 40 anos*. 2008. 224f. Dissertação (Mestrado em Planejamento urbano e regional) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

FRANCISCO R. C. A. *Clima urbano: um estudo aplicado à Belo Horizonte, MG*. Orientador: Eleonora Sad de Assis 2012. 122f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GIRALT, R. P. *Conforto térmico em espaços públicos abertos na cidade de Torres-RS*. Orientador: 2006. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano Regional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GIROTTI, C.; SHIMOMURAA, R. P. Avaliação da ilha de calor para diferentes variações de tipologia em área de eixo de transformação urbana do município de São Paulo. In: XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. *Anais*. Palmas, TO, v.16, p.215-223, 2021.

GRICOLETTI, C.; LAZAROTTO, G; WOLLMANN, C. Microclima Urbano de áreas residenciais no período noturno: Estudo em Santa Maria, RS. *Sociedade & Natureza*. Vol. 30, n. 2 p. 140 – 163, 2018.

GUSSON, C. S. *O impacto da verticalização no microclima urbano e no conforto térmico na escala do pedestre: o papel da geometria e da envoltória dos edifícios*. 2020. 268 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

GUSSON, C. S. *Efeito da densidade construída sobre o microclima urbano: construção de cenários possíveis e seus efeitos no microclima para a cidade de São Paulo, SP*. 2014. 152f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo.

INDA P. A. A. *O planejamento urbano e seu impacto na tipologia arquitetônica, no bairro Cidade Baixa, em Porto Alegre*. 2003. 201f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KOTTEK, M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, v.15, n.3, p.259-263, 2006.

LIMA, D.C.R.; LIMA, P.R.; CARAM, R.M. Influência da geometria e arborização no estresse térmico de pedestres em cenários de cânions urbanos de Umuarama – PR. *ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*. Foz do Iguaçu, n.17, p.885-893, 2018

MARTINS, W. T. O. S.; ROSSETI, K. A. C. Impactos da configuração da habitação na ocupação dos lotes, um estudo em área de alto adensamento construtivo na cidade de Cuiabá/MT. In: XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. *Anais*. Porto Alegre: ANTAC, n. 15 e 11, p.693-702, 2019

MEDEIROS, J. M. M.; FILHO, L.G. A. Conforto ambiental em uma nova capital modernista: a verticalização na margem do Lago de Palmas. In: XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. *Anais*. Palmas, TO, v.16, p.253-262, 2021.

MINELLA, F. C. O.; RASIA, F. B. C.; KRÜGER, E. L. *Impactos microclimáticos do desenho urbano: estudos realizados em Curitiba*. 2011. Departamento de Geografia - UFPR, Curitiba. p. 298-336.

MONTEIRO, F. *Análise da temperatura intraurbana: simulações computacionais para melhorias no meio urbano de Macapá - Amapá*, região equatorial do Brasil. 2020. 220f. Tese (Doutorado em Urbanismo) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MONTEIRO, L. M; ALUCCI, M. P. Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 43-58, 2007.

MORSCH M. R. S. *Estratégias de mitigação de ilhas de calor: Uma metodologia para cidades médias consolidadas*. 2020. 192f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MORSCH M. R. S.; SILVOSO M. M. Avaliação microclimática de uma cidade de médio porte. In: XIV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. *Anais*. Balneário Camboriú, SC, v.14, p.214-221, 2017

MUNIZ-GÄAL, L. P.; PEZZUTO, C. C.; CARVALHO, M. F. H. de; MOTA, L. T. M. Parâmetros urbanísticos e o conforto térmico de cânions urbanos: o exemplo de Campinas, SP. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 177-196, abr./jun. 2018

NUNEZ M.; OKE, T. R. The Energy Balance of an Urban Canyon. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 16, n 1, p. 11-19, 1977.

NOGUEIRA, A. M. P. et al. Impacto da verticalização no microclima urbano: o caso do bairro Guaxuma, em Maceió-AL, Brasil. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas*, SP, v. 9, n. 2, p. 72-85, 2018.

NOVAES, G. B. A. *Impactos da morfologia da cidade nas condições microclimáticas de áreas urbanas consolidadas de São Paulo em dias quentes*. 2020. 332f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, A. K. N et al. Verticalização e microclimas em cidades tropicais: breve revisão da literatura recente. *Anais do XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*. *Anais*. Palmas, TO, v.16, p.412-420, 2021

ROSSI, F. A. *Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba*. 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

ROSSETI, K. A. C. *Efeitos do uso de telhados vegetados em ilhas de calor urbanas com simulação pelo software ENVI-met*. 2013. 253 f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

SANTOS, E. B.; AMORIMA, C.; SIMÕES, R. M. Avaliação microclimática pelo programa Envi-MET: o caso do centro urbano de Colatina - ES. In: XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. *Anais*. Porto Alegre: ANTAC, n. 15 e 11, p.461-470, 2019

SCHMITZ, L. K. *Reestruturação urbana e conforto térmico em Curitiba/PR: diagnóstico, modelagem e cenários*. 2014. 298f. (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, C. F. *O conforto térmico de cavidades urbanas: contexto climático do Distrito Federal*. 2013. 175f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília.

SOUZA, L. C. L; TENTE, C. M.; GIUNTA, M. B.; NAKATA, M. N. *Fator de visão do céu e intensidade de ilhas de calor na escala do pedestre*. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 155-167, out./dez. 2010.