XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

EFEITOS DO ADENSAMENTO URBANO NAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM ESPAÇOS ABERTOS: estudo de caso na cidade de Pelotas-RS

EFFECTS OF URBAN DEFENSE ON CLIMATE VARIABLES IN OPEN SPACES: a case study in the city of Pelotas-RS

Raischa Holz Ribak
Universidade Federal de Pelotas | Brasil | raischa.h.ribak@gmail.com
Lisandra Fachinello Krebs
Universidade Federal de Pelotas | Brasil | lisandra.krebs@ufpel.edu.br
Brunna Pereira de Oliveira
Universidade Federal de Pelotas | Brasil | brunnappo26@gmail.com
Alessandra Migliori do Amaral Brito
Universidade Federal de Pelotas | Brasil | arq.abrito@gmail.com
Mônica Machado dos Santos
Universidade Federal de Pelotas | Brasil |monicamsantos@outlook.com

Resumo
Este estudo simulou os efeitos do adensamento urbano para as variáveis climáticas (temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos) em uma quadra na cidade de Pelotas-RS, para o período de inverno ao nível do pedestre. A quadra foi simulada na situação atual (Cenário 1) e com o empreendimento previsto (Cenário 2) no programa ENVI-met 5.0. Os resultados mostraram impactos negativos do adensamento previsto para o microclima urbano. O estudo busca contribuir para o entendimento dos efeitos do aumento no adensamento construído sobre os microclimas urbanos.

Palavras-chave: Adensamento urbano. Conforto térmico em espaços abertos. Microclimas urbanos. Variáveis microclimáticas.

Como citar:
RIBAK. R. H.; KREBS, L. F.; OLIVEIRA, B. P. de; BRITO, A. M. do A. SANTOS, M. M. dos. EFEITOS DO ADENSAMENTO URBANO NAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM ESPAÇOS ABERTOS: estudo de caso na cidade de Pelotas-RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

Abstract

This study simulated the effects of urban densification for climatic variables (mean radiant temperature, relative air humidity and wind speed) in a block in the city of Pelotas-RS, for the winter period at pedestrian level. The block was simulated for the current situation (Scenario 1) and the planned project (Scenario 2) on ENVI-met 5.0. Results showed negative impacts of the predicted densification for the urban microclimate. The study seeks to contribute to an understanding of the effects of increasing built density on urban microclimates.

Keywords: Urban densification. Thermal comfort in open spaces. Urban microclimates. Microclimatic variables.

INTRODUÇÃO

A especulação imobiliária nos centros urbanos brasileiros e o contínuo aumento da densidade acarretam significativas modificações no tecido urbano, impactando os microclimas nas cidades [1]. Sabe-se que a Arquitetura e o Urbanismo têm o compromisso social e ambiental de minimizar os efeitos negativos causados ao meio ambiente por seus processos. Assim, torna-se importante analisar os efeitos do aumento da densidade construída nos microclimas urbanos, e como isso afeta o dia a dia da população. Com isso, busca-se subsidiar projetistas e tomadores de decisão (gestores urbanos) com dados quantitativos sobre as implicações projetuais para o conforto térmico de pedestres, em especial, nos espaços urbanos adjacentes aos empreendimentos imobiliários.

A densidade construída é um atributo de suma importância no desenho das cidades, pois impacta não apenas na eficiência do uso do solo e dos recursos naturais, como também na sua permeabilidade [2]. Além disso, esse aspecto também repercute na qualidade do ambiente construído, com consequências diretas na direção e velocidade dos ventos, na umidade relativa do ar e na temperatura do ar, principalmente na temperatura radiante média (TRM) [3].

Edifícios verticalizados têm sido uma das tipologias mais usuais para o aumento da densidade urbana nos tempos atuais [4]. Isso acontece, principalmente, em decorrência da especulação imobiliária já citada, a qual busca por mais investimentos residenciais em espaços cada vez menores e mais lucrativos, em uma “competição pelo território” [4]. Esse adensamento pode canalizar o vento [5], o que demonstra que “na maioria dos casos, as transformações na cidade ocorrem sem atenção às implicações nos microclimas resultantes” [6], o que afeta negativamente o conforto térmico da população.

Tendo em vista a escassez de estudos a respeito dos efeitos da morfologia urbana sobre os microclimas do Sul do Brasil [1] este trabalho buscou contribuir com a produção de conhecimento sobre esta região. A Região Sul do Brasil apresenta grandes amplitudes térmicas não apenas entre o verão e o inverno, como também diariamente. Pode-se observar estações bem definidas com temperaturas baixas no inverno e altas no verão.

Cidades médias da Região Sul do Brasil, como Pelotas-RS, ainda não foram tão adensadas quanto os grandes centros urbanos. Assim, considera-se que ainda se possa

planejar o adensamento compatível com a demanda por crescimento, levando em consideração os efeitos dos diferentes arranjos morfológicos sobre os microclimas urbanos. Além disso, não se encontram estudos sobre os efeitos do adensamento urbano para o conforto térmico do município de Pelotas, inserido na Zona Bioclimática 2. O objetivo deste estudo é prever os efeitos da densificação urbana para o microclima no entorno imediato, ao nível do pedestre no inverno e analisar os efeitos sobre as variáveis climáticas - velocidade dos ventos (VV), umidade relativa do ar (UR) e temperatura radiante média (TRM). O local escolhido foi um quarteirão na cidade de Pelotas-RS, onde um empreendimento imobiliário contrastante com a densidade populacional do entorno está sendo executado. Simulações computacionais foram realizadas para o dia típico de inverno, no programa ENVI-met 5.0.

REVISÃO DE LITERATURA

DENSIDADE URBANA

O termo “densidade urbana" é um indicador quantitativo que auxilia no processo de planejamento urbano e regional, bem como o de gestão do desenho urbano e dos assentamentos das cidades. A densidade representa uma proporção relativa entre um número de habitantes (ou de habitações) e a área de uma determinada parcela urbanizada [2]. Nesse sentido, esse parâmetro pode ser expresso em habitantes por uma unidade de terra ou habitações por unidade de terra, geralmente medida em hectares ou quilômetros quadrados [7].

A partir disso, percebe-se que a densidade urbana é um indicador que pode ser utilizado a partir de relações bastante diversas [8] e que pode ser determinante em decisões projetuais de ocupação e parcelamento do solo em uma determinada área da cidade [7].

Sob essa perspectiva, alcançar um índice de adensamento urbano elevado é uma “prerrogativa inerente à sustentabilidade ao crescimento econômico das cidades contemporâneas” [9]. Isso porque, uma densidade elevada ocasiona uma otimização do uso do solo e, consequentemente, uma economia de recursos e de gastos públicos com implantação e manutenção de infraestrutura (saneamento, iluminação etc.) [10].

Além disso, uma cidade mais densa (ou compacta) também possui benefícios ecológicos, uma vez que não apenas reduz a emissão de CO_2 por possuir deslocamentos internos menores, como também diminui a invasão das áreas rurais e, assim, minimiza o desmatamento para ampliação das áreas urbanizáveis [11]. Quanto ao acesso à cidade, a cidade compacta possui proximidade de usos e funções, os investimentos em transportes públicos são estimulados e o acesso à cidade democratizado, diferentemente do que acontece em cidades com menor densidade urbana, ou mais dispersas [12].

Entretanto, dependendo da morfotipologia aplicada e do planejamento realizado [8], altas densidades podem ser prejudiciais no que diz respeito ao conforto acústico, em

decorrência do intenso e constante ruído, e térmico, devido à falta de acesso à ventilação e/ou ao sol [13,14]. Por conta disso, o adensamento possui uma conotação negativa associada a saturação e insalubridade [15]. Desse modo, torna-se imprescindível que haja um controle da densidade urbana nos projetos urbanos e arquitetônicos a partir de "estudos específicos, simulações e testes constantes" [7], para, assim, poder mensurar os seus impactos e usufruir de toda a sua potencialidade.

ADENSAMENTO E MICROCLIMA

O adensamento é uma das morfotipologias da densificação urbana mais encontradas no Brasil. Nesse sentido, ela é um dos agentes causadores da mudança da paisagem urbana a partir da Revolução Industrial, demarcando a evolução dos processos técnicos da engenharia civil e da arquitetura, e da atual caracterização da imagem das cidades mais desenvolvidas. Ademais, o adensamento dos edifícios é responsável por redefinir a estrutura interna tendo em vista o aumento da densidade populacional no local, demandando uma melhora na infraestrutura de saneamento básico. Assim, edificações que possuem grandes alturas podem ser consideradas como um enfoque da produção do espaço, se observada pelo viés da especulação imobiliária [16].

Um estudo demonstrou que a relação de altura/largura das edificações e a consequente formação de cânions urbanos está diretamente relacionada à taxa de conforto térmico das calçadas [17]. Por outro lado, a baixa permeabilidade entre edifícios devido à formação de barreiras eleva o desconforto térmico por calor, resultante do adensamento [18]. Além disso, a geometria e a taxa de ocupação de edifícios verticais interferem no microclima na escala dos pedestres, causando diferenças não apenas na temperatura radiante média e na temperatura equivalente percebida, mas também nos parâmetros de sombreamento e ventilação [19].

A metodologia adotada neste trabalho foi embasada em estudos que analisaram o comportamento das variáveis climáticas por meio de simulação computacional com o programa ENVI-met [20, 21]. Os mesmos estudos constam com a análise do conforto térmico, permitindo então a continuidade da metodologia posteriormente.

MÉTODO

O trabalho analisa o caso de estudo de um empreendimento imobiliário verticalizado em Pelotas. Os resultados da situação atual da quadra e da situação prevista foram comparados, através de simulações computacionais com o programa ENVI-met versão 5.0.2. As variáveis climáticas analisadas foram a temperatura radiante média (TRM), a umidade relativa do ar (UR) e a velocidade do vento (VV). A variável Temperatura do Ar (TA) inicialmente analisada foi descartada tendo em vista a pequena variação, e com isso o pouco impacto na pesquisa. O método foi composto por quatro etapas: 1) Revisão de literatura; 2) Estudo da quadra; 3) Modelagem e simulação computacional; e 4) Análise e discussão dos resultados.

ESTUDO DA QUADRA

A área escolhida para este estudo é uma quadra em processo de adensamento localizada no bairro Fragata. No local (Figura 1 e 2) é prevista a implantação de um condomínio residencial com cinco edifícios de cinco pavimentos e três de oito pavimentos (Figura 3). O terreno possui aproximadamente 40.000m^2 e o empreendimento previsto possui 744 unidades, sendo que todos os apartamentos são de 2 dormitórios com área aproximada de 50 m^2 cada.

Figura 1: Imagem aérea da cidade com indicação da quadra estudada.



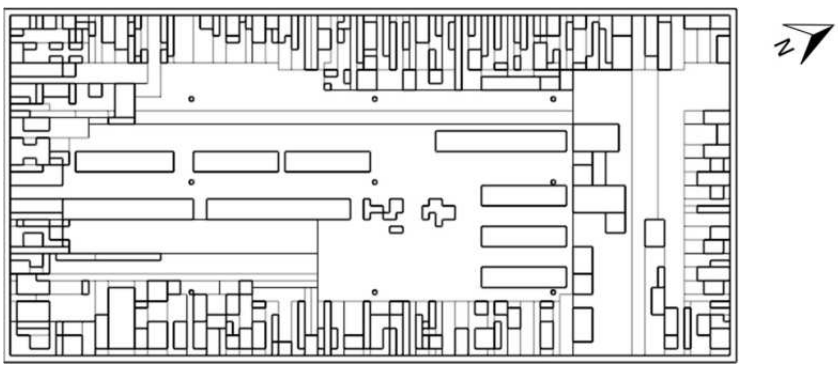
Fonte: Google Earth, 2022

Figura 2: Imagem aérea da quadra em estudo em 2018.



Fonte: Google Earth, 2018

Figura 3: Esquema da quadra com implantação do condomínio



Fonte: autoras.

A escolha do local se deu em função da densidade proposta pelo empreendimento ser contrastante com a situação atual no local e em seu entorno imediato, o que oferece os elementos adequados ao estudo de caso (sobre os efeitos do adensamento sobre o microclima local). O Plano Diretor do município de Pelotas considera para fins de cálculo da densidade habitacional três habitantes para dois dormitórios [22], resultando em um total de 558 hab/ha para este condomínio. A cidade de Pelotas, atualmente, possui em média 203,89 hab/km², ou seja, 2,0389 hab/ha [23].

Pelotas está localizada na Zona Bioclimática 2 [24], e possui classificação Cfa (Clima Temperado, sem estação seca e de verão quente) [25]. Os valores de entrada para as simulações no programa *ENVI-met* (versão 5.0.2) foram definidos a partir da média das variáveis climáticas na semana mais fria do ano Meteorológico Típico (TMY) (13 a 19 de julho). A calibração da incidência solar direta e da nebulosidade foi realizada a partir do ajuste no fator solar (0.5), no próprio programa. A Tabela 01 apresenta os dados climáticos obtidos a partir da média da semana mais fria, 13 a 19 de julho de 2010, conforme tabela climática (TMY). Assim como demais variáveis e ajustes relevantes para o programa *ENVI-met* (versão 5.0.2)

Tabela 1: Dados Climáticos de Entrada

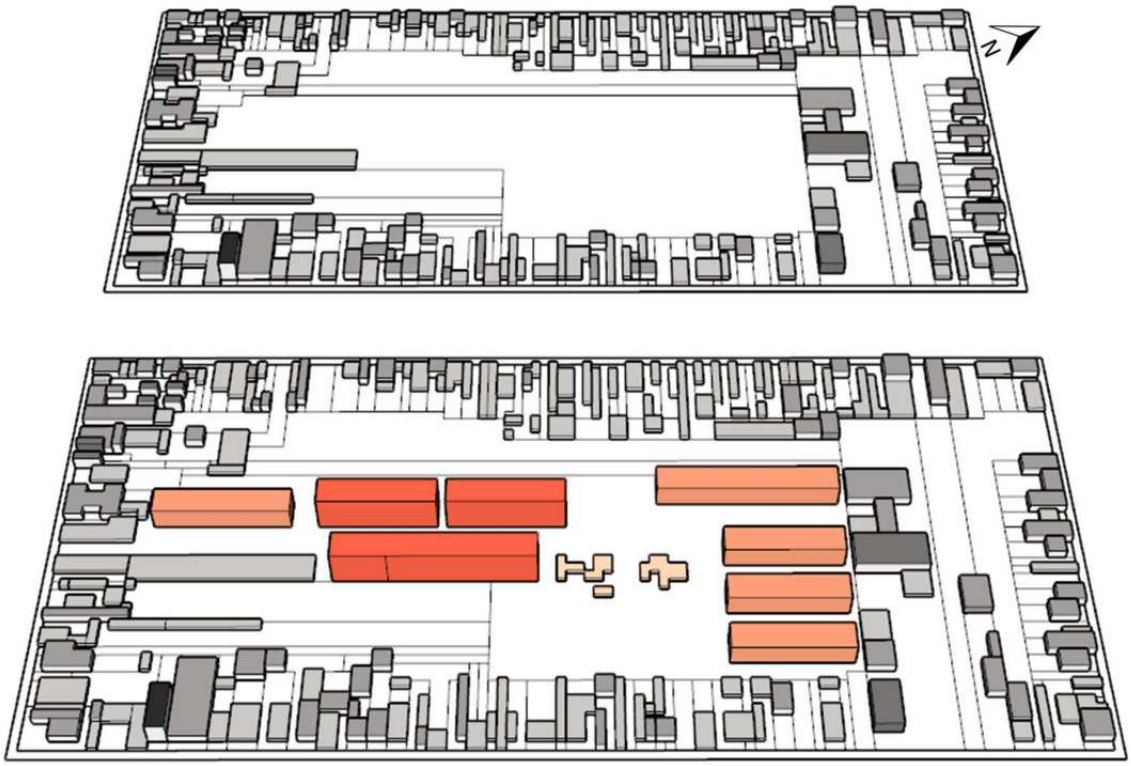
Dados Climáticos	Inverno
Horário inicial da simulação (24h)	5h
Duração da simulação	24h
Temperatura máxima do ar (ºC)	12.66
Temperatura mínima do ar (ºC)	6.39
Amplitude Térmica (ºC)	6.27
Umidade relativa máxima (%)	90.57
Umidade relativa mínima (%)	62.29
Velocidade do vento a 10m de altura (m/s²)	3.4
Direção do vento (º)	0
Dados Solares	**Inverno**
Fator de ajuste solar	0.5
Fração de nuvens baixas (x/8)	0
Fração de nuvens médias (x/8)	1
Fração de nuvens altas (x/8)	0

Fonte: as autoras.

MODELAGEM E SIMULAÇÃO

O cenário 1 (C.1) reflete a situação atual da quadra, onde o terreno central se encontra vazio. O cenário 2 (C.2) apresenta a construção prevista do condomínio e, consequentemente, representa o adensamento na quadra. Tendo em vista as restrições de modelagem do programa, como a parametrização necessária em uma malha X, Y e Z manteve-se um padrão de três metros no eixo Z e de cinco metros nos eixos X e Y, resultando em uma modelagem de acordo com a Figura 4. Tendo em vista que a área de análise para esse estudo é o miolo da quadra e os efeitos sob as edificações pré-existentes, as calçadas e ruas não foram modeladas.

Figura 4: Modelagem do C.1 a esquerda e C.2 a direita



Nota: Em tons de cinza edificações já existentes entre 3 e 15m, em salmão: 15m (5 pav.) e em laranja: 24m (8 pav.).
Fonte: autoras.

Para as características construtivas das edificações adotou-se um padrão baseado na maior incidência desses materiais dentro da quadra (Tabela 2). Esta padronização reduziu o número de variáveis para a simulação. Da mesma forma, a vegetação não foi considerada, a fim de evitar uma nova variável a ser comparada. É interessante ressaltar que os dados de Absortância e de Emissividade foram fornecidos pelo programa *ENVI-met*.

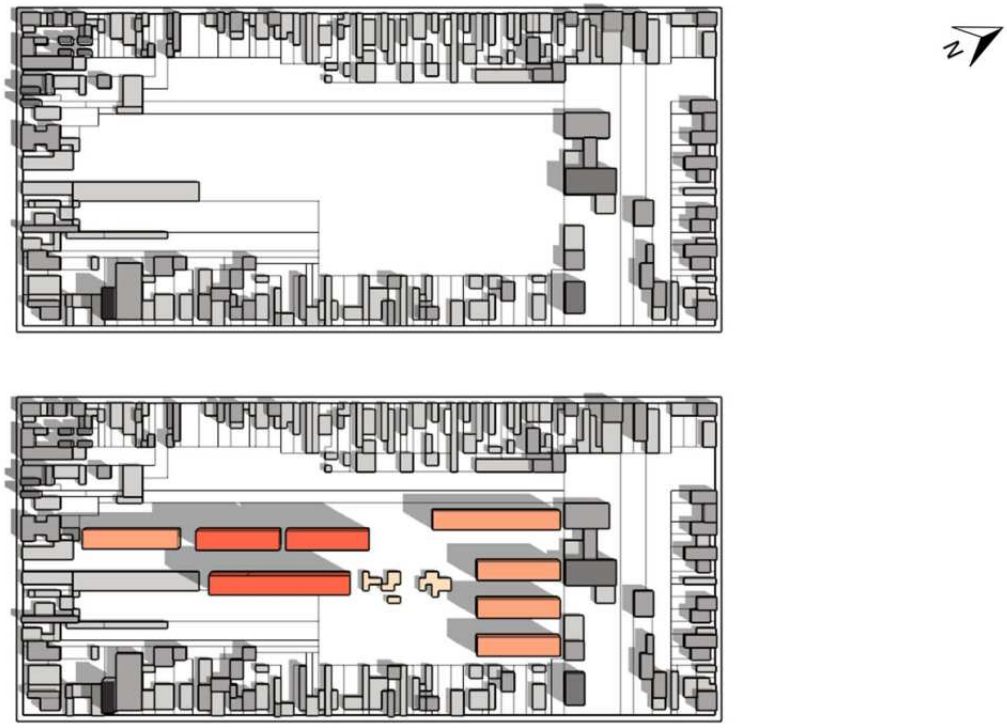
Tabela 2: Materialidade da Quadra

Elemento	Material	Cor	Absortância	Emissividade
Telhado	Telha de barro queimado	Terracota	0.5	0.9
Parede externa	Tijolo queimado	Terracota	0.6	0.9
Pavimento	Concreto	Cinza	0.3	0.9

Fonte: as autoras.

Após a definição da materialidade e a realização da modelagem, fez-se uma análise da insolação solar na volumetria atual comparada com a volumetria prevista (Figura 5), a partir de um estudo prévio no programa *SketchUp.* A análise foi realizada visando os pontos que poderão vir a sofrer um maior impacto nas variáveis climáticas, como a criação de zonas de sombreamento e túneis de vento nas casas. Os Receptores, os quais são pontos específicos para a coleta de dados, foram alocados de acordo com a Figura 6, de maneira a facilitar a análise e compreensão dos efeitos causados nas edificações já existentes e dentro da implantação do empreendimento.

Figura 5: Estudo prévio de sombreamento às 9h da manhã.



Fonte: autoras.

Figura 6: Implantação com a distribuição dos pontos receptores



Fonte: autoras.

Com isso, realizou-se a configuração dos dados, assim como o ajuste solar, e simularam-se os dois cenários. Os resultados foram analisados de duas formas: a análise das variáveis em um contexto geral da quadra, a partir de mapas do Leonardo - aplicativo do software Envi-met - e uma análise dos pontos específicos coletados pelos pontos receptores, os quais foram estrategicamente posicionados, como mencionado anteriormente. Foram avaliados os dados de variáveis climáticas (TRM, UR e VV) à altura do pedestre (1,5m de altura).

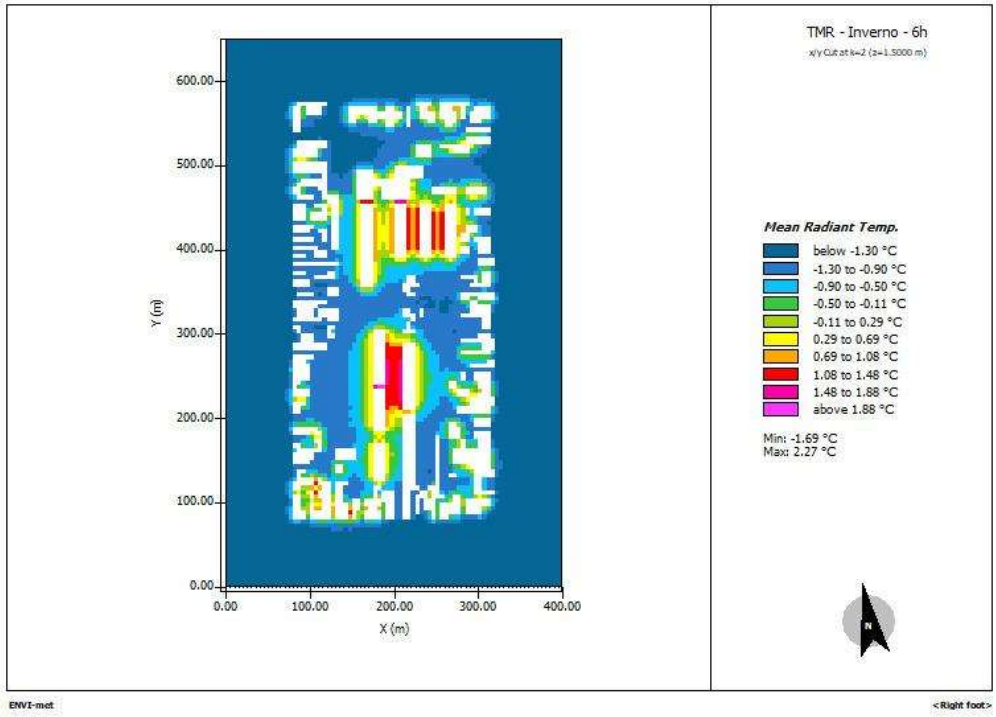
Assim, realizou-se uma simulação de um ciclo diário (24h) e foi analisado um recorte de horário das 9h às 16h. Isso porque, objetiva-se dar ênfase na mudança de comportamento das variáveis a partir do estudo de sombreamento. Portanto, tendo

em vista que o estudo foi realizado para o período de inverno, escolheu-se os locais que seriam prejudicados em relação à incidência solar. Decidiu-se, então, realizar uma análise macro do TRM da quadra no período das 6h, 14h e 20h, para que, assim, possa haver um reconhecimento e entendimento do comportamento geral da quadra. E posteriormente realizar uma análise mais específica em cada receptor da quadra.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

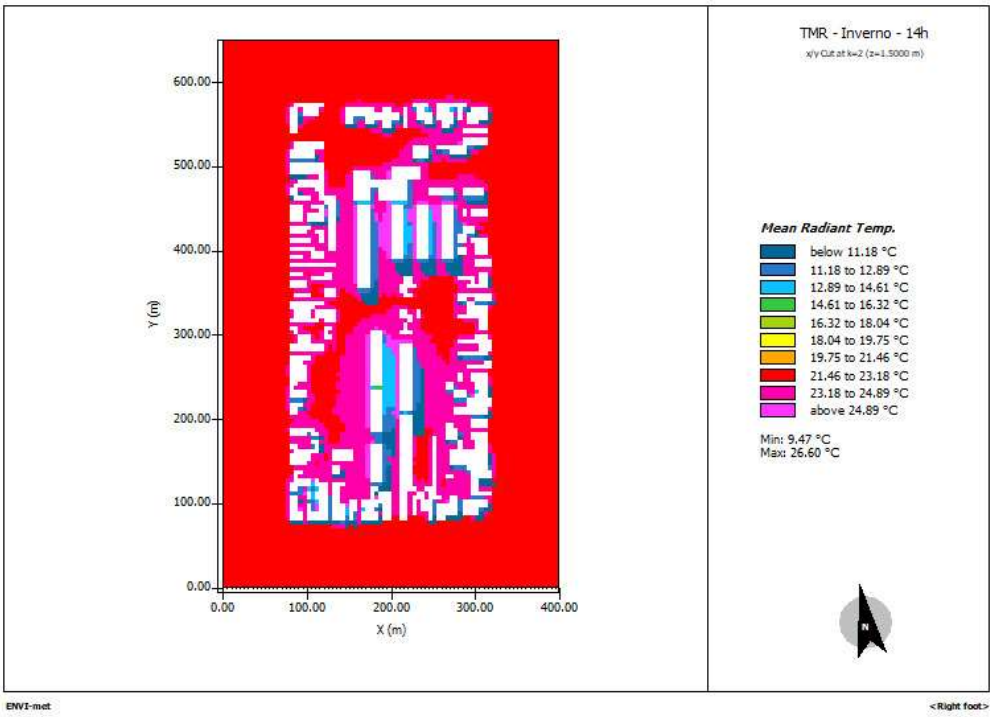
O adensamento do Cenário 1 para o 2 resultou em alterações nas variáveis de TRM, UR e VV que confirmaram os impactos que esse adensamento pode causar. A partir da criação dos mapas de TRM, percebeu-se o comportamento da temperatura radiante média (°C) na quadra. A temperatura das áreas entre os prédios foram as primeiras a apresentar um acréscimo de temperatura durante o período de incidência solar e a primeira a perder calor no período da noite, assim como durante o período das 14h (Figuras 7 e 8). A área sombreada pelas edificações apresentou temperatura mais baixa.

Figura 7: Mapa da Temperatura radiante média - 6h



Fonte: autoras.

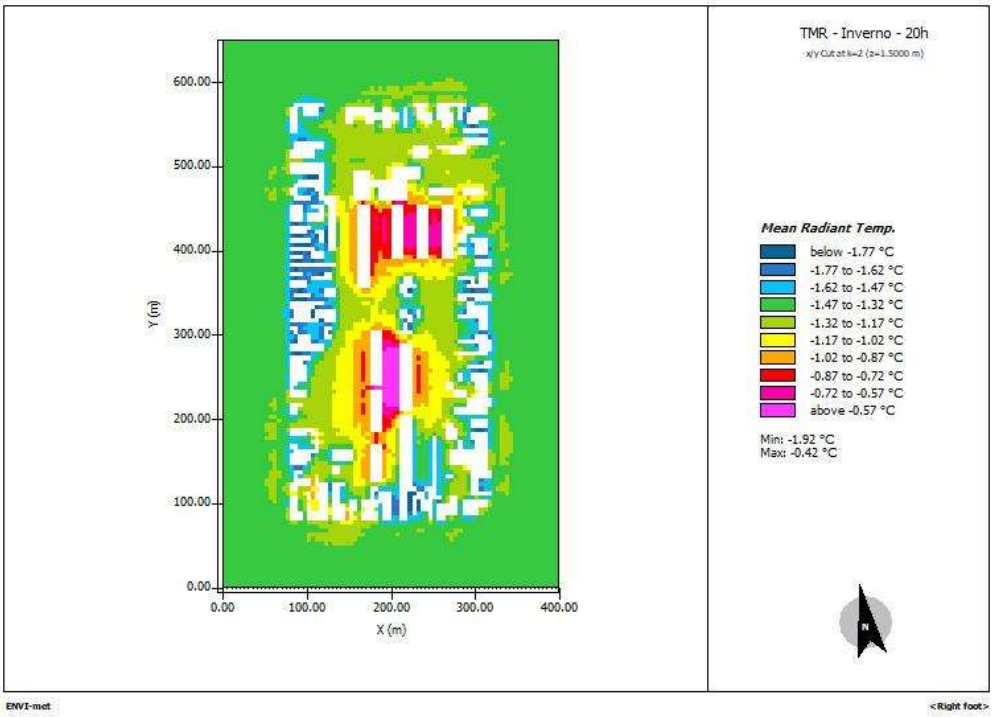
Figura 8: Mapa da Temperatura radiante média - 14h



Fonte: autoras.

O mapa das 20h (Figura 9) apresentou uma maior variabilidade de temperaturas, isso porque as áreas abertas tendem a perder calor mais rápido que as temperaturas em áreas mais fechadas.

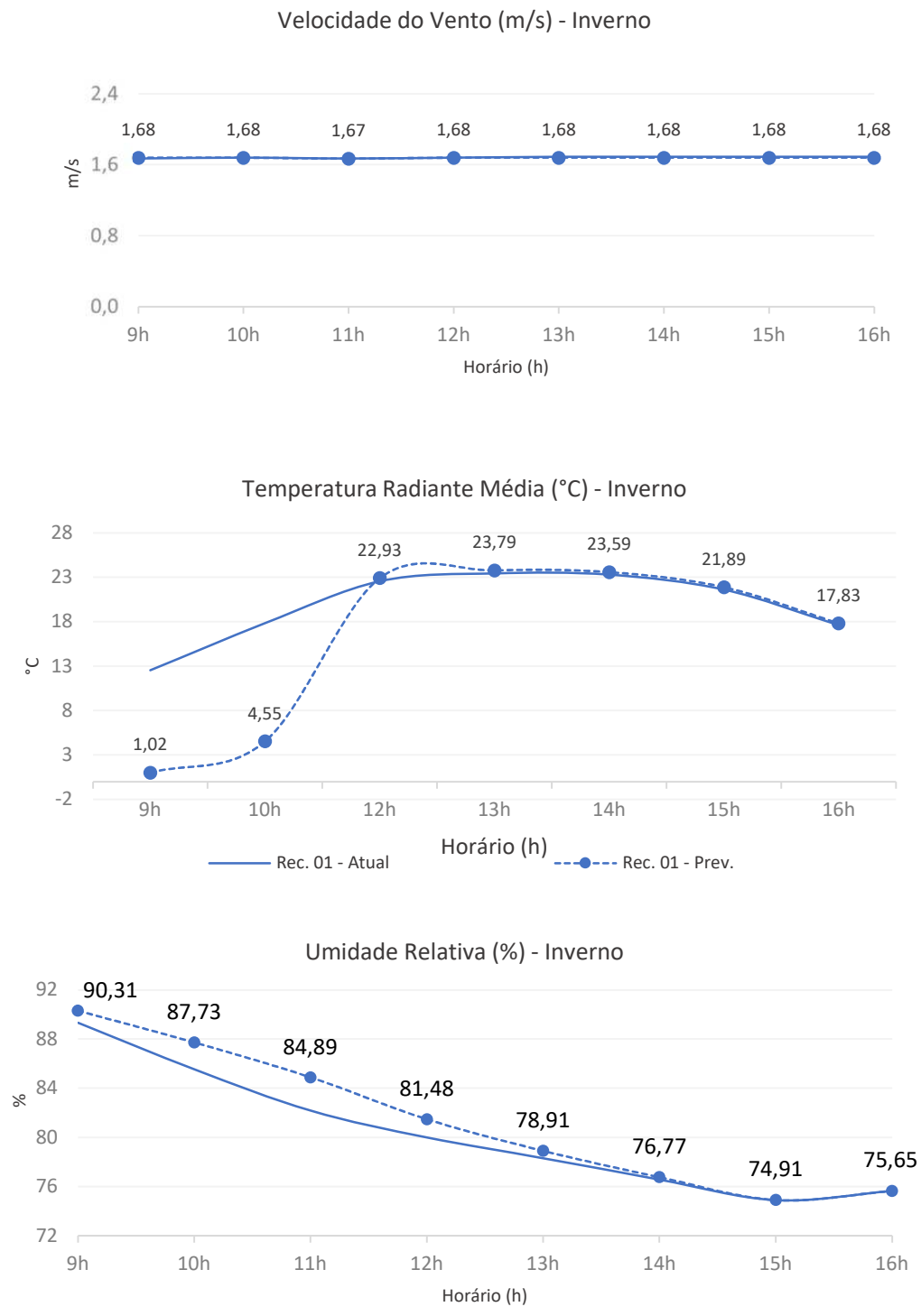
Figura 9: Mapa da Temperatura radiante média - 20h



Fonte: autoras.

A umidade relativa do ar registrada no Receptor 1 (Figura 10) aumentou durante o período da manhã (entre as 9 horas e o meio-dia). No mesmo período, a temperatura radiante média diminuiu. Isso ocorreu devido ao sombreamento causado por uma das edificações de cinco pavimentos sobre as edificações existentes. Quanto à velocidade do vento, não houve mudanças significativas junto ao Receptor 1.

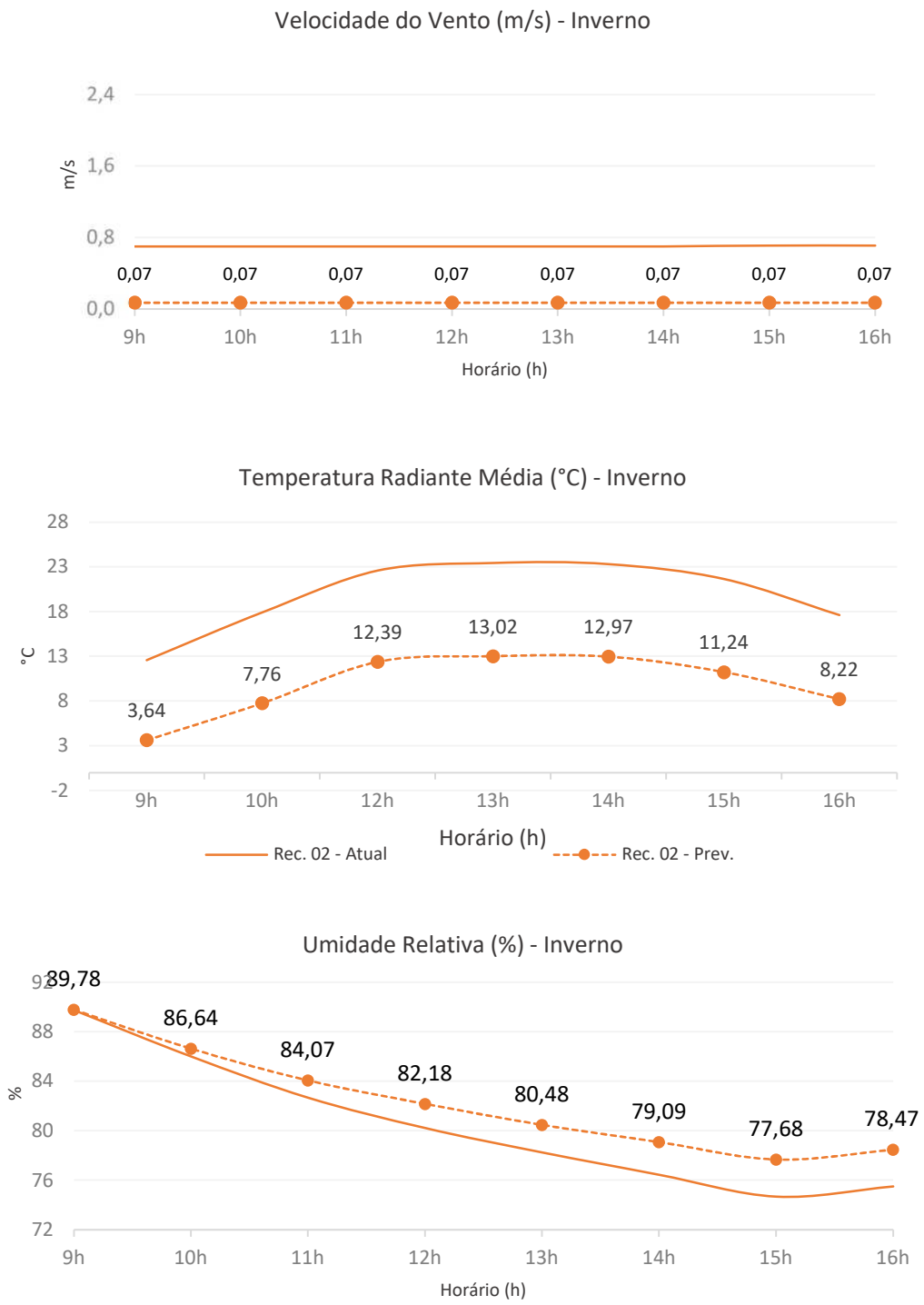
Figura 10: Gráficos dos dados do Receptor 1



Fonte: autoras.

As três variáveis climáticas (TRM, UR e VV) apresentaram variações de maneira simultânea no Receptor 2 (Figura 11). A temperatura radiante média foi reduzida em 10°C, a velocidade do vento foi reduzida uniformemente em 0,63 m/s durante o período analisado (9h às 16h). Conforme esperado, a umidade relativa do ar aumentou em média 3% durante o período da tarde (12 às 16 h).

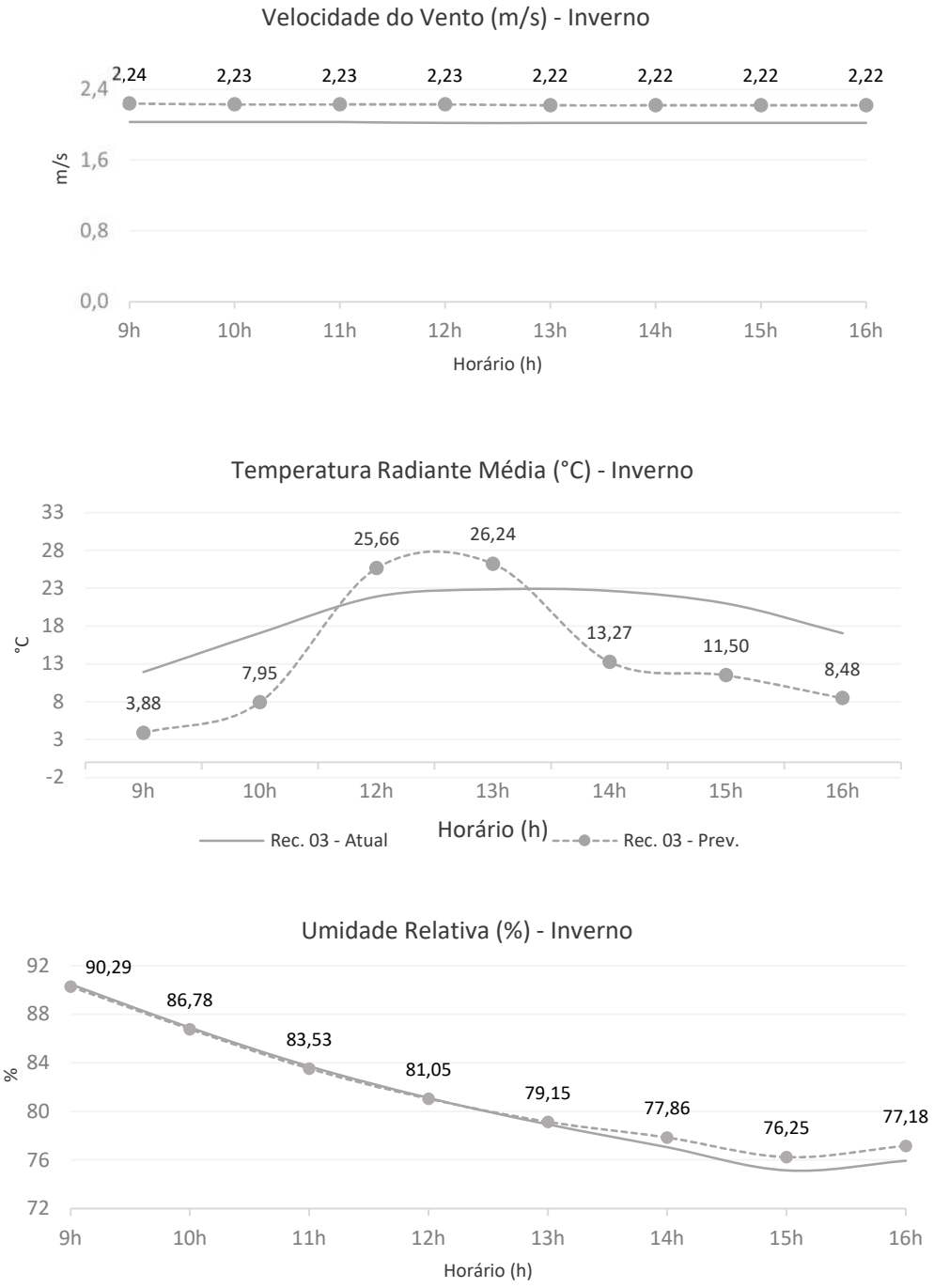
Figura 11: Gráficos dos dados do Receptor 2



Fonte: autoras.

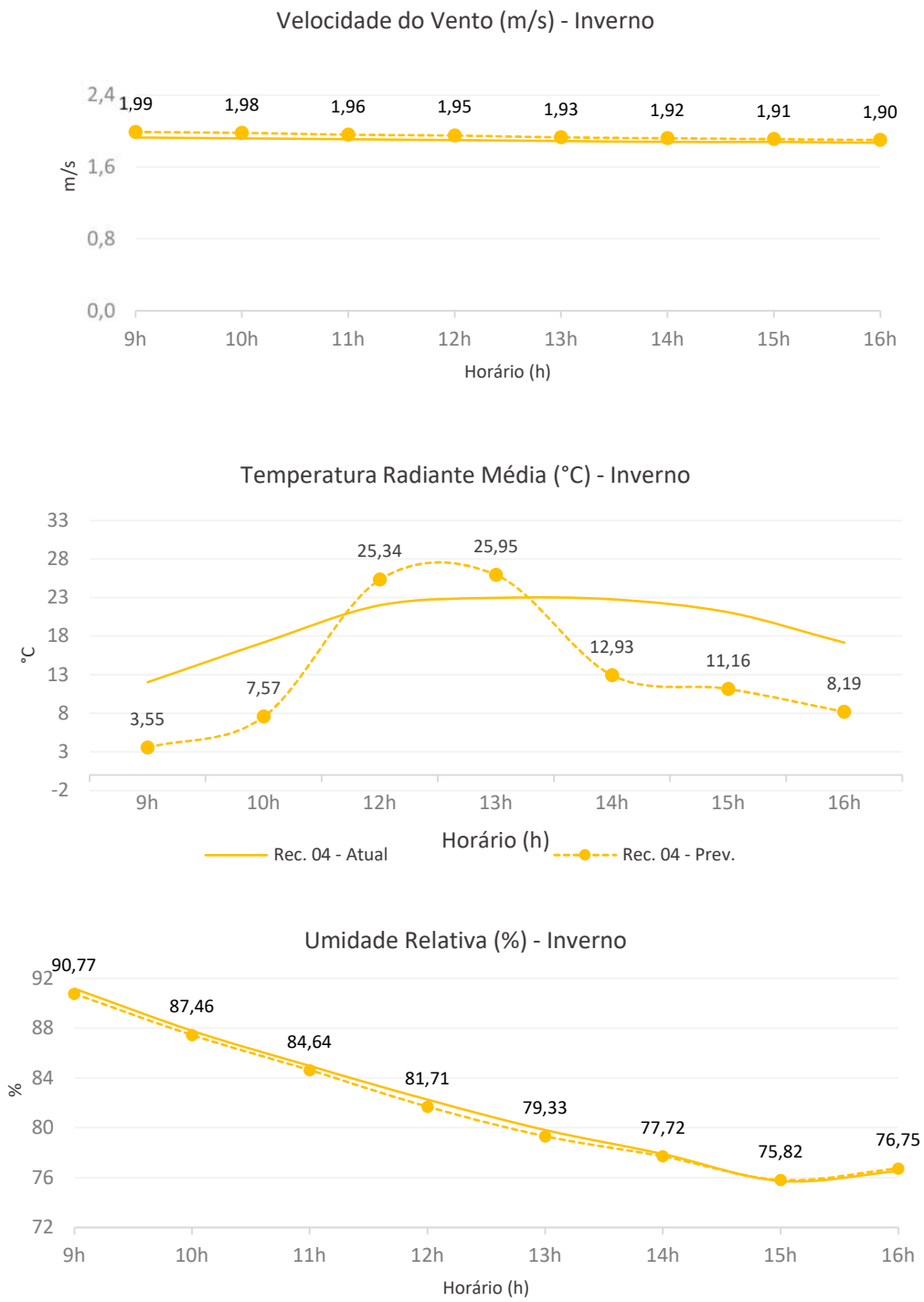
É interessante ressaltar que o próprio empreendimento é prejudicado com a sua implantação, pois cria grandes áreas de sombreamento entre as próprias torres. Isso pode ser percebido nos Receptores 3 e 4 (Figuras 12 e 13) pelos quais a temperatura radiante média diminui no período da manhã e da tarde - sombreamento - e aumenta durante o meio-dia - cânion urbano. Quanto às demais variáveis, apenas percebe-se aumento da umidade das 13 horas às 16 horas no Receptor 3 (Figura 12).

Figura 12: Gráficos dos dados do Receptor 3



Fonte: autoras.

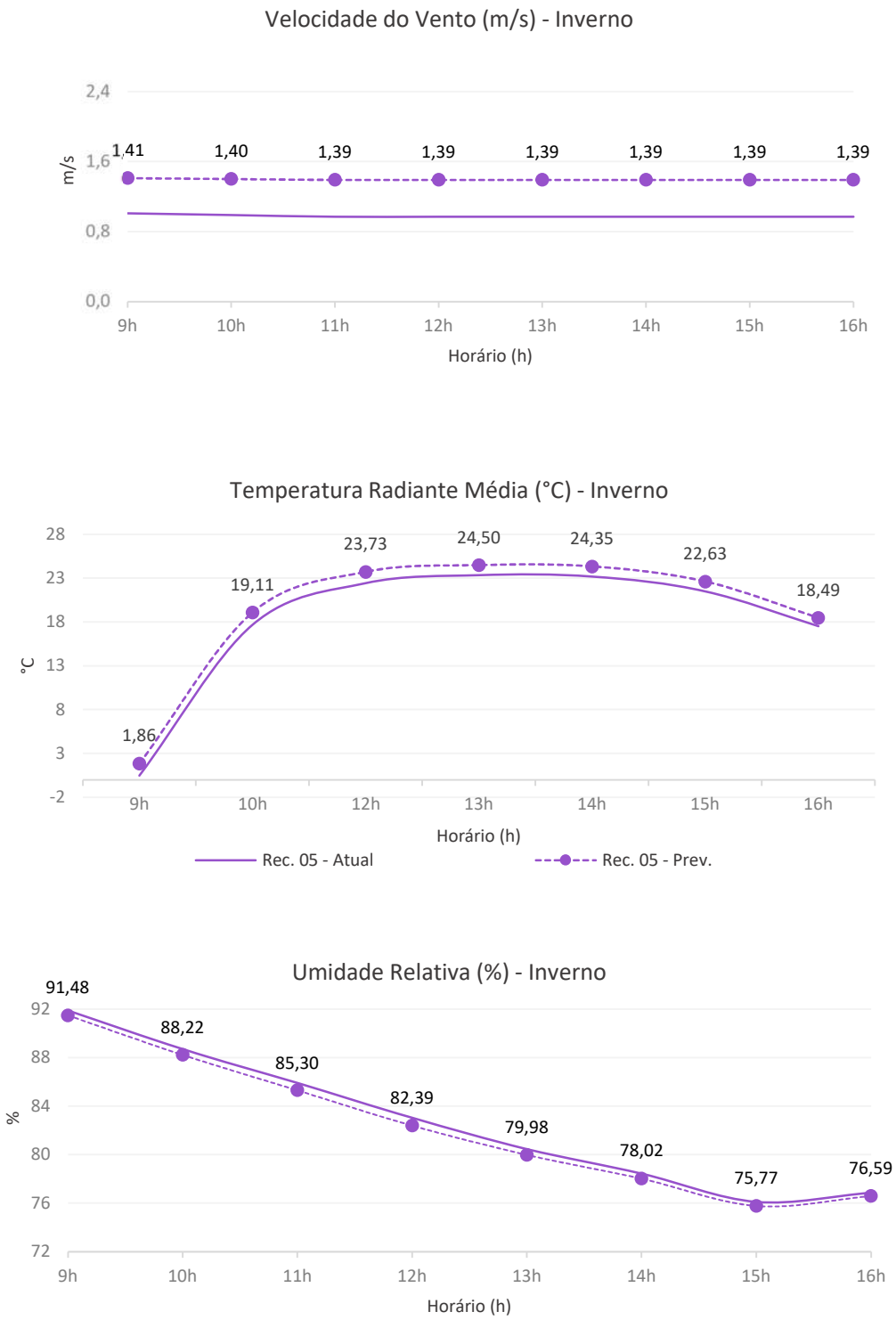
Figura 13: Gráficos dos dados do Receptor 4



Fonte: autoras.

O Receptor 5 apresentou variações que mantiveram uma constância (Figura 14) de 1,4°C da Temperatura Radiante Média e uma variação de 0,60% de umidade relativa. Já a velocidade do vento apresentou um aumento significativo de 0,40m/s durante todo o período analisado.

Figura 14: Gráficos dos dados do Receptor 5



Fonte: autoras.

A figura 15 apresenta os dados coletados do Receptor 6 para a situação atual e prevista. O gráfico demonstra que não há grandes alterações na velocidade do vento e na umidade entre os cenários 1 e 2. Todavia a temperatura radiante média aumentou

1°C o dia inteiro e diminuiu em média 10°C a partir das 15 horas, devido ao aumento do sombreamento causado pelas novas edificações no período da tarde.

Figura 15: Gráficos dos dados do Receptor 6



Fonte: autoras.

Assim, pode-se perceber que, na maioria dos Receptores, houve um considerável aumento da umidade. Essa ampliação está diretamente relacionada com a redução de radiação causada pelo sombreamento dos edifícios. No inverno, essa diferença no comportamento das variáveis pode vir a gerar desconforto térmico aos usuários pela falta de radiação, mas para confirmar essa informação deve-se realizar um estudo posterior sobre os impactos das variações no conforto térmico. Por outro lado, a diminuição da velocidade do vento se mostra benéfica neste período.

CONCLUSÕES

O trabalho teve por objetivo fazer o estudo das implicações do adensamento urbano no microclima urbano, na altura do pedestre em uma quadra na cidade de Pelotas.

O método utilizado se mostrou eficaz e validou as preocupações que levaram à realização deste estudo, apesar das limitações da pesquisa devido às limitações do programa, comentadas anteriormente. Em consequência disso, a simulação foi realizada para apenas uma quadra, sem considerar o seu entorno ou a vegetação presente, assim como foi realizada apenas para o período mais frio do ano. Quanto ao sistema da estação meteorológica de referência, não há informações sobre o erro do equipamento. Entretanto, o trabalho é uma simulação da tendência de comportamento em relação ao clima, com isso, não há exatidão nos dados e sim uma previsão do comportamento.

A análise e discussão dos resultados comprovou os efeitos negativos do adensamento no período do inverno para a região em questão. Ademais, percebeu-se a necessidade da análise das variáveis na concepção do projeto**,** tendo em vista que algumas fachadas novas foram totalmente sombreadas por edificações vizinhas em horários em que se busca a incidência solar, principalmente no inverno.

Após a análise, acredita-se que os impactos negativos ao conforto térmico como o sombreamento (que aumenta a sensação de frio, no inverno) podem ser evitados, seja sobre edificações pré-existentes, na própria implantação do empreendimento ou nas calçadas próximas.

O trabalho realizou a análise do comportamento das variáveis de temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade do ar, bem como os fenômenos físicos que aconteceram para variação de seus valores na altura do pedestre. A continuação prevista para o estudo prevê o estudo desta região pela análise de um ciclo diário completo (24h) e a análise no período do verão. Procura-se posteriormente realizar a análise do conforto térmico utilizando índices térmicos, como o PET (Physiological Equivalent Temperature).

AGRADECIMENTO

É de suma importância valorizar aqueles que incentivam a prática da pesquisa e com isso o desenvolvimento do país, tendo isso em vista é indispensável o agradecimento

a FAPERGS (Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do RS) por financiar essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

[1] SANTOS, M. M. d; KREBS, L. F.; RIBAK, R. H. INFLUÊNCIA DO ADENSAMENTO CONSTRUTIVO SOBRE OS MICROCLIMAS: Estudos brasileiros e singularidades do Sul. **Revista PIXO**. V. 6, n.21 p. 198-204. Outono, 2022.

[2] ACIOLY, Claudio; DAVIDSON, Forbes. **Densidades urbanas: um instrumento de planejamento e gestão urbana.** São Paulo: Mauad, 1998.

[3] DOS SANTOS, Mônica Machado; KREBS, Lisandra Fachinello; RIBAK, Raischa Holz. Urban verticalization:predicting the effect of a Master Plan on microclimate in Bagé, Brazil. **PLEA SANTIAGO**, 2022.

[4] CASTRO, Luiz Guilherme Rivera. Adensamento e Dinâmicas de transformação urbana. **IV enanparq.** Porto Alegre, 2016.

[5] NOGUEIRA, A. M. P.; ARAÚJO, I. Á. L. de; BITTENCOURT, L. S.; RESTAINO, G. 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. DOI: 10.20396/parc.v9i2.8650267. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650267>. Acesso em: maio 2022.

[6] SILVA, Caio Frederico e. **O conforto térmico de cavidades urbanas: contexto climático do Distrito Federal.** 2013. xvii, 175 f., il. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília. Brasília. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/13329/1/2013_CaioFredericoeSilva.pdf> Acesso em: maio de 2022.

[7] SILVA, Geovany Jessé Alexandre da; SILVA, Samira Elias; NOME, Carlos Alejandro. Densidade, dispersão e forma urbana: dimensões e limites da sustentabilidade habitacional. **Arquitextos Vitruvius**, v. 189, 2016. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.189/5957> Acesso em: maio de 2022.

[8] ALVES, Susana Ricardo. **Densidade urbana, compreensão e estruturação do espaço urbano nos territórios de ocupação dispersa**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade Tecnica de Lisboa (Portugal). Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3470/1/Densidade%20Urbana%20-%20Compreens%C3%A3o%20e%20Estrutura%C3%A7%C3%A3o%20dos%20Territ%C3%B3rios%20de%20Ocupa%C3%A7%C3%A3o%20Dispersa.pdf> Acesso em: maio de 2022.

[9] SILVA, Geovany Jessé Alexandre da; SILVA, Samira Elias; ALEJANDRO, Carlos. Densidade, dispersão e forma urbana. Dimensões e limites da sustentabilidade habitacional. **Arquitextos,** [s. 1], v.16, n.189. 2016.

[10] SANCHES, Patrícia Mara. **Cidades compactas e mais verdes: conciliando densidade urbana e vegetação por meio do desenho urbano.** 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

[11] MESTRINER, Gustavo Luiz. **A cidade compacta e os projetos urbanos contemporâneos.** 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo.

[12] MIANA, Anna Christina. **Adensamento e forma urbana:** inserção de parâmetros ambientais no processo de objeto. 2010. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo. São Paulo.

[13] MELIA, Gotthard; et al. The paradoz of intensification. **Transport Policy,** [s. 1], v. 18, n.1, p. 45-52, 2011.

[14] NEUMAN, Michael. The compact city fallecy. **Journal of Planning Education and Research**, [s. 1], v. 25, n. 1, p. 11-26, 2005.

[15] DAVECCHI, Alejandra Maria. **Políticas de compactação urbana.** USJT. Arq. Urb., número 12. 2014.

[16] DE LIMA RAMIRES, Julio Cesar. O processo de verticalização das cidades brasileiras. **Boletim de Geografia**, v. 16, n. 1, p. 97-106, 1998.

[17] DA SILVA, Luiza Maria Cavalcante et al. Influência da verticalização no microclima urbano em cidades tropicais: uma revisão da literatura. **SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA**, v. 3, p. 270-280, 2021.

[18] 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.

[19] GUSSON, Carolina dos Santos. **O impacto da verticalização no microclima urbano e no conforto térmico na escala do pedestre:** o papel da geometria e da envoltória dos edifícios. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

[20] SANTOS, M. M. ; KREBS, LISANDRA FACHINELLO ; RIBAK, R. H. **Urban verticalization: predicting the effect of a Master Plan on microclimate in Bagé, Brazil**. (submetido à publicação).

[21] ADÁRIO, Júlia Lima; MARQUES, Aline Calazans; SILVA, Caio Frederico. **SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO MICROCLIMA URBANO DA PRAÇA DA ESTAÇÃO NA CIDADE DE JUIZ DE FORA–MG.**

[22] PMP - PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS. Lei Nº 5.50/2008. **Plano Diretor de Pelotas.** Disponível em: <https://www.pelotas.com.br/storage/gestao-da-cidade/lei_5502.pdf>. Acesso em: maio de 2022.

[23] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pelotas/panorama> Acesso em: junho de 2022.

[24] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Desempenho Térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** NBR 15220-3. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

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