

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO
SENSU EM ARQUITETURA E URBANISMO
MESTRADO ACADÊMICO

Sombreamento de Edifícios Verticais: Efeitos sobre o Fator de Visão de Céu e a Exposição Solar

Rafaela Alves Bernardes

RAFAELA ALVES BERNARDES

MEMORIAL DE DEFESA

**Sombreamento de Edifícios Verticais: Efeitos sobre o
Fator de Visão de Céu e a Exposição Solar**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo do UNIVAG (Centro Universitário de Várzea Grande/MT), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Arquitetura, Cidade e Território.

Linha de pesquisa: Ambiente construído e Sustentabilidade

Mestranda: Rafaela Alves Bernardes

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0718909182265288>

Orientadora: Profa. Dra. Diana Carolina Jesus de Paula

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1250796395513644>

Co-orientadora: Profa. Dra. Natallia Sanches e Souza

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2878290401700822>

VÁRZEA GRANDE

2026

Ficha catalográfica elaborada por Douglas Rios (CRB1/1610)

Biblioteca Silva Freire – Univag Centro Universitário

B522s

Bernardes, Rafaela Alves.

Sombreamento de edifícios verticais: Efeitos sobre o fator de visão de céu e a exposição solar / Rafaela Alves Bernardes. - - Várzea Grande-MT: Univag, 2026. 139 fls.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Diana Carolina Jesus de Paula

Coorientadora: Prof^ª Dr^ª Natallia Sanches e Souza

Dissertação (Mestrado) Univag, Curso de Pós-Graduação - Mestrado Acadêmico em Arquitetura e Urbanismo – Área de concentração: Arquitetura, Cidade e Território - Linha de Pesquisa: Ambiente Construído e Sustentabilidade.

1. Planejamento urbano sustentável. 2. Modelagem *Sky View Analysis*.
3. Sombreamento urbano. I. Título.

CDU 72
CDD 720

Aos onze dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e seis, às 09:00 horas, reuniu-se por meio de videoconferência a Comissão Examinadora de Dissertação do **Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* – Mestrado Acadêmico em Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG**, com a finalidade de proceder à defesa pública da dissertação apresentada pela discente **Rafaela Alves Bernardes**, matrícula nº 0980101223, como requisito final para a obtenção do **TÍTULO DE MESTRE**.

A dissertação, intitulada "**SOMBREAMENTO DE EDIFÍCIOS VERTICAIS: EFEITOS SOBRE O FATOR DE VISÃO DE CÉU E A EXPOSIÇÃO SOLAR**", está vinculada à **Área de Concentração "Arquitetura, Cidade e Território"**, dentro da Linha de Pesquisa "Ambiente Construído e Sustentabilidade".

A sessão foi iniciada com a exposição do trabalho pela discente, conforme as normas regulamentares do Programa, sob orientação da Profa. Dra. Diana Carolina Jesus de Paula e coorientação da Profa. Dra. Natália Sanches e Souza. Em seguida, a banca procedeu à arguição, composta pelos seguintes membros:

Presidente: Profa. Dra. Diana Carolina de Jesus de Paula – PPGAU/UNIVAG

Coorientadora: Profa. Dra. Natália Sanches e Souza – PPGAU/UNIVAG

1º Membro Avaliador: Profa. Dra. Flávia Maria de Moura Santos - PPGFA-UFMT

2º Membro Avaliador: Prof. Dr. Fábio Friol Guedes de Paiva - PPGAU/UNIVAG

Após a arguição e as devidas respostas da candidata, a banca examinadora reuniu-se em sessão reservada para deliberação, atribuindo o seguinte parecer final:

☒ **Aprovado(a)**

☐ **Aprovado(a) com restrições**

☐ **Reprovado(a)**

Nada mais havendo a tratar, a Presidente da Banca deu por encerrados os trabalhos, sendo lavrada a presente ata, que segue assinada por todos os membros da banca e pela discente.

Várzea Grande, 11 de fevereiro de 2026

Documento assinado digitalmente
 **DIANA CAROLINA JESUS DE PAULA**
Data: 12/02/2026 13:14:41 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Diana Carolina Jesus de Paula
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **NATALLIA SANCHES E SOUZA**
Data: 12/02/2026 12:08:09 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Natallia Sanches e Souza
Coordenadora

Documento assinado digitalmente
 **RAFAELA ALVES BERNARDES**
Data: 11/02/2026 13:20:13 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rafaela Alves Bernardes
Discente

Documento assinado digitalmente
 **FLAVIA MARIA DE MOURA SANTOS**
Data: 12/02/2026 10:14:25 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Flávia Maria de Moura
Santos
1º Membro Avaliador Externo

Documento assinado digitalmente
 **FABIO FRIOL GUEDES DE PAIVA**
Data: 12/02/2026 10:30:00 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fabio Friol Guedes de Paiva
2º Membro Avaliador Interno

V

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha espiritualidade e a Deus, por renovarem minha fé, principalmente nos dias difíceis e por me sustentarem com força e proteção durante toda esta caminhada, a qual sozinha eu jamais conseguiria trilhar.

À minha mãe, meu maior exemplo de coragem. Como mãe solo, a senhora desempenhou todos os papéis com uma força admirável, sendo minha rocha, meu alicerce e meu porto seguro, mesmo que muitas vezes não entendendo exatamente o que é um mestrado. Obrigada por cada sacrifício, por lutar minhas batalhas comigo e por me ensinar que a dignidade e o estudo são nossos maiores bens. Tudo o que sou, devo a você. À minha amada avó **Geraldina** (*in memoriam*). Mesmo habitando há algum tempo em outro plano, sinto sua presença guiando meus passos todos os dias. Sei que a senhora nunca desistiu de mim, e sinto que, de onde estiver, está celebrando esta vitória comigo. Aos amigos e familiares que entenderam minha ausência e torceram por mim. O carinho e a oração de cada um de vocês chegaram até mim.

Agradeço imensamente a mim mesma. Pela resiliência de não ter desistido quando o cansaço parecia maior que a vontade, pelas noites em claro e pela disciplina de seguir em frente. Agradeço por ter acreditado no meu potencial e por ter honrado o meu sonho até o fim.

À minha orientadora, professora **Dra. Diana Carolina**, pela condução sábia, pela paciência e por compartilhar seu conhecimento com tanta generosidade. Obrigada por cada momento de orientação com paciência e sabedoria que compartilhou comigo,

tentando sempre fazer com que eu desse o melhor de mim nessa pesquisa. Obrigada pelos risos e choros compartilhados, eu fui feliz quando a escolhi para me acompanhar nessa jornada.

Aos professores do PPGAU/UNIVAG e aos membros da banca, Professores **Dra. Flávia Santos** e **Dr. Fábio Friol**, pelas contribuições valiosas que enriqueceram este trabalho.

Ao Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG), pela concessão da bolsa de estudos que custeou 80% deste curso, viabilizando a realização desta pesquisa e o meu aprimoramento profissional.

Encerro este ciclo com o coração cheio de gratidão e a certeza de que nunca caminhei sozinha.

Dedicatória

Dedico esta dissertação a todas as mulheres que, assim como eu, buscam seu espaço e contribuição na arquitetura e na ciência. E a mim mesma, pela persistência em não desistir, mesmo nos dias em que o cansaço parecia maior que a vontade.

Resumo

A acelerada urbanização em cidades de médio porte, como Cuiabá–MT, tem intensificado os processos de verticalização, resultando em transformações significativas na morfologia urbana e nos padrões de incidência solar. Nesse contexto, este estudo investigou os impactos do sombreamento decorrente da geometria urbana, utilizando o Fator de Visão do Céu (FVC) como indicador da obstrução do céu e da porção visível entre os blocos edificados. O objetivo consistiu em analisar como a configuração urbana influenciou os padrões de sombreamento ao longo do dia e das estações do ano, bem como discutir a aplicação desses resultados no planejamento urbano. A pesquisa foi desenvolvida a partir da análise de dois condomínios residenciais verticais em Cuiabá–MT, considerando os solstícios de inverno e verão. As análises de sombreamento foram realizadas por meio de modelagem tridimensional nos horários de 10h, 13h e 15h, utilizando o software *SketchUp*, enquanto os valores de FVC foram obtidos com o uso do plugin *Sky View Analysis*. Complementarmente, foram analisados dispositivos da legislação urbanística vigente à época de aprovação dos empreendimentos, a fim de contextualizar os resultados frente aos parâmetros normativos de ocupação do solo. Os resultados evidenciaram que o sombreamento urbano foi fortemente condicionado pela orientação das fachadas, pela trajetória solar sazonal e pela configuração morfológica dos empreendimentos. Observou-se maior variabilidade temporal nas fachadas Leste e Oeste, enquanto as fachadas Norte e Sul apresentaram comportamento mais estável ao longo do dia. Destacou-se a fachada Oeste no período da tarde como a mais sensível às variações de incidência solar. A análise do FVC revelou que arranjos com maior abertura do céu tenderam a apresentar maior exposição à radiação solar, enquanto configurações mais confinadas apresentaram predominância de sombreamento. Os resultados reforçaram a importância da morfologia urbana na modulação do acesso à radiação solar, indicando que parâmetros como afastamento entre edificações, altura dos blocos e proporção dos espaços interedificados devem ser considerados no planejamento urbano, especialmente em contextos de verticalização crescente.

Palavras-chave: Planejamento urbano sustentável. Modelagem *Sky View Analysis*. Sombreamento Urbano.

Abstract

The accelerated urbanization in medium-sized cities, such as Cuiabá-MT, has intensified the verticalization processes, resulting in significant transformations in urban morphology and solar incidence patterns. In this context, this study investigated the impacts of shading resulting from urban geometry, using the Sky Vision Factor (FVC) as an indicator of sky obstruction and the visible portion between the built blocks. The objective was to analyze how the urban configuration influenced the shading patterns throughout the day and seasons, as well as to discuss the application of these results in urban planning. The research was developed from the analysis of two vertical residential condominiums in Cuiabá-MT, considering the winter and summer solstices. The shading analyses were carried out by means of three-dimensional modeling at 10 am, 1 pm and 3 pm, using the SketchUp software, while the FVC values were obtained using the Sky View Analysis plugin. In addition, provisions of the urban legislation in force at the time of approval of the projects were analyzed, in order to contextualize the results in view of the normative parameters of land occupation. The results showed that the urban shading was strongly conditioned by the orientation of the facades, by the seasonal solar trajectory and by the morphological configuration of the developments. There was greater temporal variability on the East and West facades, while the North and South facades showed more stable behavior throughout the day. The west façade stood out in the afternoon as the most sensitive to variations in solar incidence. The FVC analysis revealed that arrangements with greater aperture of the sky tended to present greater exposure to solar radiation, while more confined configurations presented a predominance of shading. The results reinforced the importance of urban morphology in modulating access to solar radiation, indicating that parameters such as distance between buildings, height of blocks and proportion of inter-built spaces should be considered in urban planning, especially in contexts of increasing verticalization.

Keywords: Sustainable urban planning. Sky View Analysis modeling. Urban Shading.

Lista De Figuras

Figura 1 – Grau de Urbanização brasileira entre 1940 e 2022	15
Figura 2 – Localização do perímetro urbano de Cuiabá, no Brasil, no estado de Mato Grosso.....	32
Figura 3 – Panorama do Município de Cuiabá	34
Figura 4 – Evolução da população, área urbana e densidade (hab./km ²) entre 1980 e 2022 do Município de Cuiabá-MT	35
Figura 5 – Crescimento do Perímetro Urbano de Cuiabá.....	35
Figura 6 – Relação entre o crescimento populacional urbano e o Perímetro Urbano	36
Figura 7 – Evolução Urbana do Município de Cuiabá.....	37
Figura 8 – Gráfico da temperatura do ar (°C) de Cuiabá	39
Figura 9 – Umidade relativa do ar (%) de Cuiabá	40
Figura 10 –Precipitação (mm) de Cuiabá.....	40
Figura 11 – Gráfico Rosa dos Ventos de Cuiabá	41
Figura 12 – Gráfico comparativo de Insolação Total em Cuiabá-MT.....	42
Figura 13 – Mapa de Localização do Condomínio A em Cuiabá-MT.....	43
Figura 14 – Mapa de Localização do Condomínio B em Cuiabá-MT.....	44
Figura 15 – Implantação esquemática com indicação de afastamento entre os blocos no Condomínio B.....	51
Figura 16 – Implantação esquemática com indicação de afastamento entre os blocos no Condomínio A.....	52
Figura 17 – Fluxograma explicativo de como utilizar o Plugin Sky View Analysis	58
Figura 18 – Esquema de Identificação dos Blocos – Condomínio A.....	61
Figura 19 – Condomínio A, solstício de Inverno as 10h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	63

Figura 20 – Condomínio A, solstício de Inverno as 13h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	65
Figura 21 – Condomínio A, solstício de Inverno as 15h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	67
Figura 22 – Boxplot do solstício de Inverno as 10h, 13h e 15h no Condomínio A	69
Figura 23 – Teste de Normalidade de Shapiro–Wilk do solstício de Inverno no Condomínio A.....	70
Figura 24 – Teste não paramétrico de de Kruskal–Wallis por fachada: (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	71
Figura 25 – Condomínio A, solstício de Verão as 10h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	73
Figura 26 – Condomínio A, solstício de Verão as 13h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	75
Figura 27 – Condomínio A, solstício de Verão as 15h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	77
Figura 28 – Boxplot do solstício de Verão as 10h, 13h e 15h no Condomínio A.....	80
Figura 29 – Teste de Normalidade de Shapiro–Wilk do solstício de Inverno no Condomínio A.....	80
Figura 30 – Teste não paramétrico de de Kruskal–Wallis por fachada: (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	81
Figura 31 – Projeção estereográfica do Fator de Visão do Céu (FVC) do Condomínio A	82
Figura 32 – Boxplot dos pares do Condomínio A	83
Figura 33 – Teste de Normalidade de Shapiro–Wilk do FVC entre os blocos no Condomínio A.....	84
Figura 34 – a). Teste não paramétrico de Kruskal–Wallis do FVC entre os blocos no Condomínio A e (b) análise pós–Hoc.....	84

Figura 35 – Esquema de identificação dos blocos – Condomínio B	87
Figura 36 – Condomínio B, solstício de Inverno as 10h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	88
Figura 37 – Condomínio B, solstício de Inverno as 13h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	90
Figura 38 – Condomínio B, solstício de Inverno as 15h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	93
Figura 39 – Boxplot do solstício de Inverno as 10h, 13h 3 15h no Condomínio B	95
Figura 40 – Teste de Normalidade de Shapiro–Wilk do solstício de Inverno no Condomínio B.....	96
Figura 41 – Teste não paramétrico de Kruskal–Wallis por fachada: (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste	96
Figura 42 – Condomínio B, solstício de Verão as 10h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	98
Figura 43 – Condomínio B, solstício de Verão as 13h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	100
Figura 44 – Condomínio B, solstício de Verão as 15h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste.....	103
Figura 45 – Boxplot do solstício de Verão as 10h, 13h 3 15h no Condomínio B	105
Figura 46 – Teste de Normalidade de Shapiro–Wilk do solstício de Inverno no Condomínio B.....	105
Figura 47 – Teste não paramétrico de Kruskal–Wallis por fachada: (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste	106
Figura 48 – Projeção estereográfica do Fator de Visão do Céu (FVC) do Condomínio B	107
Figura 49 – Boxplot dos pares de FVC do Condomínio B.....	108

Figura 50 – Teste de Normalidade de Shapiro–Wilk do FVC entre os blocos no Condomínio B.....	109
Figura 51 – a) Teste não paramétrico de Kruskal–Wallis do FVC entre os blocos no Condomínio B e (b) análise pós–Hoc	109

Lista De Tabelas

Tabela 1– Distribuição dos Domicílios Particulares Permanentes Ocupados em Cuiabá por Tipo	6
Tabela 2 – Instrumentos jurídicos do estatuto da cidade (Lei 10.257/2001)	19
Tabela 3 – Evolução da População, Área Urbana e Densidade Demográfica do Município de Cuiabá (1980–2022)	33
Tabela 4 – Comparação de tipos de domicílios entre Brasil e Cuiabá	38
Tabela 5 – Índices urbanísticos de Cuiabá–MT – apenas das Zonas deste estudo.	47
Tabela 6– Comparação entre as Zonas que se localiza as áreas de estudo (Conforme LC 389/2015)	48

Lista De Abreviações

AW – Clima tropical Savana

CMDU – Conselho Municipal de Desenvolvimento Urbano

CP – Permanência Prolongada

CA – Coeficiente de Aproveitamento

CSP – Energia Solar Concentrada

CT – Permanência Transitória

DNI – Irradiação normal direta

EIA – Estudo prévio de Impacto Ambiental

EIV – Estudo prévio de Impacto da Vizinhança

FVC – Fator de Visão do Céu

H/W – Altura e Largura do edifício

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

ICU– Ilha de Calor Urbana

IPTU – Imposto Predial e Território Urbano

LCZ – Zonas Climáticas Locais

ONU– Organização Não Governamental

PC – Potencial Construtivo

PDDE – Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico

PDDU – Plano diretor de Desenvolvimento Urbano

RIV – Relatório de Impacto de Vizinhança

SP – Compartimentos Sem Permanência

TAS – Transtorno afetivo sazonal

TRY – *Typical Reference Year*

TO – Taxa de Ocupação

ZCTR1 – Zona de Corredores de Tráfego 1

ZCTR2 – Zona de Corredores de Tráfego 2

Sumário

Resumo.....	VIII
Abstract	IX
Lista de Figuras.....	X
Lista de Tabelas	XII
Lista de Abreviações	XV
 <u>1ª PARTE - INTRODUÇÃO.....</u>	 <u>5</u>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	5
1.2 JUSTIFICATIVA.....	7
1.3 OBJETIVOS.....	9
1.3.1 OBJETIVO GERAL	9
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.4 ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS.....	10
 <u>2ª PARTE - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</u>	 <u>13</u>
2.1 MORFOLOGIA URBANA.....	13
2.2 ADENSAMENTO E VERTICALIZAÇÃO	14
2.3 ESTATUTO DA CIDADE	17
2.4 ÍNDICES URBANÍSTICOS, CONTROLE DE DENSIDADE E VERTICALIZAÇÃO	22
2.5 ACESSO AO SOL.....	23
2.5.1 O ACESSO AO SOL E A SAÚDE HUMANA	24
2.5.2 ILUMINAÇÃO NATURAL, SOMBREAMENTO E LEGISLAÇÃO	25
 <u>3ª PARTE - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</u>	 <u>32</u>

3.1	PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DE CUIABÁ	32
3.2	ASPECTOS CLIMÁTICOS DE CUIABÁ.....	38
3.3	PORÇÕES URBANAS ESTUDADAS	42
3.3.1	CONDOMÍNIO A	42
3.3.2	CONDOMÍNIO B.....	43
3.4	LEGISLAÇÃO URBANÍSTICA DE CUIABÁ.....	44
3.4.1	PLANO DIRETOR	45
3.4.2	ZONEAMENTO	45
3.4.3	ÍNDICES URBANÍSTICOS	46
3.4.4	CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES QUE DEFINEM OS RECUOS LATERAIS E DE FUNDOS.....	49
4ª PARTE - METODOLOGIA	54	
4. MATERIAIS E MÉTODOS	55	
4.1	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	55
4.2	RECORTE TEMPORAL E ESPACIAL.....	56
4.2.1	MODELAGEM E SIMULAÇÃO DIGITAL.....	56
4.2.2	ESTATÍSTICA DOS DADOS	58
4.2.3	ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	59
5ª PARTE - RESULTADOS E DISCUSSÕES	61	
5.1	ANÁLISE DE SOMBREAMENTO DE CONDOMÍNIO A	61
5.1.1	SOLSTÍCIO DE INVERNO	62
5.1.2	SOLSTÍCIO DE VERÃO	72
5.1.3	FATOR DE VISÃO DE CÉU (FVC)	82
5.2	ANÁLISE DO SOMBREAMENTO DO CONDOMÍNIO B.....	86
5.2.1	SOLSTÍCIO DE INVERNO	87

5.2.2	SOLSTÍCIO DE VERÃO	97
5.2.3	FATOR DE VISÃO DE CÉU (FVC)	107
<u>6ª PARTE - CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>		<u>113</u>
REFERÊNCIAS		115

Introdução

1^a PARTE

1.1 Contextualização

De acordo com Silva (2018), o processo de verticalização urbana está associado a um aumento no consumo energético, evidenciando a necessidade de uma avaliação criteriosa das dinâmicas de adensamento. Landsberg (1981) afirma que assim como a verticalização é associada ao consumo energético, é também associada a obstrução dos fluxos de ar, podendo reduzir a velocidade média dos ventos em até 60%.

A presença de edificações, ao modificar a relação entre forma urbana e incidência solar, introduz variações microclimáticas nos diferentes tecidos da cidade. Tais variações são determinadas, sobretudo, pelos padrões de adensamento, verticalização e configuração volumétrica das construções. Em contextos de intensa atividade imobiliária, como ao longo dos Eixos de Transporte na cidade de São Paulo, observa-se a crescente inserção de novos empreendimentos que alteram significativamente as condições de sombreamento e, conseqüentemente, a disponibilidade solar nos espaços urbanos (Pacifici; Marins, 2017).

Silva (2018) destaca que, em áreas intensamente verticalizadas, o sombreamento provocado pelas edificações afeta diretamente as fachadas, restringindo a incidência de luz natural e a exposição solar nos espaços internos, o que compromete o conforto ambiental dos usuários.

Corroborando essa perspectiva, o estudo de Campos (2014), realizado na zona central de Curitiba-PR, utilizou levantamentos de campo e simulações de sombreamento para demonstrar que os edifícios implantados na área geram sombras significativas sobre as construções vizinhas. Essa condição prejudica o desempenho energético e lumínico das edificações afetadas, revelando os impactos negativos da verticalização não planejada sobre a qualidade ambiental urbana.

Diante deste cenário, cidades médias como Cuiabá, tornam-se um contexto ideal para analisar o impacto da verticalização e suas conseqüências, buscando

compreender como a transformação do espaço urbano afeta as condições de acesso à radiação solar.

Embora as residências horizontais continuem predominantes em Cuiabá, somando 80,17% dos domicílios (casas isoladas e em condomínio), o Censo Demográfico de 2022 indica que 18,76% já correspondem a apartamentos, evidenciando o avanço no processo de verticalização urbana na última década (IBGE, 2022). Na Tabela 1 é possível ver esses dados separadamente.

Tabela 1– Distribuição dos Domicílios Particulares Permanentes Ocupados em Cuiabá por Tipo

Tipo de Domicílio	Número de Domicílios	Percentual
CASA	170.979	73,63%
CASA DE VILA OU CONDOMÍNIO	15.184	6,54%
APARTAMENTO	43.558	18,76%
CORTIÇO	2.371	1,02%
DOMICÍLIO IMPORIVISADO	109	0,05%
TOTAL GERAL	232.201	100%

Fonte: IBGE, 2022. Adaptado pela autora.

Esse percentual é superior à média nacional, na qual aproximadamente 14,86% dos domicílios particulares permanentes ocupados são classificados como apartamentos (IBGE, 2022). Ressalta-se, contudo, que a comparabilidade entre os dados exige cautela, uma vez que as categorias de domicílio podem ser agregadas de forma distinta nas estatísticas nacionais.

Desse modo, o processo de verticalização altera significativamente a morfologia urbana, influenciando os fluxos de calor, ventilação e balanço radiativo, com implicações diretas no conforto térmico e na intensidade das ilhas de calor urbanas (OKE *et al.*, 2017).

A concepção de uma arquitetura bioclimática pressupõe, inicialmente, o conhecimento aprofundado das características físico-ambientais locais relacionadas ao conforto térmico. A partir desse entendimento, estabelece-se um encadeamento metodológico que se inicia com a análise detalhada do clima local, com ênfase nas

variáveis determinantes do conforto térmico, tais como temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e regime de ventos. Em seguida, procede-se à seleção e ao tratamento dos dados climáticos pertinentes ao dimensionamento do projeto, etapa que subsidia a definição do partido arquitetônico, o qual deve responder de forma integrada às condicionantes climáticas e às exigências programáticas do edifício. Por fim, após a consolidação das decisões projetuais, torna-se necessária a realização de avaliações quantitativas, com vistas à verificação do desempenho térmico potencial da edificação (Frota; Schiffer, 2001).

Tais evidências reforçam a importância de integrar critérios de desempenho ambiental nas políticas de uso e ocupação do solo, especialmente em áreas sujeitas a processos de adensamento vertical, a fim de garantir maior eficiência energética e qualidade de vida no ambiente construído.

1.2 Justificativa

O estudo do impacto do sombreamento causado pelas edificações verticais em Cuiabá é relevante diante do crescimento urbano acelerado e das transformações morfológicas observadas nas últimas décadas. Em áreas intensamente verticalizadas, o sombreamento influencia a incidência de radiação solar, afetando tanto os espaços externos quanto, potencialmente, os ambientes internos (Silva, 2018).

As características urbanas associadas aos tipos de adensamento e uso do solo têm a capacidade de alterar o clima urbano na camada limite, uma vez que o aumento da densidade construída intensifica as interferências sobre as variáveis climáticas locais (Santos, 2013). Nesse contexto, o processo de urbanização está diretamente relacionado à intensificação das ilhas de calor, fenômeno que acompanha historicamente a expansão das áreas urbanas e suburbanas (Gartland, 2010).

Estudos clássicos indicam que o consumo energético em edificações pode aumentar entre 2% e 4% a cada grau de elevação da temperatura (Akbari; Rosenfeld, 1997). De forma semelhante, verificou-se que, durante o verão em Atenas, a demanda

por resfriamento apresenta aumentos significativos em direção às áreas centrais urbanas (Santamouris, 1997).

Para a análise do comportamento térmico no contexto urbano, a relação entre a altura das edificações e a largura das vias (H/W) constitui um indicador relevante da geometria dos cânions urbanos (Oke, 1982). Valores mais baixos dessa relação tendem a indicar maior abertura do espaço urbano, influenciando a ventilação e a exposição solar (Mendes; Filho; Lopes, 2015).

Complementarmente, o Fator de Visão do Céu (FVC), também denominado *Sky View Factor (SVF)*, configura-se como um parâmetro morfológico relevante para a análise do ambiente urbano, por estar associado à modulação de variáveis microclimáticas, representando a fração visível da abóboda celeste a partir de um ponto no espaço urbano. Nesse sentido, o FVC constitui um instrumento relevante tanto na fase de projeto quanto na avaliação de ambientes construídos, permitindo a análise de condições de insolação, sombreamento e iluminação no meio urbano (Romero, 2011).

A relevância deste tema se potencializa de diversas maneiras, essencialmente nos debates do urbanismo sustentável pelo viés do planejamento sensível ao clima. Desta maneira, esta pesquisa se alinha diretamente com o objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11, da Agenda 2030, que tem como objetivo tornar as cidades mais resilientes e sustentáveis. Assim sendo, a pesquisa não só fornecerá informação significativa para a comunidade acadêmica e profissional, como também servirá para compreender e analisar como a verticalização urbana afeta o sombreamento e a visibilidade do céu no processo de urbanização em Cuiabá. Tal compreensão mostra a importância da revisão das legislações urbanísticas, especialmente no âmbito do Plano Diretor Municipal, com atributos estratégicos para desenvolvimento urbano mais sustentável e adaptadas ao clima local.

A delimitação da escolha dos conjuntos habitacionais desse estudo fundamentou-se em diversos critérios rigorosos, à fim de garantir a representatividade da verticalização em Cuiabá. Os objetos de estudo foram selecionados por meio de

alguns parâmetros, sendo: a localização e zoneamento; pois são localizados em áreas que apresentam um maior índice de adensamento e potencial de crescimento verticalizado conforme a legislação urbanística vigente. O recorte temporal, que priorizou conjuntos habitacionais aprovados a partir de 2015, com o intuito de garantir a análise de dinâmicas construtivas sob a legislação urbanística vigente da época. Além disso, a filtragem técnica também inseriu que os objetos de estudos deveriam ser com orientação solar Leste-Oeste (L-O), devido ao contexto local de ganho térmico e sombreamento, como também as tipologias de 4 e 10 pavimentos, por serem modelos arquitetônicos mais utilizados e o impacto na morfologia urbana atual.

Portanto, esta pesquisa busca investigar os impactos da verticalização através do FVC e conseqüentemente o acesso a iluminação natural na cidade de Cuiabá, a partir de uma análise tridimensional e simulações utilizando o Plugin *Sky View Analysis* no *Sketchup*, visando contribuir com as futuras revisões das leis urbanísticas do município, no contexto do clima local.

Diante do contexto, e considerando a necessidade de compatibilizar o adensamento urbano com o conforto térmico, formula-se a seguinte questão da pesquisa: De que maneira a morfologia urbana dos conjuntos habitacionais verticais em Cuiabá interfere no acesso ao Sol em seu entorno imediato?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo principal do trabalho é analisar as condições de acesso solar em dois conjuntos habitacionais verticais localizadas em vias de corredor de tráfego, na cidade de Cuiabá-MT.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Selecionar e caracterizar conjuntos habitacionais aprovados após 2015, com orientação solar L-O, e que representem as duas tipologias mais construídas;

- Modelar os conjuntos habitacionais georreferenciados no software *Sketchup*;
- Analisar o sombreamento das fachadas no Solstício de verão e inverno em 2025 nos seguintes horários às 10h, 13h e 15h;
- Analisar o FVC entre as edificações utilizando o Plugin *Sky View Analysis* no software *Sketchup*;
- Identificar padrões de sombreamento e suas implicações para o planejamento urbano de Cuiabá;

1.4 Estrutura dos Capítulos

A dissertação se estrutura em seis capítulos, sendo construídos de modo a orientar o leitor desde a contextualização inicial até a análise dos dados e conclusões finais. No primeiro capítulo é apresentado a introdução, onde contextualiza a problemática da verticalização e seus impactos no conforto ambiental; em seguida a justificativa, que se ampara na necessidade urgente de parâmetros morfológicos para o município de Cuiabá; e os objetivos (geral e específicos) que norteiam o estudo.

A segunda parte contempla a fundamentação teórica, com os principais conceitos que fundamentam a discussão sobre o acesso ao sol e a saúde humana, seguindo por outros conceitos como sombreamento, adensamento, conforto térmico, iluminação natural e FVC. Aprofunda também nas métricas da geometria urbana e sobre os instrumentos de controle urbano previstos no Estatuto da Cidade.

No terceiro capítulo é apresentada a caracterização das áreas de estudo, informando sobre contexto histórico e urbano do Município de Cuiabá–MT, além dos seus aspectos climáticos locais e legislações urbanísticas vigente (parâmetros de ocupação). Além disso, são apresentados os objetos de estudo da pesquisa: Condomínios Condomínio A e Condomínio B.

Na quarta parte, são descritos os materiais e metodologias adotadas. Detalha-se o traçado da pesquisa, a metodologia utilizada para caracterizar a geometria urbana para a definição dos conjuntos habitacionais verticais (04 e 10 pavimentos), e os

procedimentos utilizados para modelagem tridimensional, com a utilização do *Software Sketchup* e o *Plugin Sky View Analysis*. Também descreve sobre os tratamentos estatístico (*Shapiro–Wilk* e *Kruskal–Wallis*), que foram utilizados para validação dos dados.

No quinto capítulo são os resultados e discussões. As análises são apresentadas divididas por condomínio, no solstício de inverno e verão. Neste capítulo, é exposto os resultados da porcentagem de sombreamento por fachada em cada um dos três horários definidos. Ademais, é realizada análise do FVC entre os blocos por empreendimento a fim de verificar a influência da geometria urbana no acesso ao sol. Por fim, utilizou-se de análise estatística para validar os achados da pesquisa.

E por fim, apresenta-se as considerações finais da pesquisa, com reflexões sobre o objetivo proposto, sintetizando as principais contribuições da pesquisa para a política urbana local, e direcionamento sobre futuras pesquisas, e por fim, as referências bibliográficas utilizadas ao longo do estudo.

Fundamentação teórica

2^a PARTE

2.1 Morfologia Urbana

O crescimento das cidades brasileiras, impulsionado pela industrialização e pelo êxodo rural, resultou em padrões de urbanização frequentemente marcados por desordem e fragmentação espacial. Nesse contexto, destaca-se a necessidade de abordagens mais estratégicas no planejamento urbano, de modo a mitigar problemas socioespaciais, como desigualdade, segregação e incompatibilidades decorrentes da expansão urbana acelerada (Ferri, 2023). Esse debate estrutura-se, sobretudo, na contraposição entre dois modelos: a dispersão urbana e a cidade compacta.

A dispersão urbana caracteriza-se por um padrão de crescimento horizontal, de baixa densidade e elevada fragmentação, frequentemente associado à expansão periférica, dependência do transporte individual e aumento dos custos de infraestrutura. Esse modelo tende a intensificar processos de segregação socioespacial, ampliar o consumo energético e comprometer a qualidade ambiental, especialmente em função da expansão territorial e da redução de áreas vegetadas (Silva, 2018).

Em contraste, o modelo de cidade compacta propõe a intensificação do uso do solo urbano de forma mais eficiente, articulando densidade, diversidade de usos e redução do consumo de recursos naturais (Alves, 2020). Nesse sentido, busca-se a integração entre atividades urbanas e a otimização da infraestrutura existente, promovendo maior eficiência funcional e ambiental (Militelli, 2021). Rogers (1997) ressalta que o sucesso desse modelo depende da superação do paradigma rodoviarista e da promoção de ambientes urbanos mais acessíveis, com ênfase no transporte público, na caminhabilidade e na proximidade entre funções urbanas.

Nesse contexto, insere-se o conceito de cânion urbano, fundamental para a análise da relação entre forma urbana e clima. O cânion urbano é definido pela configuração espacial composta por vias e edificações adjacentes, sendo caracterizado

principalmente pela relação entre a altura das edificações (H) e a largura das vias (W), parâmetro amplamente utilizado na análise microclimática urbana (Romero, 2011).

Estudos baseados em simulações de cânions urbanos demonstram que a geometria desses espaços influencia diretamente o clima urbano, especialmente no que se refere ao sombreamento, à ventilação e ao balanço radiativo (Barring *et al.*, 1985; Arnfield, 1990; Todhunter, 1990; Sakakibara, 1996 Apud Gartland, 2010). Além disso, tais características também impactam o consumo energético das edificações, evidenciando a relação entre morfologia urbana e desempenho ambiental (Santamouris, 2001; Georgakis, 2002 Apud Gartland, 2010).

Nesse sentido, a análise da geometria urbana assume papel central no planejamento de cidades mais sensíveis ao clima, contribuindo para a mitigação de efeitos adversos decorrentes da urbanização acelerada e da ausência de estratégias bioclimáticas (Nascimento *et al.*, 2015). A compreensão dessas relações permite subsidiar decisões projetuais e urbanísticas mais adequadas, promovendo melhor desempenho ambiental e qualidade de vida (Romero, 2013).

Estudos recentes realizados em Cuiabá–MT evidenciam a relação entre a morfologia urbana e a intensificação das ilhas de calor, indicando que diferentes tipologias urbanas, classificadas segundo as Zonas Climáticas Locais (LCZ), apresentam variações significativas na magnitude térmica ao longo do ano. Resultados apontam incrementos de temperatura noturna associados a configurações urbanas específicas, com variações sazonais que podem atingir até 2,77°C no outono, 1,88°C no inverno, 1,37°C na primavera e 1°C no verão (Paula *et al.*, 2025).

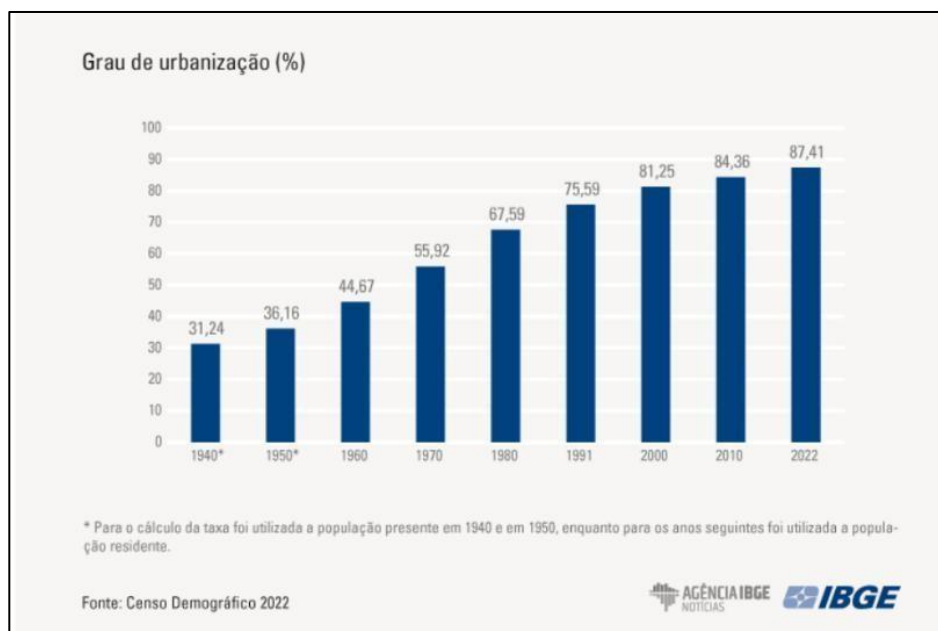
2.2 Adensamento e Verticalização

O crescimento desordenado das cidades é o que agrava os problemas urbanos, incluindo aqueles relacionados aos impactos ao clima e às desigualdades no acesso a recursos e serviços básicos (Pires *et al.*, 2019).

No contexto brasileiro, o processo de urbanização foi impulsionado pelo processo de industrialização e o êxodo da população rural, na década de 1930. Nas regiões metropolitanas, o adensamento desordenado é o que agrava ainda mais os problemas urbanos, incluindo aqueles relacionados aos impactos do clima e às desigualdades no acesso a recursos e serviços básicos (Pires *et al.*, 2019). É possível ressaltar que os processos de planejamento urbano brasileiros produziram modelos e tipologias de projetos padronizados, muitas vezes carecem de alternativas que favoreçam a criação de espaços construídos ecologicamente corretos.

Dados disponibilizados pelo IBGE (2022) destacam a magnitude do crescimento populacional urbano, 203,1 milhões de pessoas que vivem no Brasil, cerca de 87,4% (177,5 milhões) da população reside em áreas urbanas, havendo um aumento de 13% (cerca de 16,6 milhões) em relação a 2010. Como pode se observar na Figura 1, a evolução da urbanização no Brasil de 1940 a 2022 é constante (Figura 1). Em 1940, a população urbana era de 31,24%, enquanto em 2022 chega a 87,41%. Entre 2010 e 2022, a população passou a expandir cerca de 0,82% ao ano. Até 2050, a estimativa é que 68% da população global seja urbana, com um aumento de cerca de 2,2 bilhões de pessoas vivendo em áreas urbanas nesse período (ONU, 2022).

Figura 1 – Grau de Urbanização brasileira entre 1940 e 2022.



Fonte: IBGE, 2022.

Essa concentração populacional gera uma valorização do solo urbano. Embora a densidade forneça benefícios locais, como maior oferta de serviços e interações sociais, por outro traz congestionamentos e o custo elevado da terra (Farr, 2013). Devido a isso, para o mercado imobiliário conseguir manter o padrão e construir em áreas altamente adensadas, é adotada a verticalização como uma estratégia para multiplicação da área construída, diluindo o custo do terreno por inúmeras unidades habitacionais. Assim, a densificação urbana leva a verticalização, por consequência limite o acesso ao sol em seu entorno imediato, além de alterar os fluxos de vento na cidade.

O termo adensamento urbano refere-se à concentração de pessoas, atividades e construções em uma área específica da cidade, geralmente caracterizado por maior ocupação do solo, verticalização de edificações e diversificação de usos. Esse conceito está relacionado diretamente ao uso mais eficiente do espaço urbano, promovendo a proximidade entre moradia, trabalho, serviços e lazer (Schmitt; Resch, 2016).

Todavia, a formação de cânions urbanos intensifica esses problemas ao dificultar a ventilação natural e agravar o sombreamento excessivo, afetando o acesso à luz solar em áreas densamente edificadas. Quando se trata de análise do acesso ao sol em áreas urbanas, é essencial que compreenda os efeitos da formação de cânions urbanos, ou seja, constitui-se como uma configuração urbana específica, caracterizada pela relação altura das edificações e distâncias entre elas, as quais limitam significativamente a visão do céu e contribuem à formação de ilhas de calor (Nascimento *et al.*, 2015), caracterizados por grandes edifícios que possui proximidade, limitando a ventilação natural e a dispersão térmica (Neto e Amorim, 2017).

Neste contexto, as avaliações dessas formas urbanas assumem um papel de extrema importância no sentido de aprimorar as condições ambientais nas cidades (Nascimento *et al.*, 2015). Alterações mínimas de elevação ou orientação no edifício, podem provocar inúmeras variáveis no microclima urbano. A geometria cânions urbanos não apenas orienta decisões mais sensíveis ao clima no planejamento urbano,

mas também fornece subsídios para estratégias que reduzem seus impactos negativos das formas construídas, promovendo maior qualidade de vida nas áreas urbanas (Romero, 2013).

Torres (2017) aponta que é necessário sublinhar que a densificação urbana encontra limitações na capacidade de carga espacial tanto em termos de infraestrutura como no de ambiente, especialmente no contexto climático, tendo em conta a necessidade de regulação da permeabilidade ao vento, radiação solar e acumulação de calor, onde normas e índices urbanos levam à formação de padrões morfológicos simplificados e sem flexibilidade.

Apesar das inúmeras problemáticas associadas ao adensamento urbano, como sobrecarga de infraestrutura, poluição e ilhas de calor, Rogers (1997) destaca que, com o desenvolvimento urbano moderno, é possível colher benefícios significativos das cidades densas. Ele aponta que a eficiência energética e a economia no consumo de recursos podem contribuir para vantagens ecológicas, desde que o adensamento seja acompanhado de um planejamento estratégico apropriado. Esse plano deve priorizar a redução da poluição, a implementação de sistemas sustentáveis de transporte e a incorporação de tecnologias verdes.

2.3 Estatuto Da Cidade

No Brasil, com o atraso do planejamento urbano, o país sofreu com o crescimento desestruturado de diversas cidades. Porém, a problematização maior foi a partir da década de 1980, quando houve uma proliferação de centenas de novas cidades e aglomerações em regiões metropolitanas urbanas, muitas vezes acontecendo de forma irregular por não ter uma legislação específica sobre o planejamento territorial. Entretanto, este fato fez com que as normas de distribuição urbana fossem aperfeiçoadas (Ferri, 2023).

Assim, o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001), que regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece normas de ordem pública e interesse social voltadas à regulação do uso da propriedade urbana

em benefício do bem coletivo, da segurança, do bem-estar da população e do equilíbrio ambiental. Sua promulgação, treze anos após a Constituição de 1988, reafirma juridicamente a função social da propriedade e a participação social no planejamento urbano, além de instituir instrumentos legais para a efetivação do direito à cidade, entendido como um direito de todos. Nesse contexto, o Estatuto reforça a centralidade do planejamento prévio das ações do Estado, especialmente por meio da elaboração do Plano Diretor Municipal de forma integrada e participativa.

O Plano Diretor Municipal (PDM) é obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes, integrantes de regiões metropolitanas, áreas de interesse turístico ou sujeitas a significativo impacto ambiental. Além do PDM, A lei institui instrumentos destinados a assegurar que a propriedade urbana cumpra sua função social, como o parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) progressivo no tempo, a desapropriação para fins de reforma urbana, o direito de preempção e a outorga onerosa do direito de construir (solo criado). No campo da regularização fundiária, são previstos mecanismos como a usucapião urbana, a concessão do direito real de uso e a criação de Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), voltadas à inclusão socioespacial e à garantia do direito à moradia.

Além disso, o Estatuto da Cidade consolida instrumentos de gestão democrática da cidade, fundamentais para a participação social no planejamento e na gestão urbana, tais como os conselhos de política urbana, as conferências da cidade, o orçamento participativo, as audiências públicas, a iniciativa popular de projetos de lei e o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV).

Em conjunto, esses dispositivos reforçam o planejamento urbano integrado, participativo e socialmente orientado, reafirmando o direito à cidade como princípio estruturante das políticas urbanas no Brasil. A tabela 2 sintetiza os mecanismos principais jurídicos disponíveis e suas respectivas funções.

Tabela 2 – Instrumentos jurídicos do estatuto da cidade (Lei 10.257/2001)

Instrumentos Jurídicos	Função
Desapropriação	Transferência da propriedade privada para o poder público, mediante indenização.
Servidão administrativa	Imposição de restrições ao uso da propriedade privada em favor do poder público.
Limitações administrativas	Restrições ao uso da propriedade privada impostas pelo poder público para proteger o interesse coletivo.
Tombamento de imóveis ou de mobiliário urbano	Proteção do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico.
Instituição de unidades de conservação	Criação de áreas protegidas para preservar a biodiversidade e os recursos naturais.
Instituição de zonas especiais de interesse social	Criação de áreas destinadas à moradia de população de baixa renda.
Concessão de direito real de uso	Transferência do direito de uso de um imóvel público para um particular.
Concessão de uso especial para fins de moradia	Permissão para que famílias de baixa renda utilizem imóveis públicos para moradia.
Parcelamento, edificação ou utilização compulsórios	Obrigação imposta aos proprietários de terrenos não utilizados para que os aproveitem adequadamente.
Usucapião especial de imóvel urbano	Aquisição da propriedade por meio da posse prolongada e ininterrupta.
Outorga onerosa do direito de construir e de alteração de uso	Cobrança pelo direito de construir acima do coeficiente de aproveitamento básico ou de alterar o uso do solo.
Transferência do direito de construir	Possibilidade de transferir o direito de construir de um imóvel para outro.
Operações urbanas consorciadas	Parcerias entre o poder público e a iniciativa privada para a realização de intervenções urbanísticas.
Regularização fundiária	Processo de legalização de ocupações irregulares.
Assistência técnica e jurídica gratuita para as comunidades e grupos sociais menos favorecidos	Oferecimento de suporte técnico e jurídico para a população de baixa renda.

Referendo popular e plebiscito	Mecanismos de participação popular na tomada de decisões sobre questões urbanas.
Estudo prévio de impacto ambiental (EIA) e estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV)	Avaliação dos impactos ambientais e urbanísticos de empreendimentos e atividades.
Direito de superfície	Possibilidade de construir ou plantar em terreno alheio.
Direito de preempção	Preferência do poder público na aquisição de imóveis urbanos.

Fonte: Brasil, 2001.

Embora o Estatuto abranja também instrumentos de natureza fundiária, como a usucapião e a regularização fundiária, para a análise da morfologia urbana e do sombreamento, destacam-se aqueles que incidem diretamente sobre o potencial construtivo, como:

A Outorga Onerosa do Direito de Construir: também denominada solo criado, permite que o direito de construir seja utilizado acima do coeficiente de aproveitamento básico, ou que o uso do solo seja alterado, mediante contrapartida do beneficiário. É a concessão emitida pelo Município para edificar acima dos índices urbanísticos estabelecidos pelo coeficiente de aproveitamento, mediante contrapartida do setor privado, em áreas dotadas de infraestrutura, ou no interesse da administração municipal.

Transferência do Direito de Construir: esta possibilita que o direito de construir de um imóvel seja transferido para outro, especialmente quando o imóvel original é considerado necessário para implantação de equipamentos urbanos, preservação ou programas de regularização fundiária. É a autorização expedida pelo Município ao proprietário do imóvel urbano, privado ou público, para construir em outro local, ou alienar mediante escritura pública, o potencial construtivo de determinado lote para finalidades como a promoção, proteção e preservação do patrimônio histórico cultural, natural e ambiental; programas de regularização fundiária; habitação de interesse social; implantação de equipamentos urbanos e comunitários; espaços de

uso público; melhoramentos do sistema viário básico; e proteção e preservação dos córregos.

Operações Urbanas Consorciadas: permitem a realização de intervenções urbanísticas estruturais, melhorias sociais e valorização ambiental em áreas delimitadas por lei municipal específica, com a participação do poder público, proprietários, moradores, usuários e investidores privados.

Entretanto, para garantir o conforto ambiental, o instrumento mais relevante no Estatuto é o Estudo de Impacto da vizinhança (EIV). O EIV, tem como objetivo analisar a vizinhança e analisar a distribuição das vantagens e desvantagens da urbanização, sendo utilizado como um instrumento de planejamento para complementar ao regramento ordinário do parcelamento, uso e ocupação do solo e no processo de licenciamento urbanístico. Esse instrumento possibilita um estudo prévio dos impactos que empreendimentos de grande porte possa ter no entorno e a interferência urbana, a fim de minimizar os impactos negativos e favorecer os positivos (Ministério Das Cidades, 2016).

De acordo com o artigo 37 do Estatuto da cidade (Brasil, 2001) o EIV estabelece quais análises são mínimas para ser analisadas. Sendo elas:

- I– Adensamento populacional;
- II– Equipamentos urbanos e comunitários;
- III– Uso e ocupação do Solo;
- IV– Valorização Imobiliária;
- V– Geração de tráfego e demanda por transporte público;
- VI– Ventilação e iluminação;
- VII– Paisagem urbana e patrimônio natural e cultural.

Ao analisar o conteúdo mínimo requisitado ao EIV por meio do EC, observa-se que todos esses componentes são essenciais para se ter um diagnóstico mais preciso quanto ao empreendimento que será instalado. A exigência explícita da análise de “ventilação e iluminação” no inciso VI, reforça a importância legal de estudos como o proposto na pesquisa. Ao analisar o conteúdo mínimo do EIV, é possível observar que

ele é uma ferramenta jurídica ideal para impedir o processo de verticalização desordenado que comprometa o acesso solar e o bem-estar da vizinhança, a médio e longo prazo.

2.4 Índices Urbanísticos, Controle de Densidade e Verticalização

Para que o planejamento urbano cumpra a função social da propriedade, e garanta o conforto ambiental, como já citado, o Plano Diretor utiliza algumas ferramentas métricas conhecidas como os índices urbanísticos. Essas diretrizes são responsáveis pela definição direta da geométrica dos edifícios, e consequentemente, pela configuração da paisagem urbana e seus microclimas (Mascaró, 2004). Os principais parâmetros que modelam a forma da cidade são: zoneamento, o Coeficiente de Aproveitamento (CA), a Taxa de Ocupação (TO). Essa combinação é o que determina o volume máximo que uma edificação pode ocupar no espaço aéreo urbano.

O Coeficiente de Aproveitamento (CA), é o que estabelece a relação entre a área total construída permitida e a área do terreno. De acordo com Mascaró (2004), o CA é o regulador principal de densidade construtiva. Quando este índice está elevado, acontece a verticalização, que permite construir várias vezes a área do lote, sobre pavimentos. Em áreas onde o Coeficiente de Aproveitamento é alto, não há restrições severas da altura máxima, ou seja, do gabarito, e a tendência é a formação de edifícios altos que, por sua vez podem criar barreiras em relação à ventilação e ao acesso ao sol.

A taxa de Ocupação (TO), é a taxa referente a porcentagem do terreno que pode ser ocupada pela projeção do edifício. Este índice é ligado à permeabilidade do solo e a densidade de ocupação ao nível térreo do edifício. Gartland (2010) fala que as taxas de ocupação excessivas têm como resultado a supressão da vegetação, e o aumento de superfícies permeáveis, o que contribui significativamente para a formação de Ilhas de Calor, pois dificulta a dissipação térmica noturna.

Porém, os índices mais críticos quando se trata de análise ao acesso solar e o sombreamento, são os recuos (ou afastamentos). São eles que definem a distância

obrigatória entre o edifício e as divisas do terreno (frontal, lateral e fundos). Romero (2011). Afirma que a relação entre a altura das edificações e a largura das vias – incluindo os recuos –, são determinantes para a geométrica dos cânions urbanos.

Quando os recuos não são suficientes para a altura proposta (Relação H/W elevada), o que ocorre são sombreamentos excessivos nas fachadas vizinhas e do espaço público, privando-os de acesso ao sol direto, que é fundamental para o bem-estar e a eficiência energética (Oke, 1987).

Quando a legislação urbanística define esses recuos fixos ou progressivos, tende a reduzir os impactos. Conclui-se que a interação entre um alto CA e recuos mínimos, constitui em uma equação morfológica que gera o conflito direto do sombreamento urbano analisado nessa pesquisa.

2.5 Acesso ao Sol

De acordo com Amorim (2021), a radiação solar desempenha funções vitais, não apenas no aquecimento passivo das edificações durante os meses mais frios, mas também no impacto direto na saúde humana, na eficiência energética e na qualidade de vida nas cidades.

Do ponto de vista físico, a radiação solar é uma energia eletromagnética, de onda curta, ao atingir a atmosfera terrestre, sofre processos de absorção e dispersão. A energia que chega à superfície urbana é denominada como radiação solar global. A quantidade de radiação varia conforme a época do ano e da latitude, podendo ser radiação direta ou radiação difusa, refletida pelo entorno (Frota; Schiffer, 2001).

A interação da radiação solar com o ambiente construído em sua grande parte depende das propriedades dos materiais. Materiais que possuem alta refletância solar (albedo), como coberturas brancas e brilhantes, refletem a maior parte da radiação incidente. Em contrapartida, superfícies escuras, como pavimentos asfálticos, absorvem a maior parte da radiação solar, contribuindo com o aquecimento das superfícies e do ar adjacente (Gartland, 2010).

2.5.1 O Acesso ao Sol e a Saúde Humana

A luz solar desempenha um papel fundamental para a saúde humana, indo além da função visual. De acordo com Dias *et al.* (2015), os efeitos não visuais da exposição à luz incluem, principalmente, a regulação dos ritmos circadianos, responsáveis pela sincronização dos ciclos de sono, o humor e o estado de alerta.

Além disso, Frota e Schiffer (2009) destacam que além de regular o ciclo circadiano, a exposição ao sol também estimula a produção de Vitamina D, vital para o sistema imunológico. Ambientes mal iluminados naturalmente tendem a diminuir a produção de melatonina, o que afeta o sono e as condições emocionais como o Transtorno Afetivo Sazonal (TAS). Logo, impacta diretamente a saúde e a produtividade por meio da ação em sistemas neuroendócrinos e comportamentais. Ademais, ambientes privados do sol, tornam-se propício ao desenvolvimento de patógenos, contrariando os requisitos mínimos de habitação e higiene estabelecidos pelas ABNT NBR 15.575.

Barbosa (2010) enfatiza que a luz natural desempenha também um papel fundamental nas edificações, pois a radiação ultravioleta contida na luz solar atua diretamente na irradiação de fungos e bactérias, prevenindo diretamente a insalubridade e a proliferação de agentes patogênicos responsáveis pelos odores e doenças respiratórias. Juraszek *et al.* (2016) destaca que, o acesso solar adequado torna-se ainda mais necessário em contextos de áreas densamente urbanizadas. Quanto maior a densidade, mais crítico se torna o acesso solar para a manutenção da saúde, tornando-se uma questão de saúde pública.

Entretanto, a restrição ao acesso a radiação solar, muitas vezes causada pela verticalização desordenada, compromete tanto o conforto térmico das construções quanto a qualidade de vida dos habitantes. Para que o aproveitamento solar seja eficiente, é necessário levar em consideração a latitude, a inclinação, a forma, a orientação dos edifícios, e os parâmetros urbanísticos que regem o município (Castro Perez, 2013).

Contudo, a busca pelo acesso solar deve ser pautada pelo equilíbrio térmico, principalmente em climas tropicais, onde a exposição excessiva à radiação solar aumenta o risco de desidratação, queimaduras e câncer de pele. Nesse contexto, o desafio do planejamento urbano e arquitetônico visa garantir o acesso ao sol por meio de estratégias de design passivo e sombreamento seletivo, visando amenizar os riscos à saúde sem renunciar aos benefícios germicidas e psicológicos que a iluminação natural oferece (Ministério da Saúde, 2013).

O equilíbrio solar em cidades caracterizadas por altas temperaturas, como é em Cuiabá-MT, é alcançada por meio de estratégias que permitem minimizar a carga térmica e a troca de calor entre os espaços internos e externos. Com cuidado para que não impeça a iluminação natural necessária para a salubridade, conforme os preceitos de geometria da insolação de Frota e Schiffer (2001). De acordo com esses autores, apesar do equilíbrio não ser uma matemática fixa e sim uma ação de controle, essa ação propõe que o desempenho térmico arquitetônico seja maximizado por meio de proteção da radiação direta, utilizando elementos como brises, e dimensionamento estratégicos de aberturas. Especificamente nesses cenários onde o clima é seco e severo, o equilíbrio pode ser traduzido como soluções arquitetônicas e/ou urbanas compactas que reduzem a superfície com exposição solar, otimização de resfriamento natural e consequente, menor dependência da utilização de refrigeração artificial. Sendo assim, o controle da insolação não se restringe apenas à saúde dos integrantes, como também à integridade térmica dos edifícios e a eficiência energética (Frota; Schiffer, 2001).

Desta forma, pode dizer que o equilíbrio solar se configura como um requisito de desempenho que vai muito além da estética, se consolidando como uma premissa para a sustentabilidade urbana em latitudes tropicais.

2.5.2 Iluminação natural, sombreamento e Legislação

Para compreender como as projeções de sombras nos edifícios projetam umas sobre as outras, é necessária a análise da geometria da insolação, regida pelo

movimento aparente do Sol (Altitude Solar e Azimute). A variação da trajetória solar ao longo do ano é o que define os solstícios e os equinócios, os momentos críticos para análise do sombreamento utilizada neste estudo: O Solstício de verão (sol alto, e radiação intensa) e o Solstício de inverno (sol baixo, com sombras longas) (Frota; Schiffer, 2001).

A insuficiência de iluminação natural nas edificações pode ser compensada por sistemas artificiais; no entanto, essa alternativa implica maior consumo energético. Elementos climáticos como insolação, ventilação, temperatura do ar e umidade relativa do ar são profundamente influenciados pela geometria urbana e pelas características do entorno imediato (Brandão, 2004). O planejamento dos espaços que otimizam a iluminação natural é amplamente desejado, cerca de 90% das pessoas valorizam a luz solar em seus lares (Littlefair *et al.* 2022).

A ausência de normativas que assegurem o acesso solar adequado, resulta na maior dependência de utilização de resfriamento e iluminação artificial durante todo o ano, gerando maior impacto ambiental e aumentando o consumo energético, reforçando a necessidade de normativas que considerem os elementos climáticos locais nas legislações urbanas, no plano diretor e na lei de uso e ocupação do solo, de modo a integrar critérios mínimos de insolação nas diretrizes de parcelamento, gabarito e adensamento. Essas ações deixariam visível que o acesso ao sol é mais que uma questão de conforto, e sim um direito associado à saúde e a justiça socioambiental (Castro Perez, 2013).

Estudos conduzido por Luz (2020), ao analisar variações climáticas de Cuiabá, concluem que as intensidades das Ilhas de calor urbano podem variar conforme densidade vertical e a compacidade da ocupação. Os resultados indicam que regiões com menor densidade vertical e morfologia menos compacta apresentam condições térmicas mais amenas no período diurno, evidenciando que a configuração do ambiente construído interfere diretamente no microclima local, mesmo em zonas que tem menor índice de área construída. Ademais, a pesquisa ressalta que por mais que tenha presença de vegetação próxima às edificações, embora seja benéfica, não se faz suficiente para

neutralizar isoladamente o estresse térmico, pois o microclima permanece condicionado pelo calor antropogênico liberado tanto no lote como em sua vizinhança.

Isso permite dizer que a morfologia urbana implica diretamente na retenção ou dissipação do calor, o que reforça a necessidade de um planejamento que pense em um equilíbrio entre a densidade edificada e a capacidade de resfriamento natural do entorno.

No Brasil, é possível encontrar algumas cidades brasileiras que já incorporaram, ainda que de forma inicial, critérios relacionados ao acesso a luz solar nas legislações urbanas. Em Belo Horizonte (MG), os afastamentos mínimos entre as edificações já estão presentes no código de edificações Art.65 (Lei nº 9725 de 15/07/2009), sendo um passo muito importante para aproveitar a ventilação cruzadas e a luz solar, principalmente em áreas adensadas. Da mesma forma, na região do Centro Oeste, na Lei Complementar nº349 de 2022 de Goiânia, nos Art. 172 e Art. 259 inclui parâmetros referente ao aproveitamento da Iluminação natural e ventilação, além de parâmetros relacionado ao EIV, na Lei nº 11.127 de 04 de janeiro de 2024.

2.5.3 Fator De Visão De Céu

Estudos como o de Romero (2011), afirmam que o Fator de Visão de Céu (FVC) e relação W/H são instrumentos importantes para o monitoramento das edificações em perspectiva com o ambiente climático, principalmente pelo Fator FVC ser uma ferramenta que mais representa a realidade morfológica urbana.

O FVC é um parâmetro adimensional que varia de 0 a 1, expressando a porção da abóboda celeste visível a partir de um ponto específico no espaço urbano, levando em consideração os obstáculos formados por edificações e outros elementos. Nessa escala, o valor 0 representa a obstrução completa do céu, e 1 indica a visibilidade total. O FVC trata-se de um indicador amplamente utilizados para avaliar a exposição local à radiação solar e à ventilação natural, aspectos esses que têm impacto direto na qualidade do microclima urbano e na eficiência energética das edificações (Oke, 1981; Souza *et al.*, 2003; Capeluto, 2006; Chapman, 2007; Romero, 2011; Matzarakis; Matuschek, 2011).

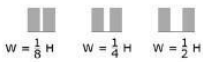
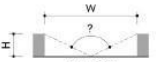
A estimativa do FVC pode ser realizada por diferentes métodos: o método gráfico utiliza representações geométricas da máscara de obstrução do ponto de observação (Chapman, 2007; Souza *et al.*, 2003). O método fotográfico, por sua vez, baseia-se na captura de imagens hemisféricas em campo, por meio de lentes grande angulares de 180° (olho-de-peixe), permitindo a análise visual da porção de céu visível (Chapman, 2007; Souza, 2003). Alternativamente, o FVC pode ser calculado a partir de dados geoespaciais, integrando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e softwares especializados para o processamento das imagens e a modelagem tridimensional do ambiente urbano (Chapman, 2007; Souza, 2003).

Esses métodos fornecem subsídios técnicos essenciais para a compreensão da morfologia urbana e suas implicações climáticas, contribuindo para práticas de planejamento e desenho urbano mais sustentáveis e responsivas ao contexto ambiental (Miranda *et al.*, 2018).

Silva (2013), argumenta que o FVC exerce uma influência significativa no balanço de energia das áreas urbanas, entre outras razões, devido a troca de radiação entre as superfícies terrestres e atmosfera, e devido ao impacto na ventilação e no conforto térmico dos usuários do espaço urbano. Além disso, quando a visibilidade é limitada, o aquecimento das superfícies urbanas tende a ser mais intenso, diferentemente de quando essa visibilidade é mais ampla, que favorece a troca térmica com a atmosfera com facilidade.

Pesquisas já realizadas por Romero (2001), utiliza-se o índice W/h, que foi empregado em outras pesquisas tomando como referência Oke (1974). Investigações anteriores, classificam os espaços configurados entre as edificações em três categorias: expansivos, recolhimento e claustrofóbicos (Romero, 2001), sendo resultantes da proporção entre a distância entre os prédios e sua altura, como mostra a figura 2.

Figura 2 – Relação de Percepção dos edifícios conforme Entorno imediato

Espaços claustrofóbicos	Espaços de recolhimento	Espaços expansivos
 $W = \frac{1}{8} H$ $W = \frac{1}{4} H$ $W = \frac{1}{2} H$	 $W = 4 H$	 $W = 1 H$ $W = 2 H$ $W = 3 H$
Densidade Alta	Densidade Média	Densidade Baixa
Com as proporções $W=1/8H$, $W=1/4H$ e $W=1/2H$.	Com proporções $W=H$, $W=2H$ e $W=3H$.	Com proporções $W = 4H$.
Espaços estreitos, onde as proporções verticais prevalecem, não permitem visuais amplas. Neles verificam-se estímulos visuais fortes.	Espaços harmônicos, apartamentos para abrigar atividades sociais de convívio. Contor nos marcados, definição forte.	Espaços excessivamente abertos, sem contornos definidos. As distâncias grandes enfraquecem os estímulos visuais. Apropriado para destacar pontos focais, tais como obeliscos, fontes, estátuas. Para criar senso de lugar, espaços com essas proporções, como o Passeio de Graça em Barcelona por exemplo, utilizam fileiras de árvores para dar definição ao espaço.
Absorvem calor muito acima do nível do solo.	A absorção de calor se dá próxima ao nível do solo.	A maior parte da radiação é refletida.
Existe um amortecimento do ciclo térmico e normalmente a temperatura permanece estável (calor ou frio) durante o dia e só é alterada por um fator extremo.	Existe uma menor possibilidade de inversão térmica, ou seja, a temperatura no interior dos edifícios tende a ser igual à da parte exterior.	A possibilidade de inversão térmica é mínima e a temperatura no interior dos edifícios tende a ser igual à exterior.
Os fluxos de ar* entre os edifícios são independentes.	Os fluxos de ar entre os edifícios interagem entre si.	O fluxo de ar tende a passar sobre os edifícios.

Fonte: Romero, 2001.

Dessa forma, Romero (2013) afirma que a avaliação desses espaços se baseia nos índices de W/h , identifica diferentes comportamentos térmicos nos espaços urbanos. Os chamados claustrofóbicos, que são áreas mais adensadas, caracteriza-se pela largura ser muito inferior à altura, como nas proporções $W= 1/8H$, $W=1/4H$ e $W=1/2H$, acumulando calor nas camadas superiores e resultando em pouca variação térmica ao longo do dia, sofrendo alterações apenas em eventos extremos.

Já os de recolhimento, são associados à densidade intermediária e proporções equilibradas, como a largura igual ou até três vezes maior que a altura. Neste formato, o calor é absorvido mais próximo ao solo, favorecendo o equilíbrio entre o ambiente externo e interno dos edifícios. Porém, em zonas menos adensadas, onde a largura das vias é superior a quatro vezes à altura das construções (expansivos), o reflexo da radiação solar tende a predominar e as variações térmicas são mínimas, mantendo o ambiente interno e externo em condições semelhantes (Romero, 2013).

O FVC tem sido amplamente utilizado em estudos urbanos voltados para a criação de ambientes mais sustentáveis e confortáveis, especialmente em estudos que abordam ilhas de calor, conforto térmico e desempenho térmico das edificações (Romero, 2011). No contexto brasileiro, o FVC tem sido utilizado principalmente para diagnósticos urbanos voltados a mitigação de ilhas de calor.

Macedo (2021) investigou a influência das ilhas de calor urbanas na Região Metropolitana de São Paulo, e evidenciou que a redução do FVC pode estar associada ao aumento do armazenamento térmico urbano, dependendo de outras variáveis. Já Scalco (2010), por sua vez, propôs um método para avaliar como as edificações afetam o acesso à luz solar em áreas vizinhas, sugerindo diretrizes urbanísticas que sejam baseadas no método FVC, para que possam garantir que novas construções não prejudiquem o acesso a luz solar, principalmente em áreas densamente verticalizadas.

Dessa forma, o FVC se consolida como uma ferramenta relevante no apoio à análise da forma urbana em estudos climáticos para o desenvolvimento de cidades mais equilibradas e eficientes diante do contexto das mudanças climáticas.

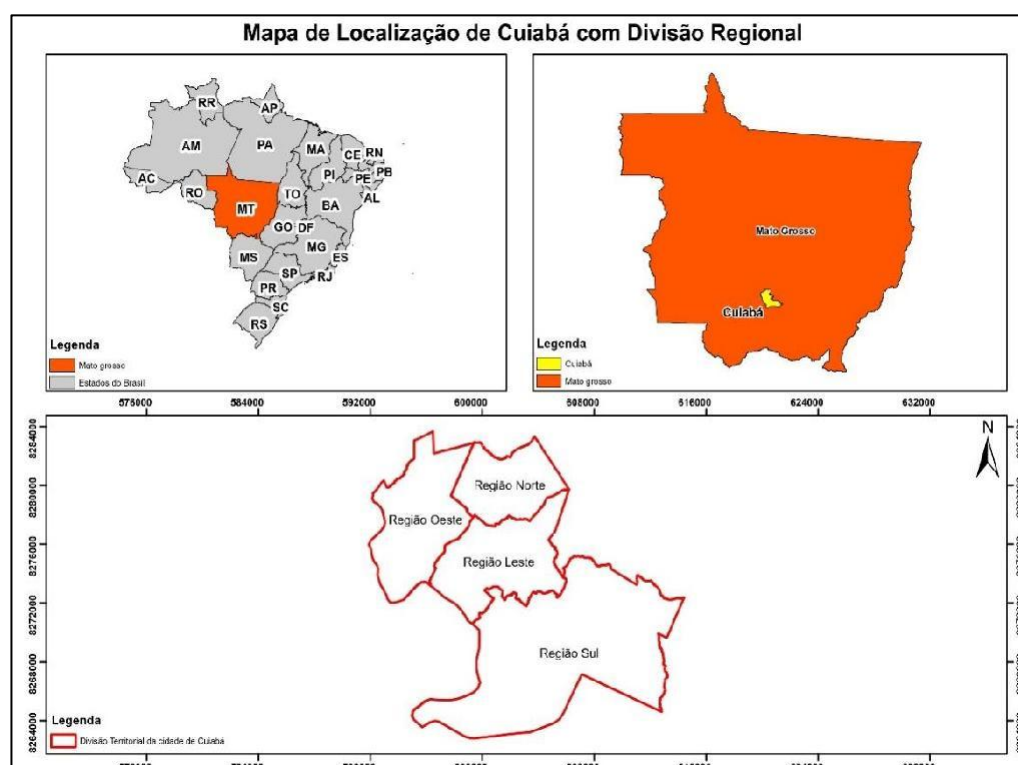
Caracterização da área de estudo

3^a PARTE

3.1 Processo De Urbanização De Cuiabá

Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, situada na região Centro-Oeste do Brasil (Figura 2), possui uma população de 650.877 habitantes, tendo sua densidade demográfica de 150,41 habitante por km², situada nas coordenadas geográficas de 15°35'56" de latitude sul (S); e 56°06'01" de longitude oeste (W), total de área territorial de 4.327,220 km², sendo 160,59 km² de área urbanizada (IBGE, 2022).

Figura 2 – Localização do perímetro urbano de Cuiabá, no Brasil, no estado de Mato Grosso



Fonte: Cuiabá (2007). Adaptado pela autora.

O processo de urbanização da capital passou por fases distintas. O primeiro censo no Brasil, em 1872, revelou que 59% da população do Estado de Mato Grosso vivia em Cuiabá, sendo 35.987 dos 60.417 habitantes do estado. Essa proporção se manteve elevada nas décadas seguintes, com aumento de cerca de 50% em 1890, e na década seguinte aumentou 93%. Devido ao processo de política de ocupação realizada na

Amazônia, Mato Grosso por sua vez teve seu primeiro crescimento exacerbado, fazendo com que a capital iniciasse um desenvolvimento mais intenso, devido a demanda de novos espaços (Cuiabá, 2011; Santos, 2005).

Em 1980, o Centro-oeste ultrapassa o índice nacional de urbanização (67,59%) com cerca de 67,79%. Essa distância dos índices regionais de urbanização fica mais acentuada depois do pós-guerra, trazendo uma grande relevância na modernização territorial nacional (Santos, 2005; Vieira Neto, 2008). Esse crescente populacional se justifica pelos grandes investimentos federais injetados na agropecuária do Estado, tendo também um grande fluxo nas atividades comerciais. O crescimento da urbanização permaneceu acelerado, de forma que em 1991, a taxa ficou em 81,28%, sendo mais uma vez maior que a taxa de urbanização do Brasil, que foi de 75,59% (Vieira Neto, 2008).

De acordo com o Perfil Socioeconômico de Cuiabá (2011), no ano de 1980, que foi documentado o primeiro Censo de Cuiabá, a população era de 212.984 hab., com densidade demográfica de 16,65 hab./km². Já no último censo realizado, em 2022, a população era de 650.877 hab., e a densidade demográfica 150,36 hab./Km² (Tabela 3).

Tabela 3 – Evolução da População, Área Urbana e Densidade Demográfica do Município de Cuiabá (1980–2022)

Ano	População (Hab.)	Área Urbana (km ²)	Dens. demográfica (Hab/km ²)
1980	212.984	12.790,00	16,65
1991	402.813	3.224,68	124,88
1996	433.355	3.224,68	134,37
2000	483.346	3.224,68	149,87
2007	526.830	3.538,17	148,94
2010	551.098	3.538,17	155,78
2022	650.877	4.322,22	150,36

Fonte: Cuiabá (2011) e IBGE (1980–2022). Adaptado pela autora.

Na figura 3, observa-se o panorama de crescimento populacional do Município de Cuiabá entre 1970 e 2022, revelando um processo da urbanização cada vez mais acentuado.

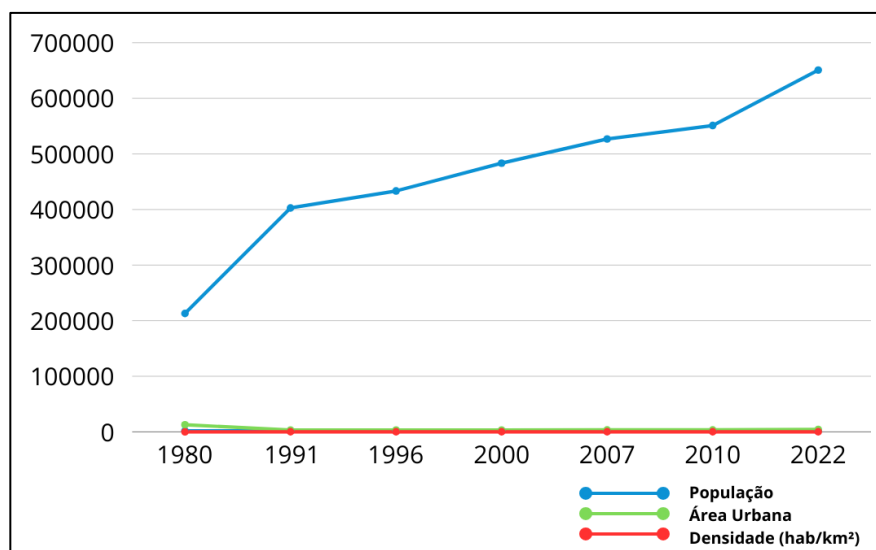
Figura 3 – Panorama do Município de Cuiabá



Fonte: IBGE, 2022.

Logo, em relação ao crescimento populacional foi de 205.59% em 42 anos. Já em relação a Densidade demográfica (hab./km²), o crescimento foi de 803.06%. É possível analisar melhor esses dados na Figura 4, abaixo.

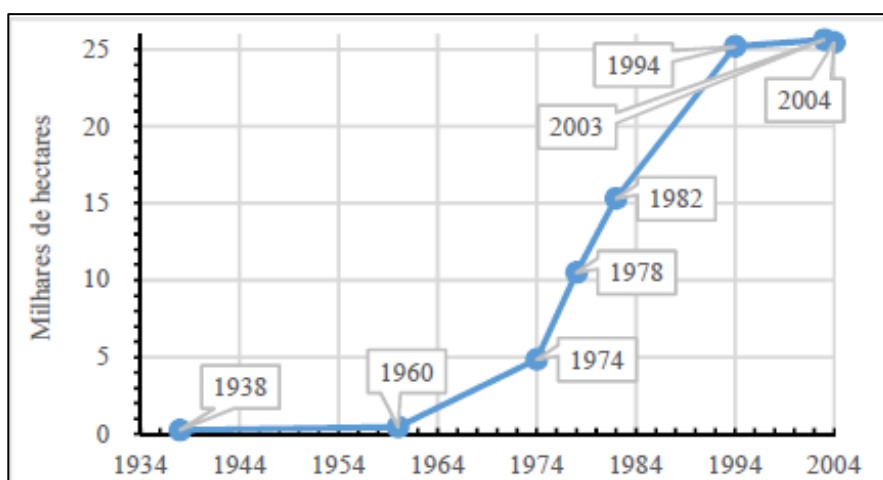
Figura 4 – Evolução da população, área urbana e densidade (hab./km²) entre 1980 e 2022 do Município de Cuiabá-MT.



Fonte: Cuiabá (2011). Adaptado pela autora.

De acordo com os estudos realizados por Figueiredo *et al.* (2019), a expansão da área do perímetro urbano está correlacionada diretamente com o crescimento populacional, em tempo e espaço. Sendo essas relações realizadas desde 1938, com o maior crescimento documentado entre 1974 e 1994, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 – Crescimento do Perímetro Urbano de Cuiabá.

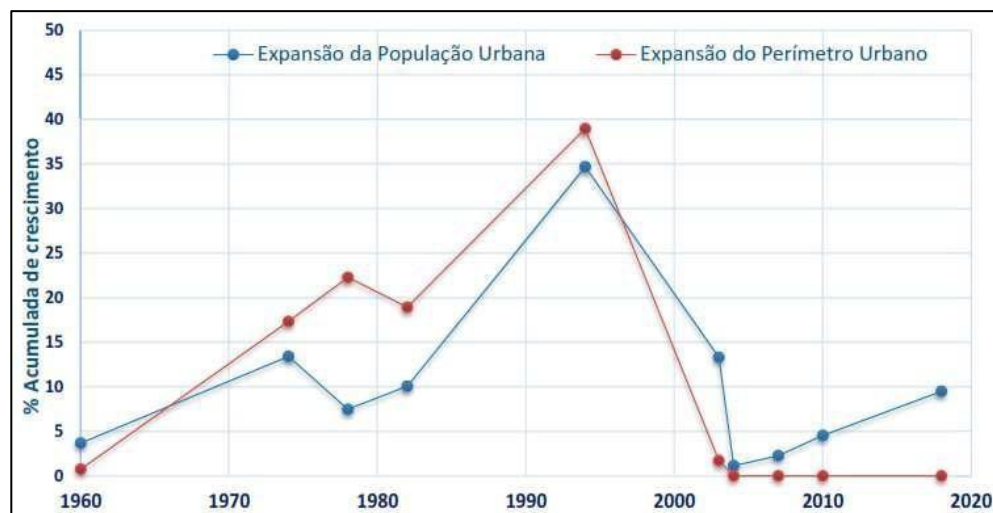


FONTE: Cuiabá (2007, 2009, 2012) apud Figueiredo *et al.* (2019).

Apesar de a expansão populacional ter o maior crescimento entre 1974 e 1994, é possível observar na Figura 08 que o crescimento populacional continuou também,

atingindo o aumento em 66%. De acordo com Figueiredo *et al.* (2019), em muitos casos, essa expansão está diretamente relacionada aos grandes fluxos dos migrantes. No entanto, a partir de 2004, a densidade demográfica começou a cair, e não houve mais expansão do perímetro urbano, resultando em um aumento de densidade populacional (Figura 6).

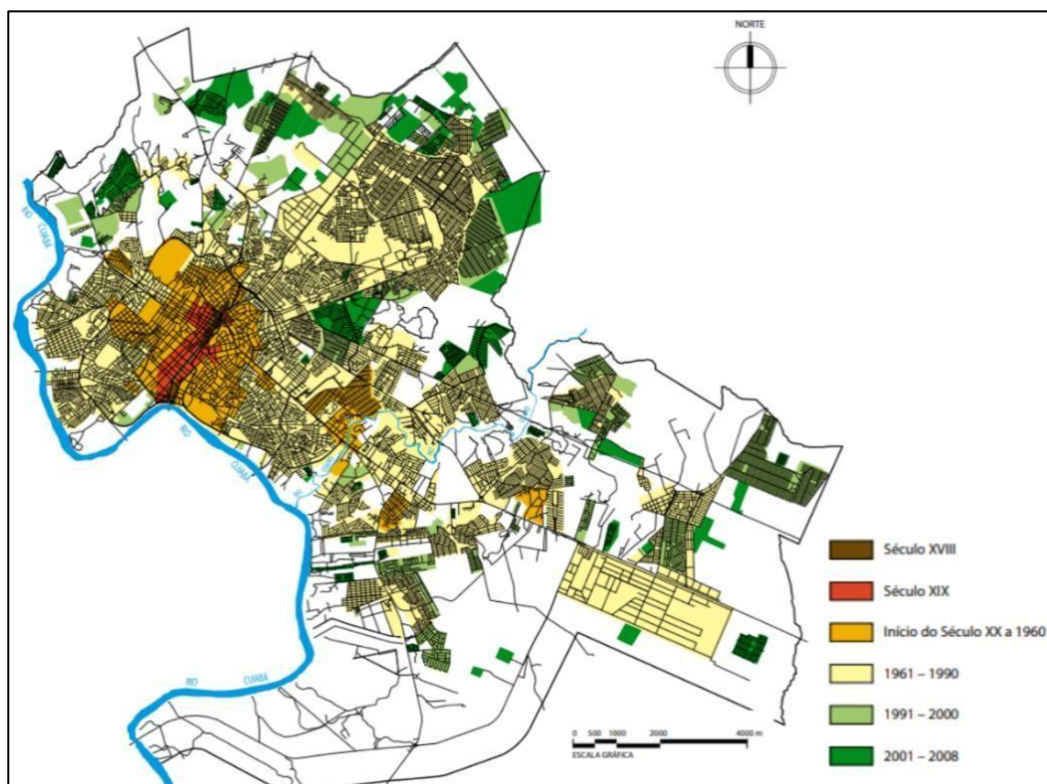
Figura 6 – Relação entre o crescimento populacional urbano e o Perímetro Urbano



FONTE: Cuiabá (2007, 2009) apud Figueiredo *et al.* (2019).

Com a expansão do perímetro urbano impulsionada pela atuação de agentes imobiliários e pela inserção de conjuntos habitacionais de interesse social nas bordas da cidade (Azevedo *et al.* 2019) sancionaram-se novas leis ampliando o limite do perímetro urbano em 1974, 1978 e 1982 (Cuiabá, 2007). Essa expansão do perímetro urbano pode ser vista na figura 7, onde demonstra o crescimento da malha urbana desde o século XVIII até o ano de 2008.

Figura 7 – Evolução Urbana do Município de Cuiabá



Fonte: Cuiabá, 2007.

No entanto, no cenário atual observa-se a tendência de verticalização como resposta a este adensamento. De acordo com os dados do censo demográfico realizado pelo IBGE em 2022, Cuiabá apresenta percentual de domicílios do tipo apartamento de 18,76% superior à média nacional que é de 14,86%. Embora o número de domicílios tipo casa ainda é predominante, a evolução percentual de apartamentos passou de 7,6% em 2000, para 12,5% em 2022 no Brasil.

Refletindo na paisagem cuiabana, alterando a morfologia de alguns bairros, conforme mostra a tabela 4. Deve-se ressaltar que a verticalização tem ocorrido ao longo dos eixos viários de grande fluxo, com prédios de alto gabarito nos bairros de alto padrão. No entanto, nos bairros de menor poder aquisitivo, o que ocorre são conjuntos habitacionais verticais de até 10 pavimentos, com muitas torres (Alves; Silva, 2023).

Tabela 4 – Comparação de tipos de domicílios entre Brasil e Cuiabá.

Localidade	Total de Domicílios	Casa	Casa de Vila ou Condomínio	Apartamento	% de Apartamentos
Brasil	72.456.368	59.649.633	1.794.268	10.767.414	14.86%
Cuiabá	232.201	170.979	15.184	43.558	18.76%

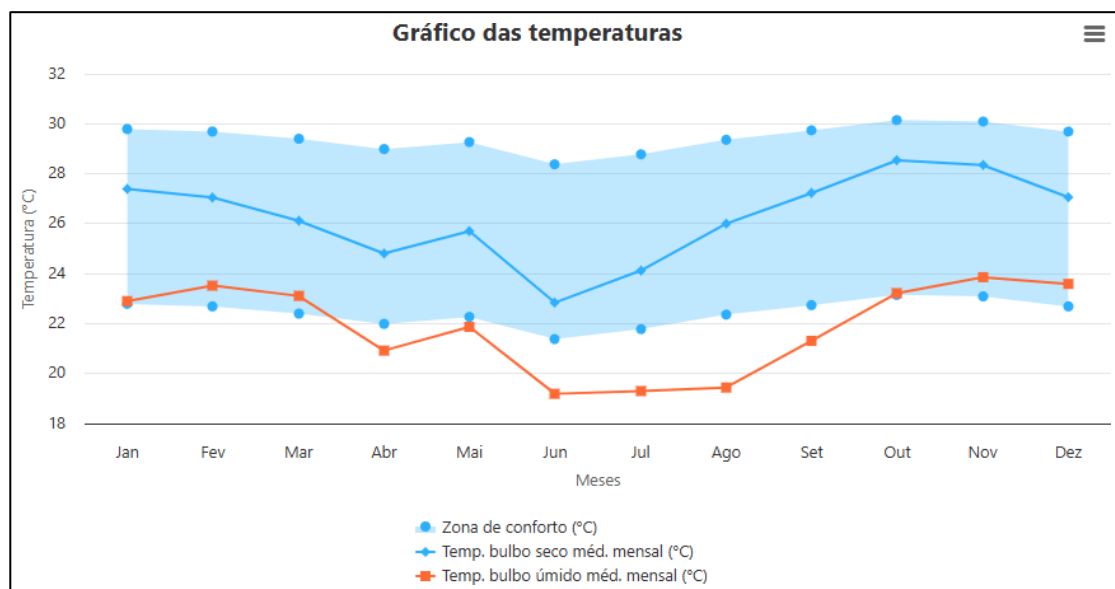
FONTE: IBGE. 2022.

3.2 Aspectos Climáticos de Cuiabá

Conforme a classificação de *Koppen*, o clima é Aw – tropical com inverno seco. Sendo características dessa classificação: duas estações bem definidas sendo, sendo seca (outono e inverno) e chuvosa (primavera-verão) (Leão, 2006).

De acordo com os arquivos climáticos do Instituto Nacional De Meteorologia (2023), observa-se que nas temperaturas de bulbo seco as médias mensais permanecem alta durante o ano todo, oscilando entre 24°C e 28,5°C graus, estando constantemente na linha acima do limite superior da zona de conforto térmico, conforme a Figura 08, está sendo representado pela faixa azul. Em relação aos registros da menor temperatura do ar, foi de 19°C em junho/julho (Instituto Nacional De Meteorologia, 2023; Leão, 2007).

Figura 8 – Gráfico da temperatura do ar (°C) de Cuiabá.

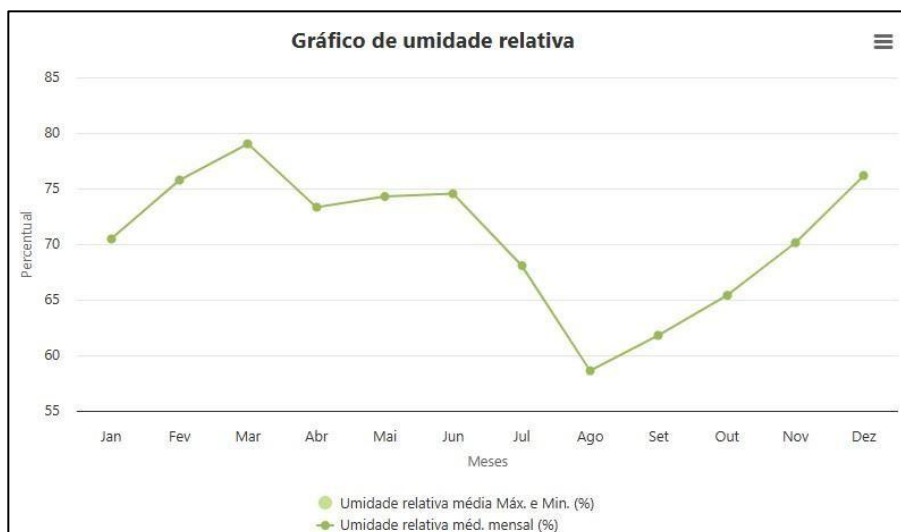


Fonte: Ministério de Minas e Energia (2025). Projeto EE/Cidades.

As temperaturas do ar mais elevadas ocorrem no intervalo da primavera-verão, sendo que setembro e outubro são os meses mais quentes do ano, frequentemente superando 35°C e podendo alcançar até 42°C (Figura 8). Essa ocorrência se deve ao fato de que o Sol, em sua trajetória aparente, se posiciona sobre os paralelos da região Centro-Oeste nesse período do ano, fazendo com que os raios solares incidam de forma mais perpendicular sobre a superfície (Leão, 2007).

A figura 9, sobre a umidade relativa do ar mensal, revela variação sazonal. Nos meses chuvosos, entre fevereiro e março, as umidades relativas mensais ultrapassam os 75%, com alguns picos próximos a 79%, dando a sensação térmica de abafamento. Em contrapartida, entre junho até setembro, tende a cair a, com menor taxa em agosto, com média de 18% a 40%, que caracteriza como tropical continental seco, sendo um estado crítico a saúde humana e ao conforto ambiental. Após setembro, a umidade segue se recuperando gradualmente, seguindo o percurso dos períodos chuvosos (Instituto Nacional De Meteorologia, 2023; Cuiabá, 2011).

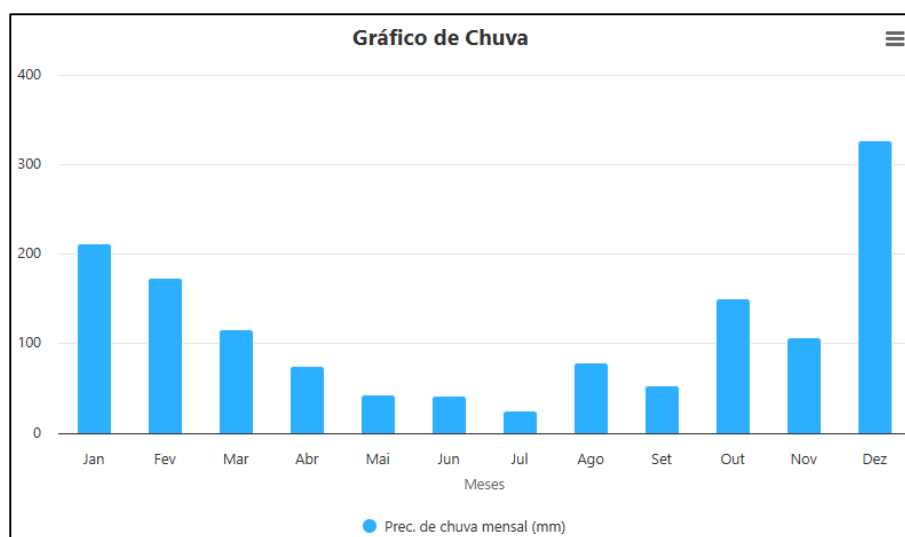
Figura 9 – Umidade relativa do ar (%) de Cuiabá.



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2025). Projeto EE/Cidades.

Sobre a precipitação mensal da região cuiabana, os maiores índices de precipitação (figura 10) ocorrem entre os meses de dezembro (326 mm), janeiro (211 mm) e fevereiro (173 mm). A partir de março, os volumes começam a diminuir progressivamente, alcançando os menores índices nos meses de junho e julho, tendo a precipitação inferior a 30 mm, que se mantém até o mês de setembro (Instituto Nacional De Meteorologia, 2023; Leão, 2007).

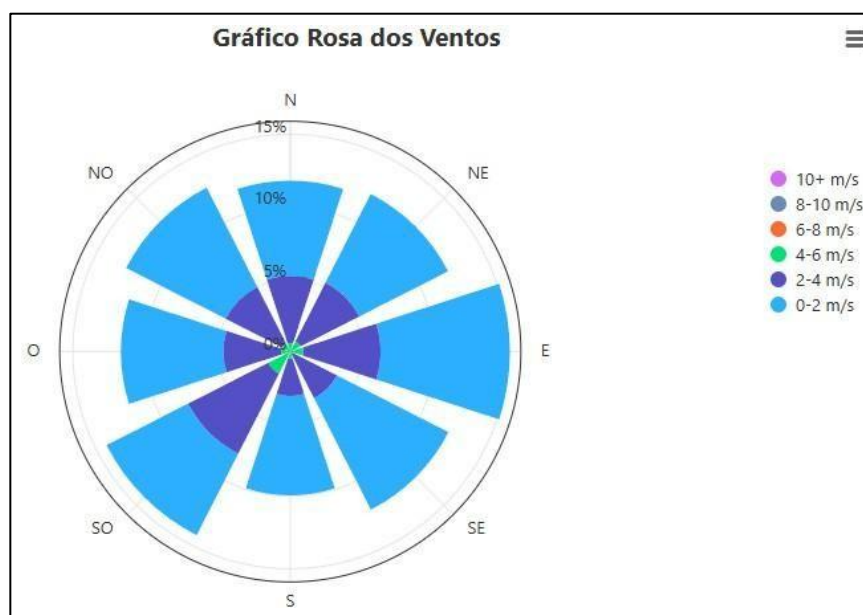
Figura 10 –Precipitação (mm) de Cuiabá.



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2025). Projeto EE/Cidades.

A Rosa dos ventos (Figura 11), evidencia a velocidade do vento, direção e frequência. A predominância dos ventos em Cuiabá, nas direções leste (E), sudeste (SE) e nordeste (NE) mostra que a velocidade média varia entre 0 e 6 m/s. Essas informações são necessárias para um planejamento urbano estratégico, especialmente para o aproveitamento da ventilação natural nas edificações (Instituto Nacional De Meteorologia, 2023).

Figura 11 – Gráfico Rosa dos Ventos de Cuiabá



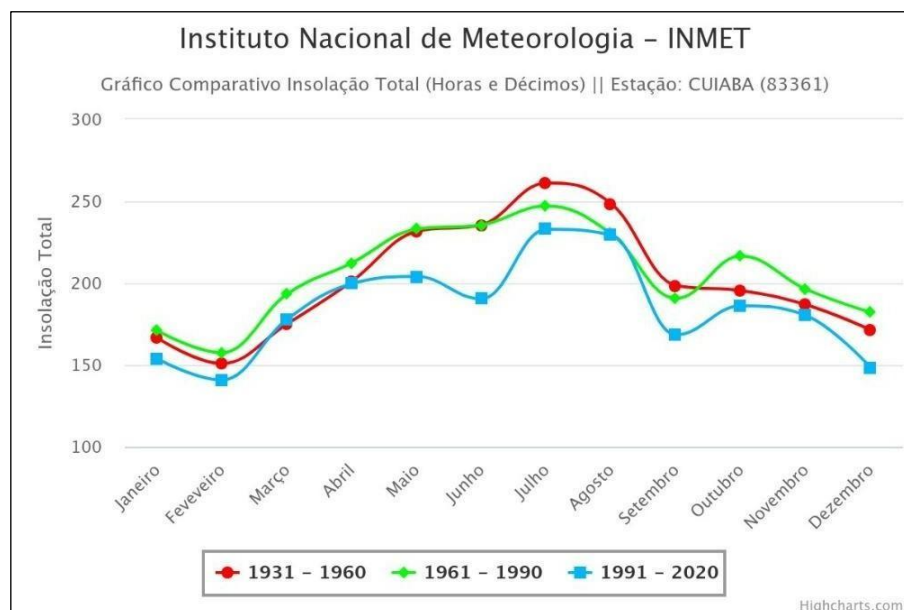
Fonte: Ministério de Minas e Energia (2025). Projeto EE/Cidades.

Além disso, a insolação Média anual é de 2.179 horas na capital, que fica situada na latitude aproximada de 15ºS (zona intertropical). A média máxima varia de 660 a 670 $\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$, demonstrando que a disponibilidade da radiação possui um nível crítico, sendo típico de regiões tropicais brasileiras (Leão, 2007).

Devido a posição geográfica do município, Cuiabá recebe raios solares com grande inclinação no verão (próximos ao zênite), tendo como resultado cargas térmicas extremas (Figura 12). No inverno, a variação do ângulo pode tornar as fachadas os principais receptores de calor, e devido a essas variações, é importante obter um estudo

detalhado de orientação dos planos de incidência, pois a latitude é o que define os ângulos de proteção necessários para o sombreamento (frota; Schiffer, 2001).

Figura 12 – Gráfico comparativo de Insolação Total em Cuiabá-MT.



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2025). Projeto EE/Cidades.

3.3 Porções Urbanas Estudadas

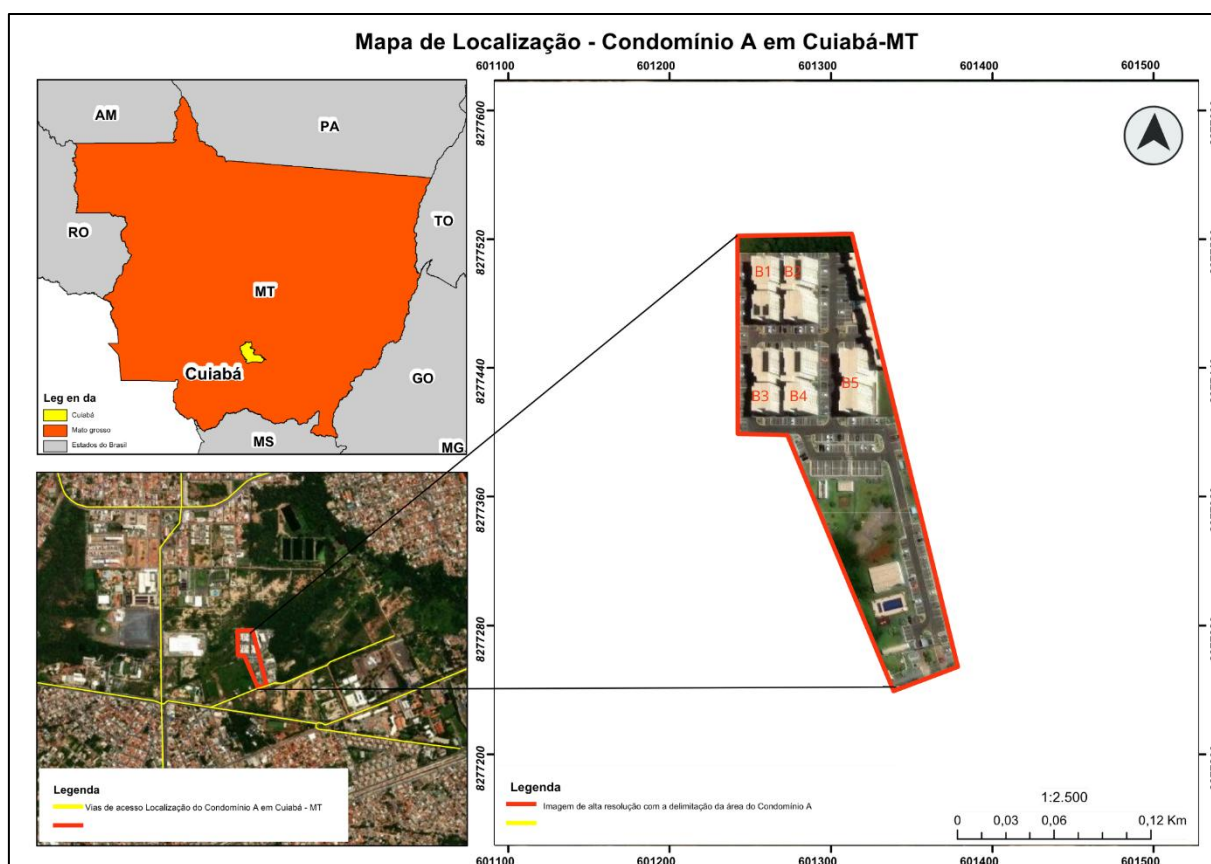
Cada uma das porções urbanas possui características morfológicas, e de inserção distintas, possibilitando a análise comparativa entre os impactos da verticalização através do FVC e no sombreamento. A seleção considerou a variação do adensamento, a tipologia construtiva e a classificação no zoneamento municipal. A seguir, são caracterizados os dois empreendimentos objeto deste estudo.

3.3.1 Condomínio A

Localizado no bairro Coxipó, região leste em Cuiabá, este empreendimento (entregue em 2021), ao longo da Av. Vereador Juliano Costa Marques, situa-se próximo ao Instituto Federal do Mato grosso (IFMT) – Campus Bela Vista e Shopping Pantanal, inserido na ZCTR 2 (Zona de Corredor de Tráfego – Vias Principais).

O conjunto habitacional é composto por 10 torres de 10 pavimentos. A implantação das torres aparenta ter sido orientada prioritariamente pela maximização da área construída. Observa-se, entretanto, que, embora o acesso principal ao empreendimento ocorra diretamente pela avenida, o acesso às torres se dá em posição mais recuada no lote, a alguns metros da via. Destaca-se ainda que essa porção do terreno se encontra circundada por área de preservação permanente (APP), conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Mapa de Localização do Condomínio A em Cuiabá-MT



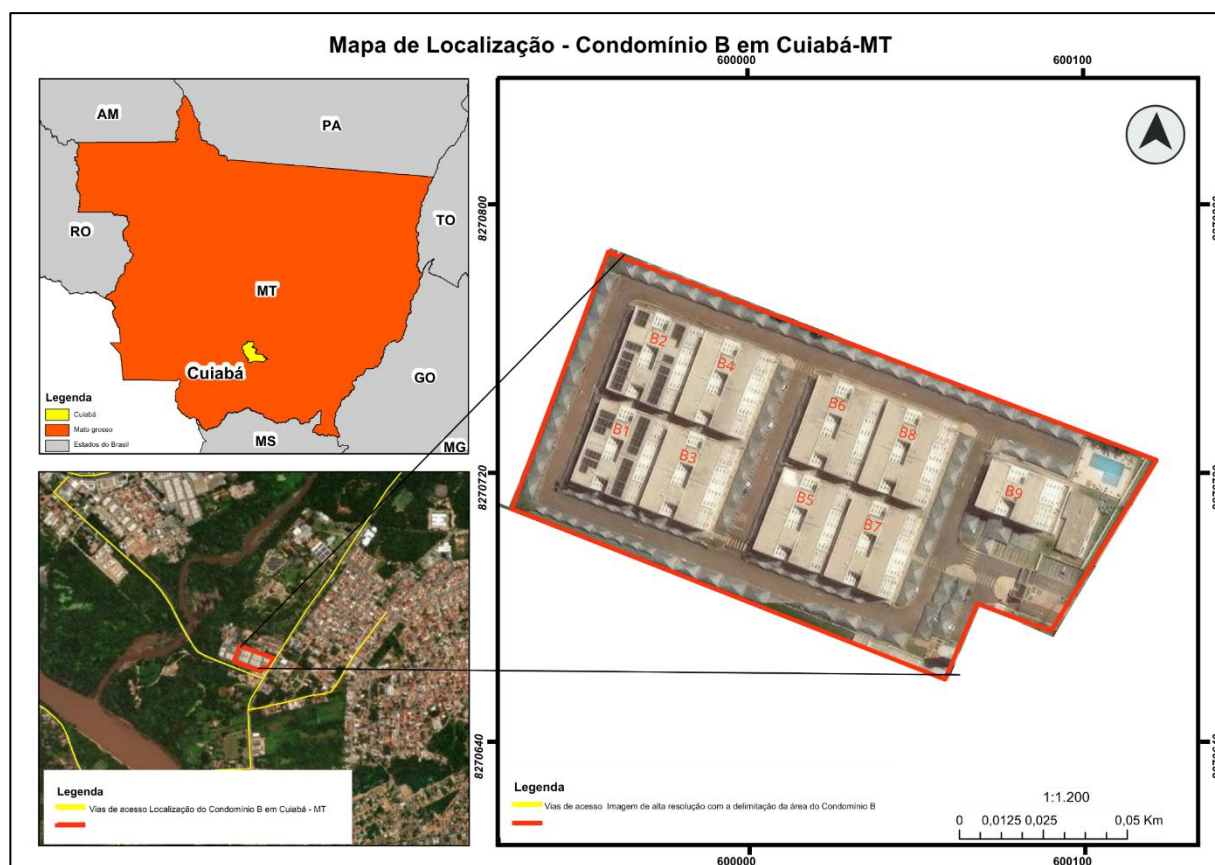
Fonte: GOOGLE LLC (2025). Google Earth Pro. Adaptado pela autora.

3.3.2 Condomínio B

Situado no bairro CoopHEMA, na região Sul em Cuiabá, próximo ao Hotel Fazenda Mato Grosso e Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), ao longo da Rua Antônio Dorileo, classificando-se na ZCTR1.

Este empreendimento (entregue em 2019), possui a composição de 09 torres, com quatro (04) andares cada (Térreo +3), conforme Figura 14. A geometria das torres segue a forma em “H”, típica em projetos de habitações multifamiliar de grande escala, visando redução de custos. Esta configuração gera pátios internos e recuos laterais específicos que serão analisados quanto à sua eficiência no acesso ao sol.

Figura 14 – Mapa de Localização do Condomínio B em Cuiabá-MT



Fonte: GOOGLE LLC (2025). Google Earth Pro. Adaptado pela autora.

3.4 Legislação Urbanística de Cuiabá

A morfologia urbana de Cuiabá é moldada diretamente pelas restrições e incentivos presentes no arcabouço legal vigente. Mais do que instrumentos burocráticos, as leis municipais – especialmente o Plano Diretor (Cuiabá, 2007) – atuam como os principais fatores de definição da geometria dos cânions urbanos,

estabelecendo parâmetros como recuos e alturas que influenciam diretamente a configuração do tecido urbano analisado nesta pesquisa.

3.4.1 Plano Diretor

O Plano Diretor de Desenvolvimento urbano (PDDU) do município de Cuiabá, foi revisado e atualizado pela Lei Complementar nº 150, em 29 de janeiro de 2007, passando a ser apresentado como Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico (PDDE) de Cuiabá. Diferentemente das versões anteriores (como a de 1992), no atual PDDE é visto uma lógica de adensamento ao longo dos eixos de transporte e em áreas com infraestruturas consolidadas.

O PDDE (Cuiabá, 2007), estabeleceu diretrizes gerais e específicas para o controle da urbanização dispersa, otimizar a infraestrutura e a organização do desenvolvimento urbano. As medidas propostas incluíam a restauração da capacidade de planejamento municipal, a reorganização da administração distrital, a definição de áreas preferenciais limitadas ao desenvolvimento urbano e o cumprimento da disponibilidade de infraestruturas e serviços urbanos, entre outros (Cuiabá, 2007).

Essa decisão política de planejamento na legislação, tem impacto direto na insolação urbana, pois ao incentivar a concentração de edificações altas em corredores viários, intencionalmente, o Plano Diretor cria barreiras morfológicas, alterando diretamente a ventilação e o sombreamento nessas regiões, mais uma vez exigindo uma regulamentação que nem sempre é acompanhada pelas leis complementares.

3.4.2 Zoneamento

A Planta de Zoneamento do Município de Cuiabá, elaborada pelo IPDU – Instituto de Planejamento Urbano de Cuiabá (Cuiabá, 2011), traz destaque para a compreensão espacial da cidade, destacando as zonas de uso definidas pela Lei Complementar nº 389/2015. Essa lei divide a cidade em zonas que determinam o perfil da edificação e as compatibilidades de uso. Para este estudo serão abordadas duas

zonas de interesse, sendo identificado como ZCTR1 (Zona de Corredores de Tráfego 1), e a ZCTR2 (Zona Corredores de tráfego 2).

Na ZCTR1 (Vias estruturais), compreende os lotes com frente para vias de maior hierarquia viária da cidade. É a zona de maior permissão de adensamento, com largura mínima de 30 metros, e para novas vias após a aprovação da lei (389/2015) com largura mínima de 50 metros;

Já a ZCTR 2 (Vias principais), compreende os lotes em vias de conexões importantes, servindo como eixos secundários de verticalização. A largura mínima de 24 metros e para novas vias após a aprovação da Lei (389/2015), com largura mínima de 30 metros. Essas medidas correspondem à Caixa Viária Total, que inclui o leito carroçável (pista de veículos), calçadas e canteiro central.

A crítica que se estabelece é que nestes zoneamentos, a função de mobilidade e densidade é priorizada, em detrimento do conforto ambiental. Ao permitir que sejam criados extensos corredores de alta densidade, este tipo de zoneamento gera conflitos em escala com o entorno imediato, por potencializar o sombreamento mútuo excessivo ao longo da via.

3.4.3 Índices Urbanísticos

Os índices urbanísticos são definidos conforme as zonas urbanas específicas de cada região do município. A utilização dos parâmetros urbanísticos é crucial para equilibrar o controle de densidade populacional e verticalização do município (Cuiabá, 2011). Nas zonas estudadas, os índices atingem os seus valores máximos, sendo:

- **Potencial Construtivo (PC):**

Potencial Construtivo (PC), determina a área máxima de construção em relação ao lote em sua área integral, sendo um índice fundamental para controlar a densidade construtiva. Define diretamente quantos m² são permitidos construir por m² de terreno, ou seja, quanto maior o PC, maior a altura da edificação, incentivando diretamente a verticalização.

Na ZCTR1 = 3,0. Permitindo construir três vezes a área do terreno.

Na ZCTR2 = 2,0. Permitindo construir duas vezes a área do terreno.

- **Coeficiente de Ocupação (CO):**

A Coeficiente de Ocupação (TO), determina a porcentagem máxima da área do terreno que pode ser coberta pela projeção da edificação no plano horizontal, sendo essencial para garantir a permeabilidade do solo, recuos laterais e fundo.

Na ZCTR1 = 75% de área de terreno ocupada;

Na ZCTR2 = 70% de área de terreno ocupada;

Destaca-se, que a legislação é permissiva tanto em relação à taxa de ocupação quanto ao potencial construtivo. Essa combinação induz à redução da permeabilidade do solo e à redução drástica do FVC. Quando os edifícios ocupam quase a totalidade da base do lote e se verticalizam, tendem a gerar ambientes urbanos claustrofóbicos, conforme aponta Romero (2001). Essa configuração morfológica acaba favorecendo a intensificação e manifestação das ilhas de calor, fenômeno corroborado pelas alterações observadas no tecido urbano de Cuiabá ao longo do tempo (Paula et al, 2024).

Neste caso, a “fórmula” da ZCTR1 por exemplo (PC 3.0 + TO 75%), é uma configuração morfológica que resulta na criação de cânions urbanos mais fechados identificados nas simulações. Na tabela 5, apresenta os índices Urbanísticos de Cuiabá–MT, destacando apenas as Zonas analisadas deste estudo.

Tabela 5 – Índices urbanísticos de Cuiabá–MT – apenas das Zonas deste estudo.

Zonas Urbanas	Coef. De ocupação (CO)	Cobertura vegetal paisagística (CVP)	Cobertura vegetal Árbóres (CVA)	Coef. de Permeabilidade e (CP) [1]	Potencial Construtivo (PC)	Limite de Adensamento (LA)	Potencial Construtivo Excedente (PCE)	Gabarito de altura
ZCTR 1	0,75	0,20	0,05	0,25	3,00	6,00	3,00	-
ZCTR 2	0,70	0,20	0,05	0,25	2,00	4,00	2,00	-

Fonte: Cuiabá (2015). Lei Complementar nº 389/2015. Adaptado pela autora.

Abaixo, na tabela 6, sintetiza os principais parâmetros urbanísticos das zonas mencionadas, evidenciando as normativas municipais que intervêm diretamente ao uso do solo, no adensamento e na estrutura das edificações. Observa-se que a ZCTR1, tem como característica a máxima permissividade, voltada para utilização variada e intenso estímulo à verticalização, reforçando o caráter estrutural da via. Já a ZCTR2 é representada por zona de média e alta densidade ao longo das vias principais, com índices ligeiramente inferiores (PC 2,0) ao anterior, porém ainda flexível quanto ao uso misto. Tendo essas características, tem como principal objetivo o adensamento em áreas mais consolidadas, contudo, essa alta densidade promovida ao longo dos eixos viários pode gerar barreiras de sombreamento investigadas neste estudo.

Tabela 6– Comparação entre as Zonas que se localiza as áreas de estudo (Conforme LC 389/2015).

Parâmetro	ZCTR1	ZCTR2
Uso predominante	Misto (similar à ZUM), com ênfase no adensamento ao longo dos eixos estruturais.	Misto (similar à ZUM), com ênfase no adensamento ao longo dos eixos principais.
Potencial Construtivo (PC)	3,0	2,0
Coeficiente de Ocupação (CO)	0,75	0,70
Recuo frontal mínimo	5,0 metros	5,0 metros (ou conforme PGM da via)
Recuo lateral mínimo	1,5 metros	1,5 metros
Estímulo à verticalização	Alto	Médio
Infraestrutura urbana exigida	Similar à ZUM (básica e serviços)	Similar à ZUM (básica e serviços)
Instrumentos condicionantes	EIV (estudo de impacto de vizinhança) para empreendimentos de médio/alto impacto.	EIV E RIV (relatório de impacto de vizinhança) conforto o porte

Fonte: Cuiabá (2015). Lei Complementar nº 389/2015. Adaptado pela autora.

Essas exigências distintas entre as zonas analisadas (ZCTR1 e ZCTR2), permitem observar como a legislação atua como o principal agente modelador de paisagem. Ao permitir índices de taxa de ocupação elevados (TO de até 75%) a norma influencia diretamente na construção de grandes potenciais construtivos ao longo dos eixos viários.

No entanto, a materialização desses índices ocorre de forma heterogênea: nos bairros de alto padrão construtivo, os edifícios frequentemente passam de 10 pavimentos. Em contrapartida, nos bairros caracterizados por menor poder aquisitivo, os edifícios prevalecem

até 10 pavimentos, com predominância notável de gabaritos de aproximadamente 4 pavimentos. Essa configuração compromete diretamente a geometria dos cânions urbanos e a redução do FVC (fator visão do céu), em áreas de maior circulação e atividade na cidade.

3.4.4 Código de Obras e edificações que definem os Recuos Laterais e de Fundos

Enquanto o zoneamento define o volume edificável, o Código de Obras vigente à época da aprovação dos empreendimentos (Lei complementar nº 102 de 03 de dezembro de 2003), estabelecia as normas técnicas para todos os tipos de construções.

O instrumento adotado por Cuiabá segue a lógica do recuo progressivo, onde a distância exigida vai aumentando conforme a altura da edificação (H). Os artigos da referida lei, estabelece as fórmulas de cálculo para garantir, minimamente, a insolação, iluminação e ventilação adequadas. As fórmulas vigentes para os ambientes de permanência prolongada de acordo com o art. 38 (ex: quartos e salas), são:

Os espaços exteriores abertos, aqueles com, no mínimo, uma face voltada diretamente para o logradouro público. Deverão ter círculo inscrito, tangente a abertura, conforme fórmula:

- $D = H/8 + 1,00m$, sendo $D \geq 1,50m$

Os espaços exteriores fechados, aqueles sem nenhuma ligação com o logradouro público. Deverão ter círculo inscrito, tangente a abertura, conforme fórmula:

- $D = H/6 + 1m$, sendo $D > \text{ou} = 1,50m$ e apresentar área mínima de $6,00 m^2$ (seis metros quadrados)

Ademais, o inciso III traz as seguintes ressalvas:

§ 1º. Para efeito do cálculo do afastamento entre edificações, sobre um mesmo lote, deverá ser aplicada a fórmula da respectiva permanência, para cada edificação, prevalecendo as exigências cujas dimensões sejam as maiores.

§ 2º. "H" é igual a distância em metros do teto do último pavimento ao nível do piso do pavimento servido pelo Logradouro Público. Para

o cálculo de “H” será considerada a espessura de 0,10 m (dez centímetros) para cada laje de piso e de cobertura.

§ 3º. As varandas, sacadas e áreas de serviço não poderão ocupar os afastamentos mínimos exigidos neste artigo (Cuiabá, 2003, p.467)

Para verificar a aplicabilidade da norma, procedeu-se ao cálculo dos recuos nas porções estudadas, considerando os espaços exteriores confinados. As medições foram realizadas a partir da geolocalização do terreno no software *SketchUp*, por meio da ferramenta nativa *Add Location*, que utiliza dados de imagem de satélite e informações altimétricas provenientes da *Maxar Technologies*. As aferições basearam-se nos limites das edificações, conforme representados na base georreferenciada. Ressalta-se que tais dados possuem caráter referencial, sendo adequados para análises morfológicas e de implantação em escala urbana, embora apresentem limitações quanto à precisão planialtimétrica.

Desta maneira, no Condomínio B, com edifícios com 04 andares (altura aproximada de H=12m), a aplicação da lei resulta no seguinte cenário:

- Exigência legal: os espaços exteriores fechados para compartimentos de permanência prolongada devem ter afastamento calculado pela fórmula $D = H/6 + 1,00m$.

Nesse caso, ficaria:

$$D = 12/6 + 1,00$$

$$D = 2,00 + 1,00$$

$$D = 3,00 \text{ metros.}$$

Portanto, os afastamentos mínimos obrigatórios entre as edificações devem ter 3,00 metros no mínimo.

A análise comparativa entre o que a lei exigia de recuo mínimo e o existente, revela que em partes o condomínio B cumpriu os parâmetros legais, respeitando o recuo mínimo obrigatório de 3,00m, no entanto, entre B5–B6 e B7–B8, os afastamentos são de 2,45 e 2,64m, respectivamente (Fig. 15). Portanto, mesmo que a conformidade legal seja respeitada, isso não é garantia de salubridade, evidenciando a falta de parâmetros normativos mais eficientes.

Figura 15 – Implantação esquemática com indicação de afastamento entre os blocos no Condomínio B.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Já no Condomínio A, com edifícios de 10 andares (altura aproximada de $H=30\text{m}$), a aplicação da lei resulta no seguinte cenário:

$$D = 30/6 + 1,00$$

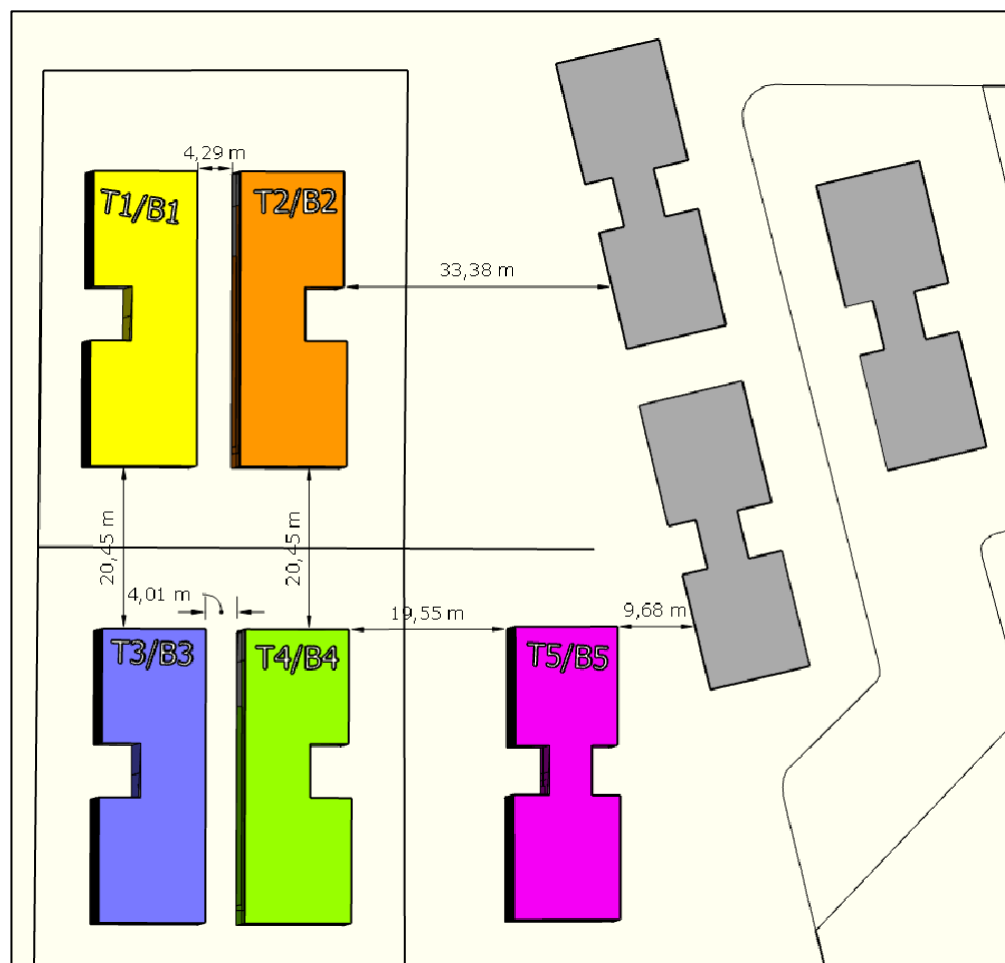
$$D = 5,00 + 1,00$$

$$D = 6,00 \text{ metros.}$$

Portanto, os afastamentos mínimos obrigatórios entre eles seriam de 6,00 metros.

Nessa situação, os dados críticos são entre B1–B2 e B3–B4, variando entre 4,29 e 4,00m, pois conforme o levantamento esquemático do condomínio, os edifícios não respeitaram a exigência mínima de afastamento exigida pela lei, que seria de 6,00m (Fig. 16). Isso reforça a lacuna existente na legislação, ignorando a geometria solar, permitindo que os edifícios façam uma barreira de sombra entre edificações vizinhas durante a maior parte do tempo, formando cânions urbanos permanentemente sombreados, o que exigirá maior consumo de iluminação artificial nestes ambientes, além de promover ambientes insalubres, propensos a patologias.

Figura 16 – Implantação esquemática com indicação de afastamento entre os blocos no Condomínio A



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Metodologia

4

^a PARTE

4ª Parte - Metodologia

Para a elaboração do escopo desta pesquisa adotou-se uma abordagem exploratória, descritiva e quali-quantitativa. A pesquisa seguirá a sequência metodológica composta por quatro partes, organizadas de modo que tenha clareza no percurso metodológico, conectando os objetivos, a fundamentação teórica e os procedimentos técnicos adotados. A seguir, detalha-se cada uma das etapas:

A primeira parte, compreende a fundamentação: revisão bibliográfica e o levantamento das informações legais e institucionais sobre o município. Também se consolida os conceitos fundamentais da pesquisa, bem como a legislação urbanística vigente (já consolidado nos capítulos anteriores).

Já na segunda parte: são a caracterização das áreas de estudo e elaboração metodológicas dos cenários. Aqui, também se consolidam os parâmetros da geometria urbana (das vias e das edificações a serem estudadas), que irão servir de base para a modelagem tridimensional. Nesse estudo, a medição foi realizada por meio da plataforma Google Earth. A escolha desse método se justifica devido a disponibilidade de imagens de sensoriamento remoto de alta resolução espacial e pela precisão das ferramentas de medição, que são compatíveis com escalas urbanas de análise morfológica.

A terceira parte: envolve a modelagem tridimensional com o uso do *software Sketchup* que permite a análise de sombreamento nos dias e horários especificados, e o *Plugin Sky View Analysis*, permite a obtenção do Fator Visão do Céu (FVC), por meio de ponto de observação no plano horizontal, evidenciando as obstruções resultantes das edificações.

A escolha do software *SketchUp* fundamenta-se em sua capacidade de modelagem tridimensional e interoperabilidade com ferramentas de análise ambiental, sendo a modelagem 3D amplamente empregada como suporte à análise da morfologia urbana (Pacifi; Marins, 2017). Além disso, o software permite a inserção georreferenciada do modelo, adequada para análises de trajetória solar em escala urbana, ainda que com limitações quanto à precisão planialtimétrica.

A utilização do plugin *Sky View Analysis* justifica-se por sua fundamentação em algoritmos de projeção hemisférica, amplamente empregados na literatura para o cálculo do fator de visão do céu (FVC). Estudos como o de Matzarakis e Matuschek (2011) evidenciam a

consistência dos métodos baseados em modelagem digital na estimativa do fator de visão do céu, com resultados comparáveis aos obtidos por técnicas tradicionais, como a fotografia hemisférica. Ademais, o uso de modelagem digital possibilita a simulação de cenários futuros, ampliando o potencial analítico.

O plugin permite a conversão das geometrias urbanas em métricas quantitativas de obstrução do céu, possibilitando a análise da relação entre forma urbana e padrões geométricos de exposição solar. Nesse contexto, o FVC constitui um parâmetro fundamental, estando associado a processos relacionados ao balanço energético urbano (OKE *et al.*, 2017).

E por fim, a quarta parte: trata-se da análise e interpretação dos resultados. Serão apresentadas por meio dos modelos tridimensionais, dados estatísticos, tabelas e gráficos comparativos para avaliar a significância estatística do sombreamento e das obstruções, destacando as informações obtidas sobre os efeitos da verticalização em relação ao FVC e a exposição solar em Cuiabá, confrontando os diferentes cenários de verticalização escolhidos. Esta pesquisa limita-se especificamente à análise da morfologia urbana e geometria da insolação: Sombreamento e Fator Visão do Céu (FVC).

4. Materiais e Métodos

O método utilizado para este estudo consiste em realizar uma análise comparativa do sombreamento em dois conjuntos habitacionais verticais, durante o solstício de Verão e Inverno as 10h, as 13h e as 15. Além de avaliar o FVC nos pares de blocos.

4.1 Delimitação da Área de Estudo

A escolha das habitações multifamiliares analisadas fundamenta-se na sua inserção em zona de uso múltiplo, especificamente às subcategorias ZCTR1 e ZCTR2, correspondentes, respectivamente, às áreas lindeiras a vias estruturais e principais (Cuiabá, 2015).

A delimitação dessas áreas como objeto de estudo justifica-se, portanto, pela sua relevância estratégica no processo de estruturação urbana, articulando diversidade de usos e potencial de adensamento. Tais aspectos contribuem para a compreensão de dinâmicas espaciais em contextos específicos de verticalização em Cuiabá, especialmente ao relacionar

o aumento populacional com o processo de urbanização acelerado que promove a verticalização ao longo dos eixos viários.

4.2 Recorte Temporal e Espacial

O recorte espacial contemplará duas (02) porções urbanas da cidade de Cuiabá-MT (Condomínio A e B), localizados na região Sul e Leste do perímetro urbano. Esses empreendimentos foram selecionados pela tipologia construtiva e localização em eixos de adensamento.

Sobre o recorte temporal, a simulação adota como referência os Solstícios de inverno e verão, que são momentos de extremos da trajetória solar, de acordo com os dados do INMET. No solstício de verão (21 de dezembro), é quando o Hemisfério Sul recebe maior quantidade de energia solar diária, devido a maior altura solar e da maior duração do dia. Já sobre o Solstício de inverno (21 de junho), o que acontece é o oposto: a energia solar incidente é mínima, pois a altura solar e a duração do dia atingem os menores valores. Sobre os horários para a análise, foram realizadas em horários críticos de 10h, 13h e 15h, com o intuito de capturar a variação da incidência solar ao longo do dia.

4.2.1 Modelagem e simulação digital

Neste estudo, realizou-se o levantamento e a modelagem digital da área no software *SketchUp*, com a utilização do plugin *Sky View Analysis*. A escolha do programa fundamenta-se em sua ampla aplicação em processos de modelagem tridimensional no campo da arquitetura e do urbanismo, possibilitando a representação da geometria urbana e a análise de sombreamento a partir da inserção georreferenciada do modelo.

Ademais, o software apresenta compatibilidade com bases vetoriais, como arquivos provenientes do AutoCAD, favorecendo a integração de diferentes fontes de dados no processo de modelagem. Ressalta-se que a geolocalização adotada possui caráter referencial, sendo adequada para análises em escala urbana, embora apresente limitações quanto à precisão planialtimétrica.

No contexto internacional, abordagens baseadas em modelagem têm sido amplamente empregadas na análise de parâmetros microclimáticos urbanos, com destaque para o fator de visão do céu (FVC), considerado um elemento fundamental na compreensão da interação entre morfologia urbana e ambiente térmico (Matzarakis; Matuschek, 2011).

Nesse sentido, ferramentas digitais aplicadas à análise da trajetória solar e à estimativa do FVC constituem suporte metodológico consistente, permitindo a quantificação da obstrução da abóboda celeste a partir de modelos tridimensionais (Souza *et al.*, 2005). Ademais, a modelagem da geometria urbana mostra-se essencial para a avaliação das condições microclimáticas em espaços abertos, uma vez que parâmetros como altura das edificações, largura das vias e grau de obstrução do céu influenciam diretamente o conforto térmico e o balanço radiativo (Lai *et al.*, 2025).

A aplicação do SketchUp como recurso metodológico insere-se nesse contexto, sendo empregada na representação da geometria urbana e na estimativa de parâmetros morfológicos associados à obstrução da abóboda celeste, como o FVC. Tais abordagens sugerem que essa técnica pode constituir uma alternativa às metodologias tradicionais, como a fotografia hemisférica, especialmente no que se refere à flexibilidade analítica e à possibilidade de reprodução de diferentes configurações urbanas. Estudos recentes, ainda em fase de preprint, têm explorado o uso da modelagem tridimensional na análise da geometria urbana, indicando seu potencial para a simulação de cenários e a representação das proporções espaciais (Pakarnseree *et al.*, 2025).

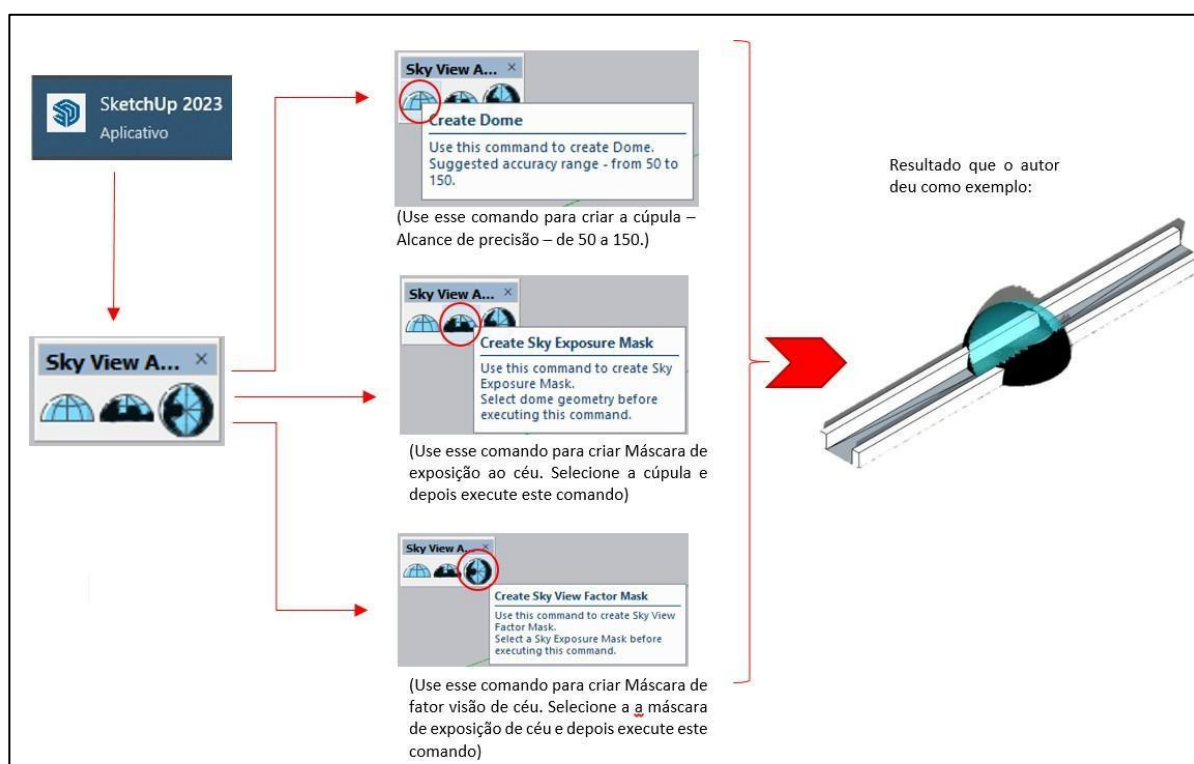
A base cartográfica utilizada para a modelagem foi obtida por meio da plataforma *Cadmapper*, que processa dados geográficos de acesso aberto em arquivos vetoriais compatíveis com softwares de modelagem tridimensional. Embora a ferramenta disponibilize informações adicionais, como topografia e hidrografia, este estudo restringiu-se à utilização da volumetria edificada. As dimensões foram verificadas por meio de comparação com imagens do *Google Earth*, com o objetivo de conferir coerência geométrica ao modelo, reconhecendo-se, contudo, as limitações dessas bases quanto à precisão planialtimétrica.

A análise do cenário urbano iniciou-se com a simulação de sombreamento a partir do modelo tridimensional georreferenciado, permitindo a representação da trajetória solar em diferentes períodos do ano, com destaque para os solstícios. Em seguida, utilizou-se o plugin

Sky View Analysis, desenvolvido por AntonelloDN, para o cálculo do fator de visão do céu (FVC), conforme fundamentação teórica estabelecida por Oke (1981). Nesse contexto, valores de FVC próximos de 0 indicam elevada obstrução da abóboda celeste, enquanto valores próximos de 1 correspondem a condições de céu aberto, com baixa interferência de elementos construídos.

Para fins de sistematização metodológica, foi elaborado um fluxograma representando as etapas de utilização do plugin, desde a inserção do modelo no *SketchUp* até a obtenção dos resultados de FVC, permitindo a compreensão sequencial do procedimento adotado (Figura 17).

Figura 17 – Fluxograma explicativo de como utilizar o Plugin *Sky View Analysis*



Fonte: AntonelloDN. Adaptado pela autora (2025).

4.2.2 Estatística dos Dados

Para validação dos resultados, os dados de sombreamento foram organizados em planilhas separadas por empreendimento, para o solstício de inverno e verão, indicando as porcentagens de sombreamento de cada fachada por bloco, para cada orientação solar (Norte, Sul, Leste e Oeste).

A análise estatística adotada, foi inicialmente a verificação da normalidade dos dados, por meio do teste de *Shapiro-Wilk*, para avaliar se a distribuição dos dados adere a Normal, sendo rejeitada a aderência com *sig.* $<0,05$ (Torman *et al.*, 2012).

Após a rejeição da hipótese da normalidade, adotou-se o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* para as comparações entre os horários por fachada separadamente, e para os pares de bloco de FVC por condomínio, sendo detectadas diferenças significativas com *sig.* $<0,05$, ou seja, os grupos evidenciam comportamentos diferentes entre si.

Posteriormente, para as comparações pós-hoc foi realizado o *teste de Mann-Whitney* onde os valores ajustados de sombreamento diferem significativamente dos valores observados quando *p-aj.* $<0,05$ (Sheskin, 2011; Sabino *et al.*, 2017).

4.2.3 Análise e Apresentação dos Resultados

Os resultados foram apresentados por meio dos modelos em 3D de cada porção urbana, tabelas e gráficos comparativos que evidenciam os efeitos da verticalização sobre o FVC e o excesso ou falta de sombreamento. Foram analisados diante de 02 porções urbanas: em três (03) horários distintos no solstício de verão e inverno, e a porcentagem de obstrução do céu será realizada entre os pares de bloco.

Importante salientar, que na modelagem 3D, as superfícies representadas em cinza nas fachadas, indicam as áreas que recebem incidência solar direta, sendo considerada a área de fachada, todas as faces voltadas para aquela orientação.

Resultados e Discussões

5^a PARTE

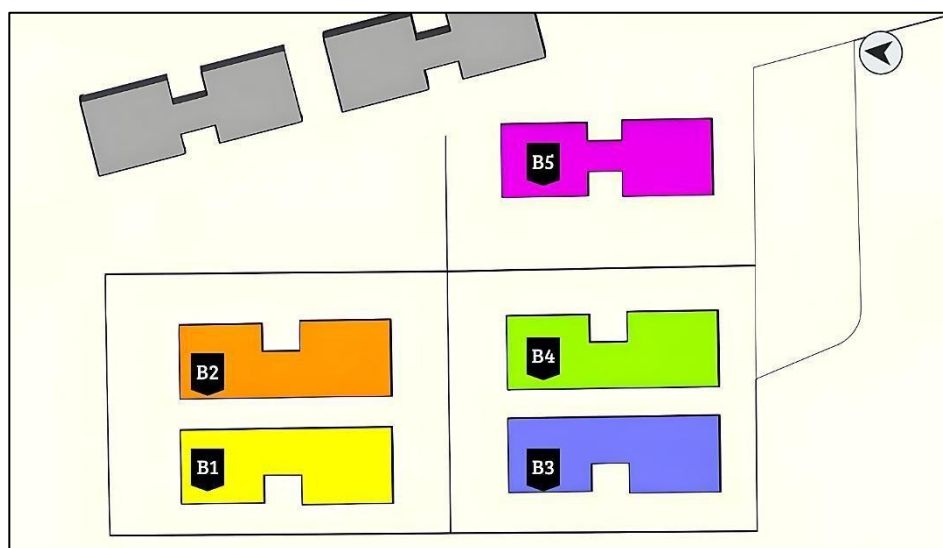
Neste capítulo serão apresentados e discutidos os dados de sombreamento dos condomínios Condomínio A e das Dunas, nos solstícios de inverno e verão as 10h, 13h e as 15h. E posteriormente, analisar os dados de Fator de visão de Céu (FVC) em cada empreendimento entre as torres, permitindo identificar diferenças estatisticamente relevantes entre os pares de bloco.

5.1 Análise de Sombreamento do Condomínio A

Esta seção apresenta a discussão dos dados de sombreamento do Condomínio A, nos solstícios de inverno e verão as 10h, 13h e as 15h. O Objetivo é analisar a porcentagem de sombreamento dos blocos durante os três horários críticos determinados, e discutir como estes dados impactam no uso de iluminação artificial, principalmente nos ambientes de permanência prolongada.

Na Figura 18, os edifícios possuem numerações para facilitar a identificação no decorrer do estudo, com gráficos e tabelas. A numeração se inicia no canto noroeste da implantação, seguindo em direção ao sul, e depois ao leste. A nomenclatura adotada é a letra “B” para designar os blocos, sendo a junção de duas torres.

Figura 18 – Esquema de Identificação dos Blocos – Condomínio A



Fonte: Elaborado pela autora. 2025.

5.1.1 Solstício de Inverno

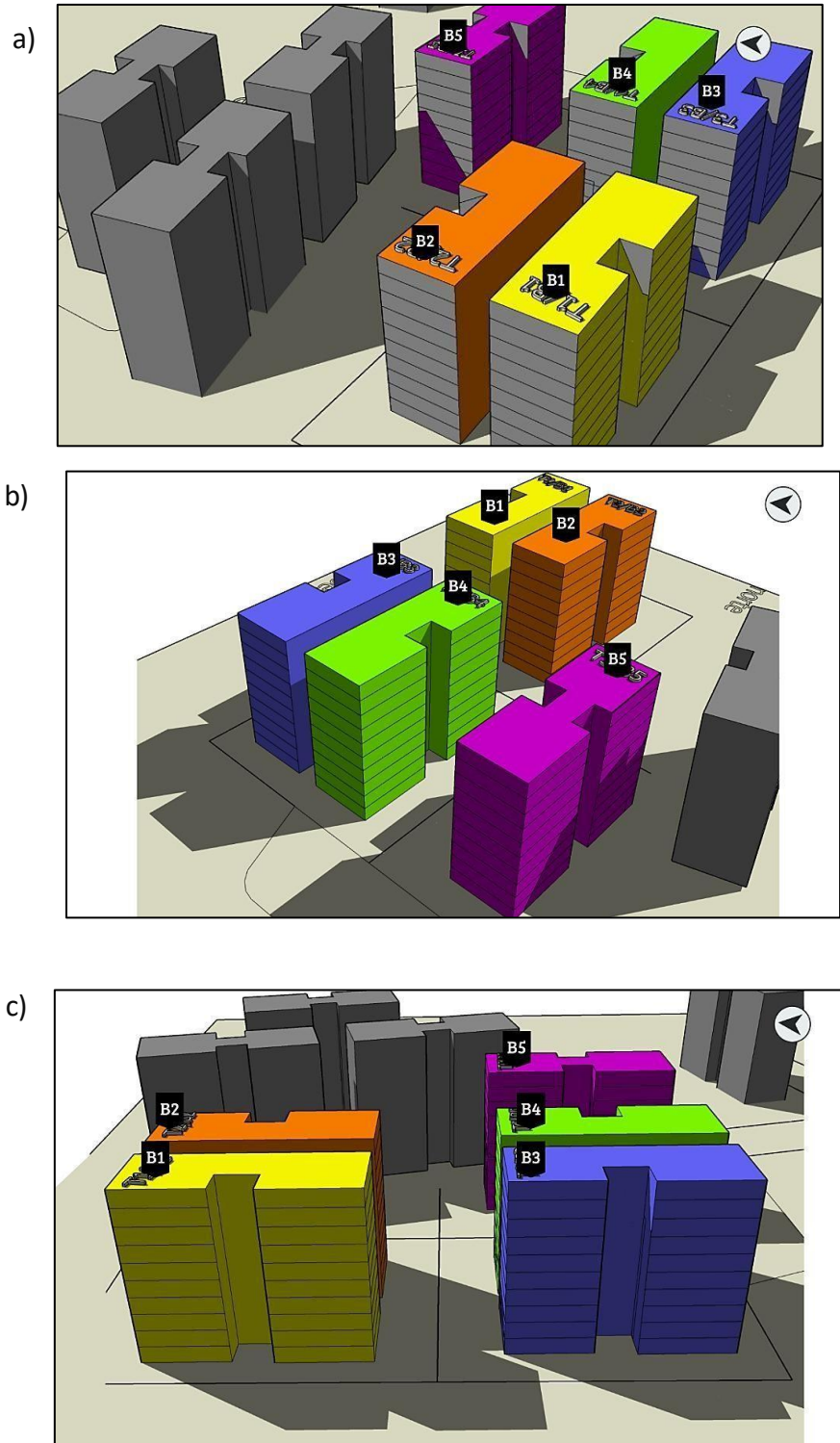
Às 10h (Fig.19), quando o sol já apresenta elevação significativa e permanece deslocado a Nordeste, o conjunto edificado registra uma média geral de sombreamento de 64,9%, evidenciando a influência combinada da trajetória solar matutina e da configuração volumétrica do empreendimento.

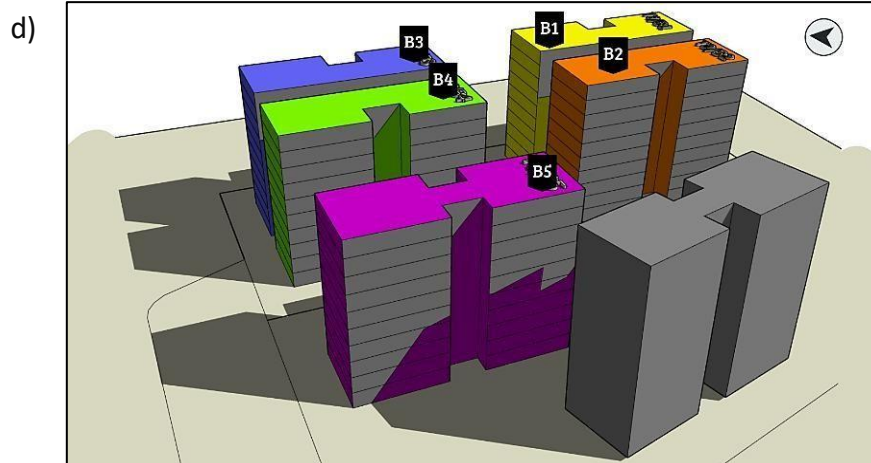
Na fachada Norte, observa-se um padrão heterogêneo de sombreamento, fortemente condicionado pelas interferências entre os blocos. O edifício B5 destaca-se como o mais sombreado, com aproximadamente 55% de sua superfície em sombra, resultado direto da obstrução promovida pelo bloco pertencente ao condomínio confrontante ao Condomínio A. Em contrapartida, os blocos B3 (35,5%) e B1 (24,3%) apresentam sombreamento concentrado sobretudo nas porções internas, associado à geometria do próprio edifício e à posição relativa do sol nesse horário.

As fachadas Sul e Oeste mantêm-se integralmente sombreadas durante o período analisado, comportamento coerente com a orientação desses planos em relação à posição solar matutina, que não favorece a incidência direta de radiação nessas orientações. Esse padrão reforça a dependência do acesso solar não apenas da morfologia urbana, mas também da orientação das fachadas ao longo do dia.

Por sua vez, na fachada Leste verifica-se maior disponibilidade de radiação solar direta, característica do período da manhã. Os blocos B2 e B4 permanecem praticamente expostos, com baixos percentuais de sombreamento (16%), indicando maior abertura ao céu e menor interferência volumétrica imediata. Ainda assim, os efeitos do adensamento tornam-se evidentes nos blocos com menor afastamento entre si, como B3 (55,2%), B1 (50,6%) e B5 (43,2%), que apresentam percentuais elevados de sombra mesmo em uma orientação teoricamente favorável à insolação matutina. Esses resultados evidenciam que, mesmo nas fachadas mais expostas, a proximidade entre edificações e a profundidade dos cânions urbanos desempenham papel determinante na modulação do sombreamento.

Figura 19 – Condomínio A, solstício de Inverno as 10h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste





Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

No horário das 13h (Fig. 20), quando a altura solar atinge aproximadamente 47° e o sol se posiciona ligeiramente a Noroeste, observa-se uma reorganização expressiva do padrão de sombreamento no conjunto edificado. A média geral de sombreamento reduz-se para 61,8%, evidenciando a redistribuição das sombras projetadas em função da elevação solar e da orientação relativa dos blocos.

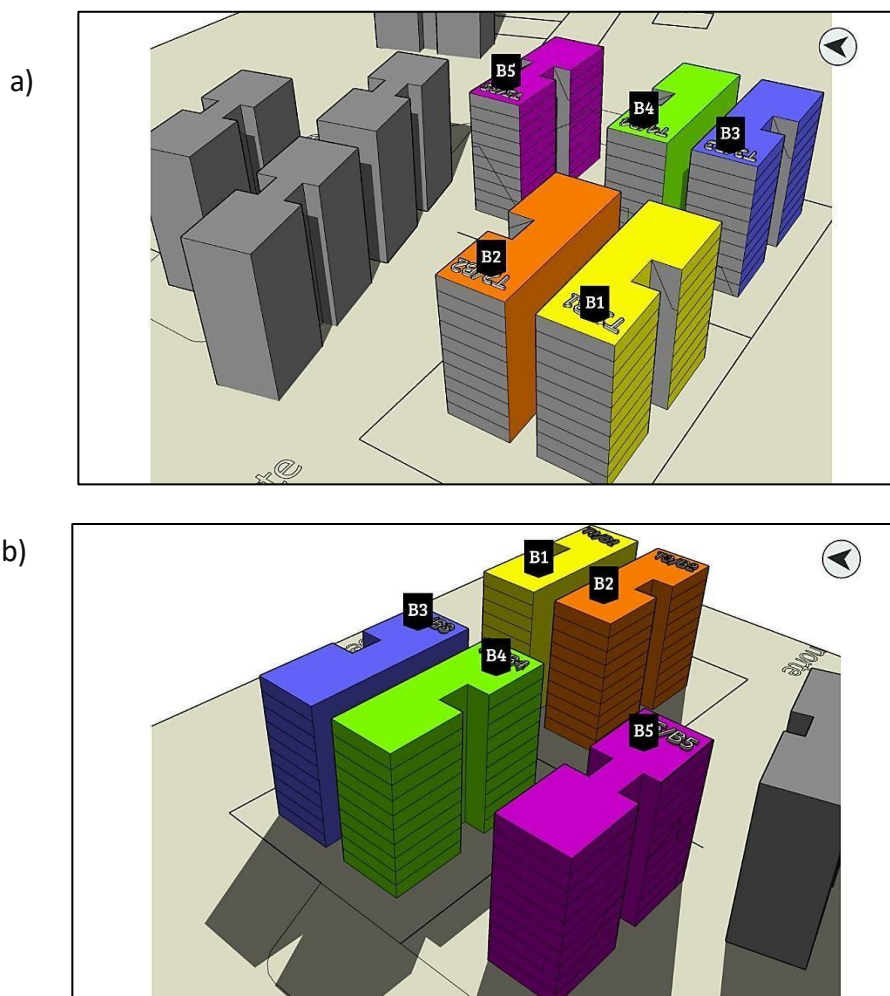
Na fachada Norte, o sombreamento passa a concentrar-se predominantemente nas porções internas das edificações, associado tanto à geometria dos próprios blocos quanto à posição solar nesse intervalo horário. Destacam-se os blocos B2 (23,7%), B4 (32,8%) e B5 (30,1%), que apresentam percentuais moderados de sombra, indicando maior incidência solar direta nos planos externos e maior proteção nas áreas internas.

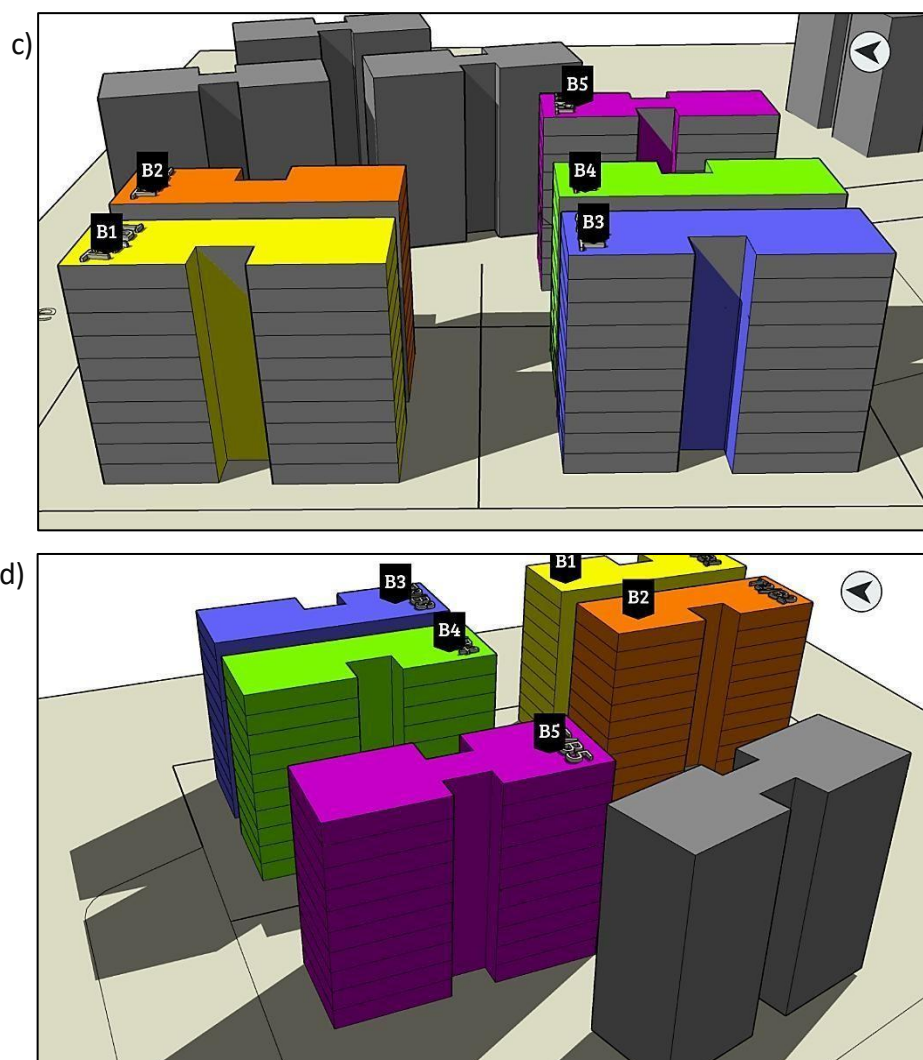
A fachada Sul mantém-se integralmente sombreada, condição resultante da combinação entre a elevada altura solar e a configuração volumétrica do conjunto, que intensifica a obstrução sobretudo nos espaços internos. Todavia, a fachada Leste neste horário fica totalmente sombreada, em consonância com o deslocamento do sol para o quadrante oeste e a consequente ausência de incidência direta nessa orientação durante o início da tarde.

Por sua vez, a fachada Oeste apresenta sombreamento parcial e marcada heterogeneidade entre os blocos. Os menores percentuais de sombreamento são registrados em B1 e B3 (ambos com cerca de 16%) e em B5 (15,1%), indicando maior abertura para o céu e menor interferência direta de obstruções próximas. Em contraste, os blocos B2 (42,7%) e B4

(46,5%) exibem valores substancialmente mais elevados, evidenciando a influência da proximidade entre torres e da maior profundidade dos cânions urbanos formados, fatores que ampliam a obstrução solar nessa orientação.

Figura 20 – Condomínio A, solstício de Inverno as 13h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste





Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Às 15h (Fig. 21), com o sol deslocado para o quadrante Noroeste, o conjunto edificado atinge a maior média geral de sombreamento do dia, da ordem de 67,7%, evidenciando o efeito cumulativo da trajetória solar vespertina associado à configuração volumétrica do empreendimento. Nesse horário, as fachadas Sul e Leste permanecem integralmente sombreadas, condição coerente com a posição solar, que não favorece a incidência direta de radiação sobre esses planos.

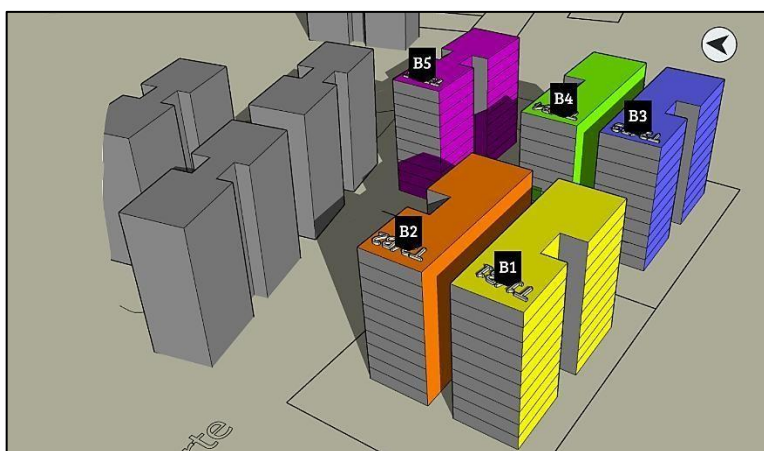
Na fachada Norte, observa-se um comportamento marcadamente heterogêneo, com forte contraste entre os blocos. Os edifícios B1 (4,9%) e B3 (5,3%) apresentam baixos

percentuais de sombreamento, indicando elevada exposição à radiação solar direta. Em contrapartida, os blocos B2 (27,2%) e B4 (40,6%) registram aumento significativo das áreas sombreadas, enquanto o bloco B5 atinge o valor máximo de 58,1%, resultado direto da obstrução provocada pelos blocos adjacentes, evidenciando a influência da proximidade entre volumes e da profundidade dos cânions urbanos formados.

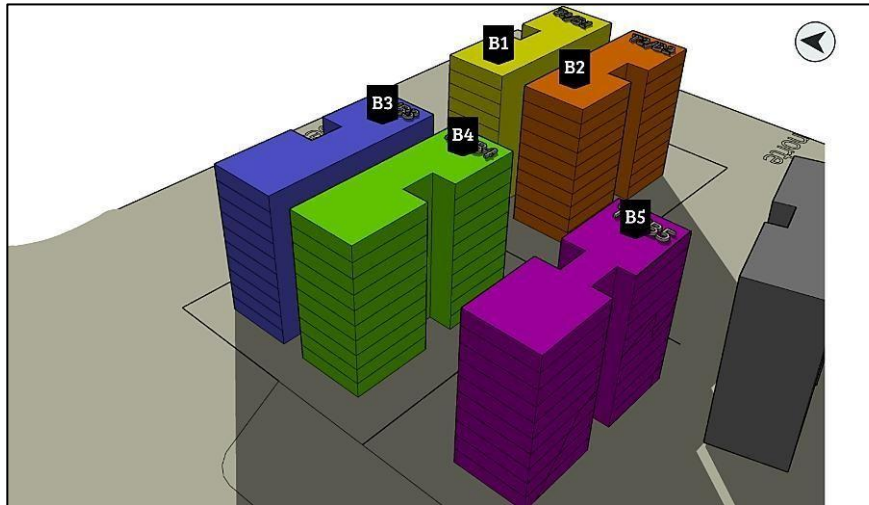
Na fachada Oeste, o sombreamento torna-se ainda mais expressivo, destacando-se os blocos B4 e B2, ambos com aproximadamente 80% de suas superfícies sombreadas, configurando-se como as situações de maior obstrução solar nesse horário. O bloco B5 apresenta sombreamento intermediário, em torno de 41,7%, enquanto os blocos B1 e B3 mantêm elevada exposição à insolação direta. Esse padrão reforça a relevância da orientação Oeste como elemento crítico para o controle do ganho térmico passivo no período da tarde, indicando a necessidade de estratégias projetuais específicas, como maior afastamento entre edificações e dispositivos de sombreamento adequados, para mitigar os impactos térmicos associados à radiação solar vespertina.

Figura 21 – Condomínio A, solstício de Inverno as 15h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste

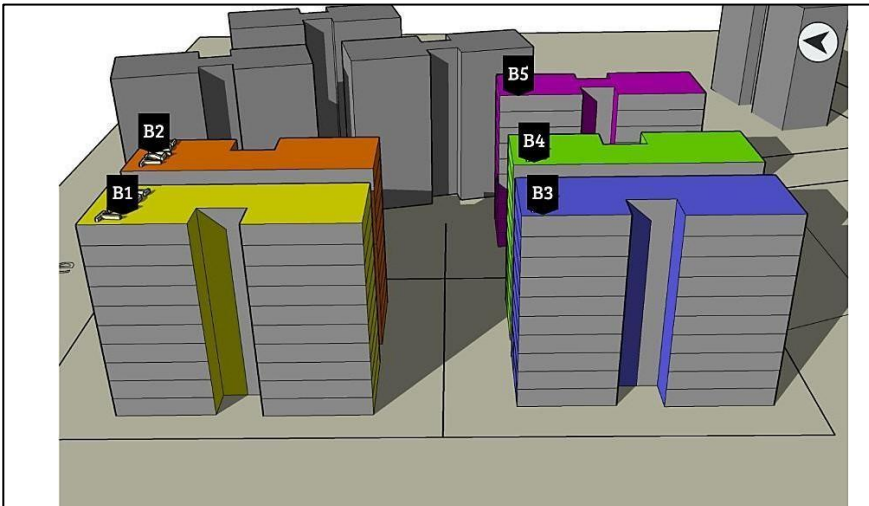
a)



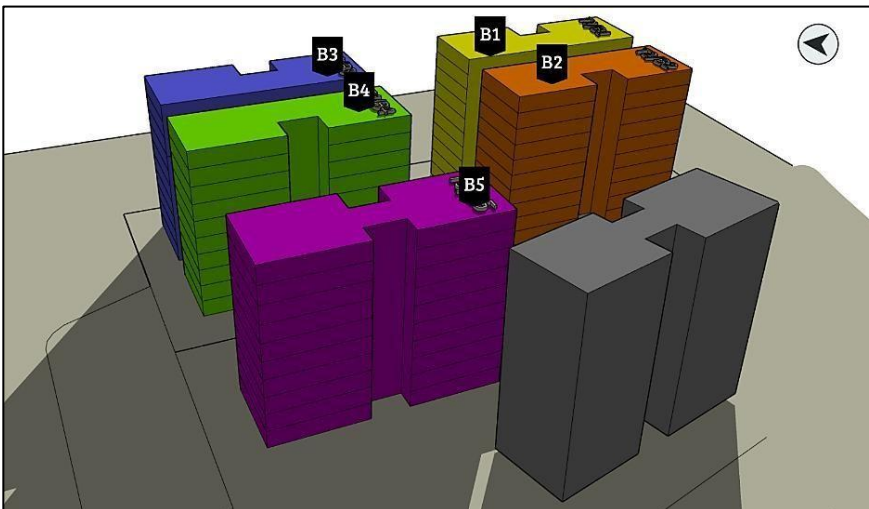
b)



c)



d)

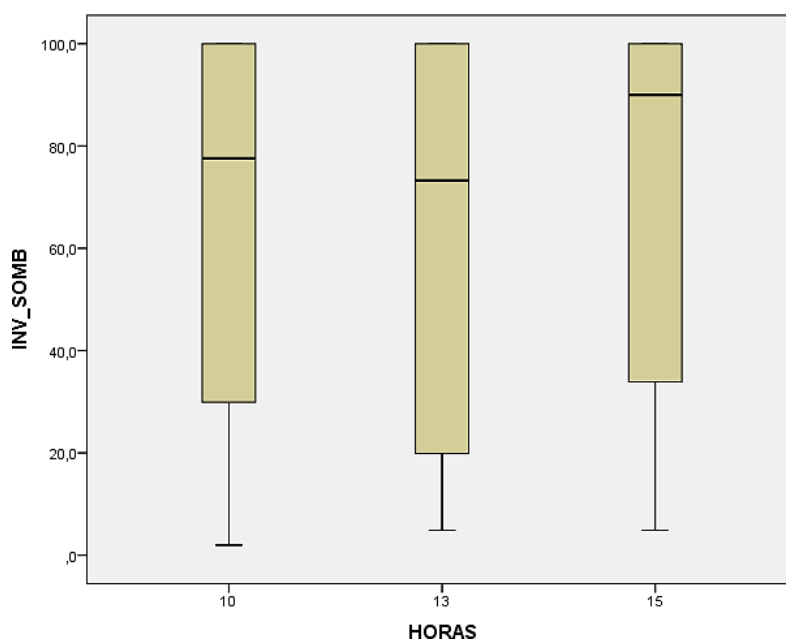


Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Logo, no solstício de inverno, o comportamento do sombreamento ao longo do dia revela uma dinâmica não linear, fortemente condicionada pela trajetória solar e pela morfologia do conjunto edificado, em consonância com o *boxplot* apresentado (Fig. 22). Às 10h, o conjunto já apresenta elevados níveis de sombreamento, com mediana alta e ampla dispersão dos valores, refletindo a coexistência de fachadas integralmente sombreadas (Sul e Oeste) e outras com maior acesso solar (Leste), ainda que moduladas pelo adensamento e pela proximidade entre blocos.

As 13h, observa-se uma redução da mediana e da média de sombreamento, acompanhada de maior variabilidade, indicando uma redistribuição das sombras decorrente da maior altura solar e da alternância entre fachadas totalmente sombreadas (Sul e Leste) e aquelas com maior exposição direta (Norte e Oeste). Esse horário configura, portanto, o momento de menor obstrução relativa no conjunto. Já às 15h, o sombreamento volta a se intensificar, atingindo a maior mediana e valores máximos elevados, como evidenciado no *boxplot*, resultado do deslocamento do sol para o quadrante Noroeste e do efeito cumulativo das obstruções volumétricas, especialmente nas fachadas Sul e Leste e em blocos mais confinados.

Figura 22 – *Boxplot* do solstício de Inverno as 10h, 13h e 15h no Condomínio A



Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

A análise de normalidade pelo teste de *Shapiro–Wilk* (Fig. 23) confirma que os valores de sombreamento não apresentam distribuição normal em nenhum dos horários avaliados (10h, 13h e 15h), com significância $p \leq 0,001$. A ausência de normalidade reflete o comportamento altamente assimétrico e espacialmente heterogêneo das sombras projetadas no conjunto, influenciado pela orientação das fachadas, pela altura solar reduzida no inverno e pela configuração volumétrica dos blocos. A concentração de valores próximos a 100% na fachada Sul, contrastando com áreas parcialmente ensolaradas nas fachadas Norte, Leste e Oeste, contribui para uma distribuição irregular e não simétrica, revelando que as diferenças encontradas entre os horários são altamente significativas.

Figura 23 – Teste de Normalidade de *Shapiro–Wilk* do solstício de Inverno no Condomínio A

Testes de Normalidade						
HORAS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
INV_SOMB 10	,317	20	,000	,793	20	,001
13	,328	20	,000	,757	20	,000
15	,298	20	,000	,768	20	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Após o teste de normalidade foi necessário aplicar o teste de *Kruskal–Wallis*, para analisar as diferenças por fachada nos três horários (Fig. 24). Portanto, observou-se que houve diferença estatisticamente significativa entre os horários apenas nas fachadas Oeste ($p = 0,008$) e Leste ($p = 0,001$).

Figura 24 – Teste não paramétrico de de *Kruskal–Wallis* por fachada: (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de INV_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independent es	,796	Retar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

a)

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de INV_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independent es	1,000	Retar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

b)

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de INV_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independent es	,008	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
13,000-15,000	-,200	2,777	-,072	,943	1,000
13,000-10,000	7,600	2,777	2,736	,006	,019
15,000-10,000	7,400	2,777	2,664	,008	,023

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

c)

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de INV_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independent es	,001	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
10,000-13,000	-7,500	2,375	-3,157	,002	,005
10,000-15,000	-7,500	2,375	-3,157	,002	,005
13,000-15,000	,000	2,375	,000	1,000	1,000

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

d)

Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

As análises estatísticas conduzidas por meio do teste de *Kruskal–Wallis*, associadas aos testes *pós–hoc*, evidenciam comportamentos distintos de sombreamento entre as diferentes orientações das fachadas. Em particular, as fachadas Oeste e Leste apresentam diferenças estatisticamente significativas entre os horários de 10h e 13h, bem como entre 10h e 15h, indicando elevada variabilidade temporal do sombreamento nessas orientações.

Ao longo do dia, observa-se que essas fachadas alternam entre condições de sombreamento parcial e total, refletindo mudanças expressivas no padrão de incidência solar. Em contraste, as fachadas voltadas para o Norte e para o Sul apresentam comportamento mais homogêneo, com a orientação Norte permanecendo majoritariamente em sombreamento parcial, enquanto a fachada Sul se mantém praticamente sombreada durante o período analisado. Esse conjunto de comportamentos está diretamente associado ao deslocamento aparente do sol, que promove variações mais pronunciadas na exposição solar das fachadas Oeste e Leste quando comparadas às demais orientações.

5.1.2 Solstício de Verão

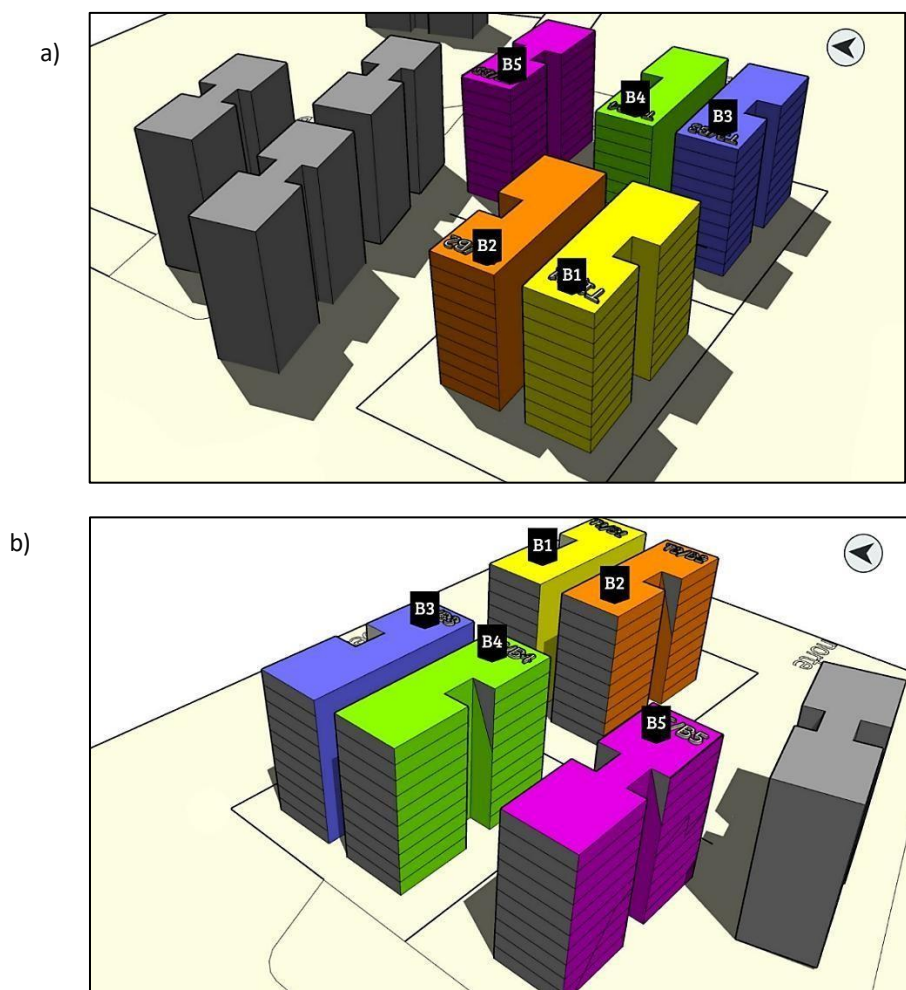
Às 10h (Fig. 25), com o sol posicionado no quadrante Nordeste e apresentando altura solar de aproximadamente $64,72^\circ$, o conjunto edificado registra uma média geral de sombreamento de 59,5%. Esse valor expressa a interação entre a trajetória solar matutina, favorável à incidência direta, e a configuração volumétrica do empreendimento, caracterizada pelo adensamento e pela proximidade entre os blocos. Nesse horário, as fachadas Norte e Oeste mantêm-se integralmente sombreadas, resultado tanto da posição relativa do sol quanto da obstrução mútua gerada pelo arranjo volumétrico das edificações, que limita o acesso solar direto sobre esses planos.

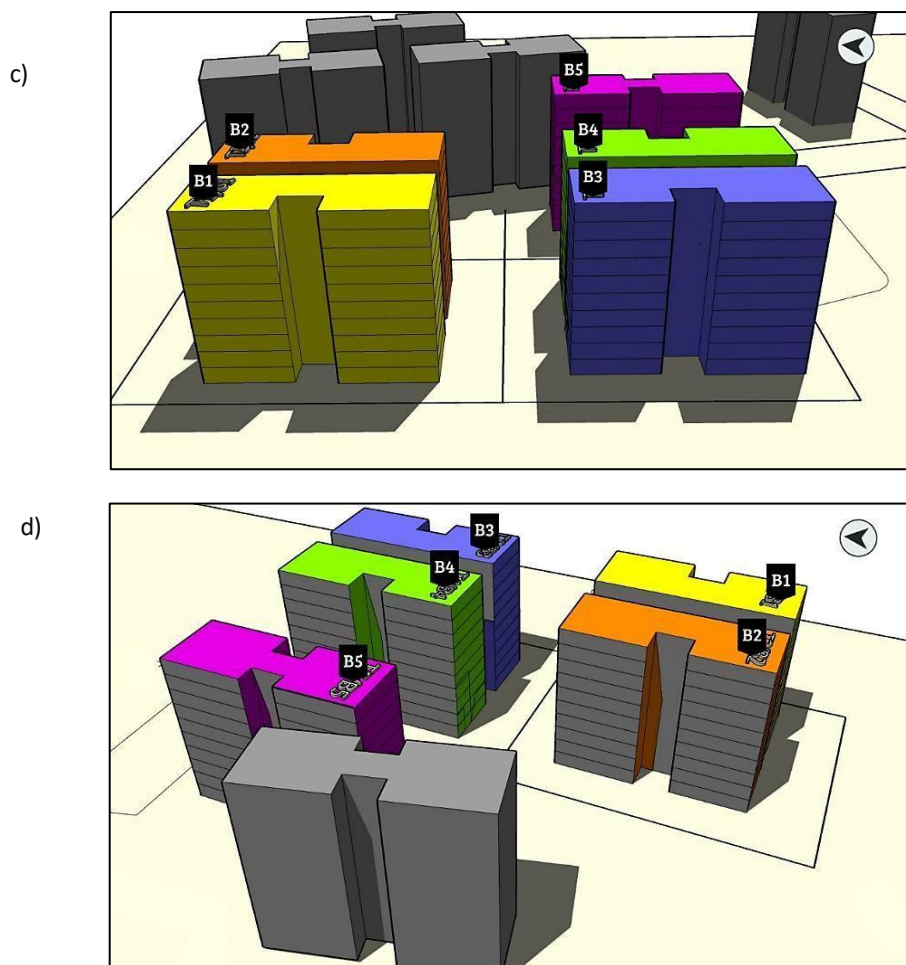
A fachada Sul, por sua vez, apresenta os menores níveis de sombreamento entre todas as orientações analisadas, indicando maior disponibilidade de radiação solar direta no período da manhã. Tal comportamento é particularmente evidente nos blocos B2 e B4, que se mostram mais expostos à insolação. Em contraste, os blocos B1, B3 ($\approx 21\%$) e B5 ($\approx 29\%$) exibem percentuais significativamente mais elevados de sombreamento, associados à volumetria dos próprios edifícios.

Na fachada Leste, observa-se um padrão contrastante de sombreamento entre os blocos. Enquanto B2, B4 e B5 apresentam baixos percentuais de sombra ($\approx 5\%$), configurando-se como os mais expostos à radiação solar matutina, os blocos B1 ($\approx 50\%$) e B3 ($\approx 53,5\%$) registram elevados níveis de sombreamento, resultantes da interferência direta das edificações adjacentes e do afastamento entre os blocos. Esse comportamento reforça o papel

determinante da implantação dos blocos e da morfologia urbana local na modulação do sombreamento, mesmo em orientações teoricamente favoráveis à insolação no período da manhã, especialmente no solstício de verão.

Figura 25 – Condomínio A, solstício de Verão as 10h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste





Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

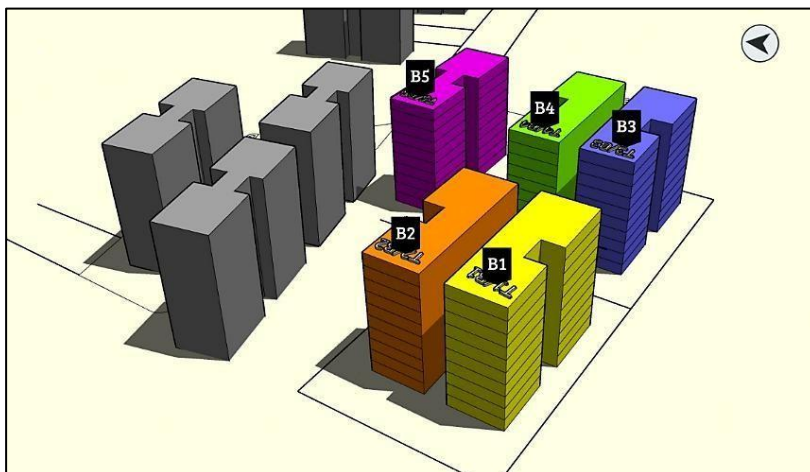
Às 13h (Fig. 26), com o sol posicionado no quadrante Noroeste e altura solar aproximada de $70,09^\circ$, o conjunto edificado apresenta uma média geral de sombreamento de cerca de 59%, indicando uma condição intermediária no balanço entre áreas sombreadas e expostas ao longo do dia. Nesse horário, a fachada Norte permanece predominantemente sombreada, enquanto a fachada Leste passa a registrar sombreamento generalizado, comportamento coerente com o deslocamento aparente do sol e a consequente redução da incidência direta de radiação sobre essas orientações.

A radiação solar passa a incidir de forma mais intensa sobre as fachadas sul e oeste. Na fachada sul, o sombreamento parcial atinge os blocos B2 (20,6%), B4 (20,9%) e B5 (25,8%). Em contrapartida, B1 e B3 (0%), destacam-se como aqueles mais expostos à insolação, tornando-se potencialmente críticos para o ganho térmico interno.

Nas fachadas voltadas para o Oeste, B1 (5,2%), B3 (5,0%) e B5 (4,8%) destacam-se como aqueles mais expostos à insolação. No entanto, os blocos B2 (47,3%) e B4 (51,3%) apresentam maior sombreamento, sobretudo em seus pavimentos inferiores e intermediários, esse efeito está associado ao posicionamento solar já deslocado para o oeste quanto à obstrução gerada pela proximidade entre torres, evidenciando o papel da profundidade dos cânions urbanos na modulação do acesso solar nesse intervalo horário.

Figura 26 – Condomínio A, solstício de Verão as 13h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste

a)



b)



c)



d)



Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

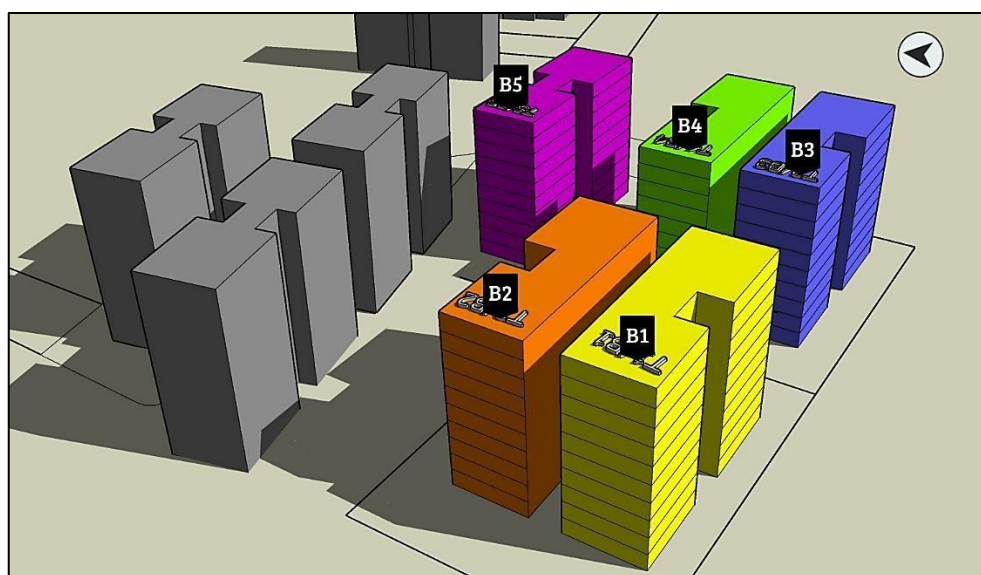
Às 15h (Fig. 27), com o sol deslocado para o quadrante noroeste e altura solar em declínio ($42,97^\circ$), verifica-se um aumento da média geral de sombreamento do conjunto edificado, que atinge 64%, indicando a intensificação das obstruções solares no período vespertino. Nesse horário, as fachadas Norte e Leste permanecem integralmente sombreadas, condição associada à redução do ângulo de incidência solar e à orientação predominante dos blocos.

Na fachada Sul, os edifícios B1 e B3 (0%) destacam-se pela elevada exposição à radiação solar direta, enquanto os blocos B2 e B4 registram percentuais intermediários de sombreamento, em torno de 24,7% devido a geometria da edificação. O bloco B5, por sua vez, apresenta o maior valor nessa orientação, com aproximadamente 32,8% de sua superfície sombreada, evidenciando a influência da proximidade entre volumes somado a geometria do edifício.

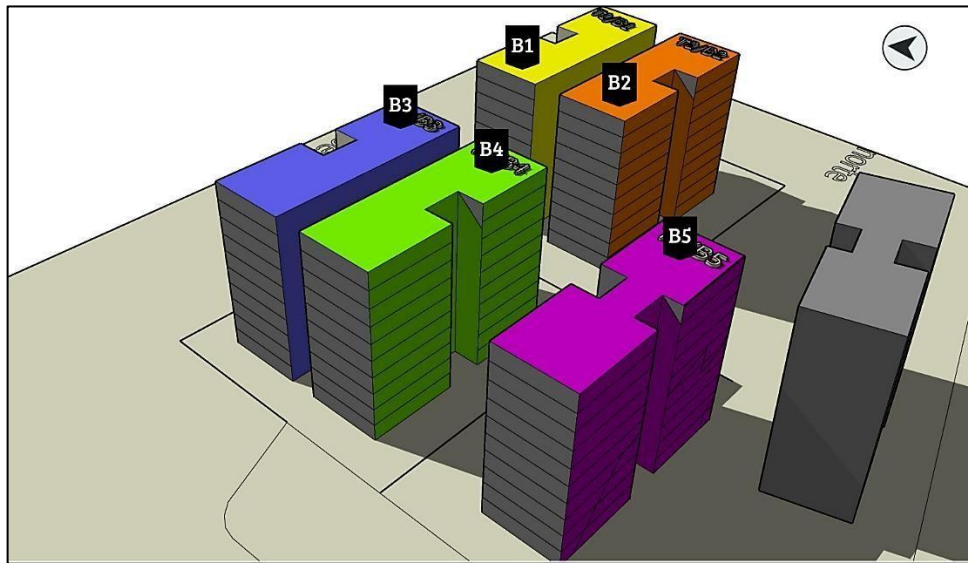
Nas fachadas voltadas para o Oeste, o sombreamento torna-se mais expressivo e contrastante, com os blocos B2, B4 e B5 apresentando percentuais elevados, variando aproximadamente entre 30,7% e 80,4%, sobretudo nos pavimentos inferiores e intermediários, resultante do sombreamento ocasionado pelos edifícios adjacentes. Em contraposição, os blocos B1 e B3 (4%) permanecem praticamente expostos à insolação direta, configurando-se como as situações mais críticas em termos de ganho térmico passivo no período da tarde. Esse padrão reforça o papel determinante da orientação Oeste e da configuração volumétrica do conjunto na modulação do sombreamento vespertino, apontando para a necessidade de estratégias projetuais específicas que mitiguem os impactos térmicos associados à radiação solar nesse intervalo horário.

Figura 27 – Condomínio A, solstício de Verão as 15h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste

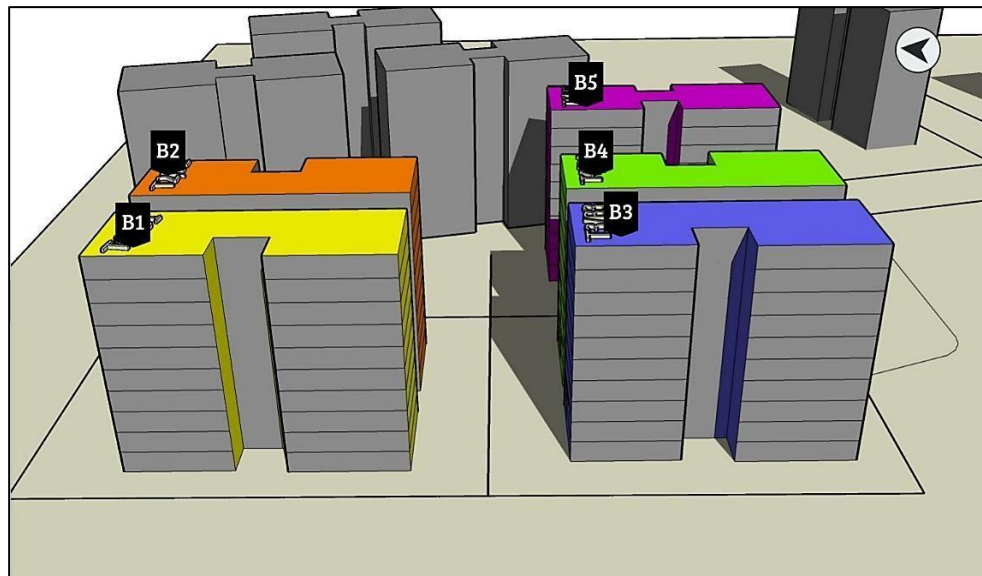
a)

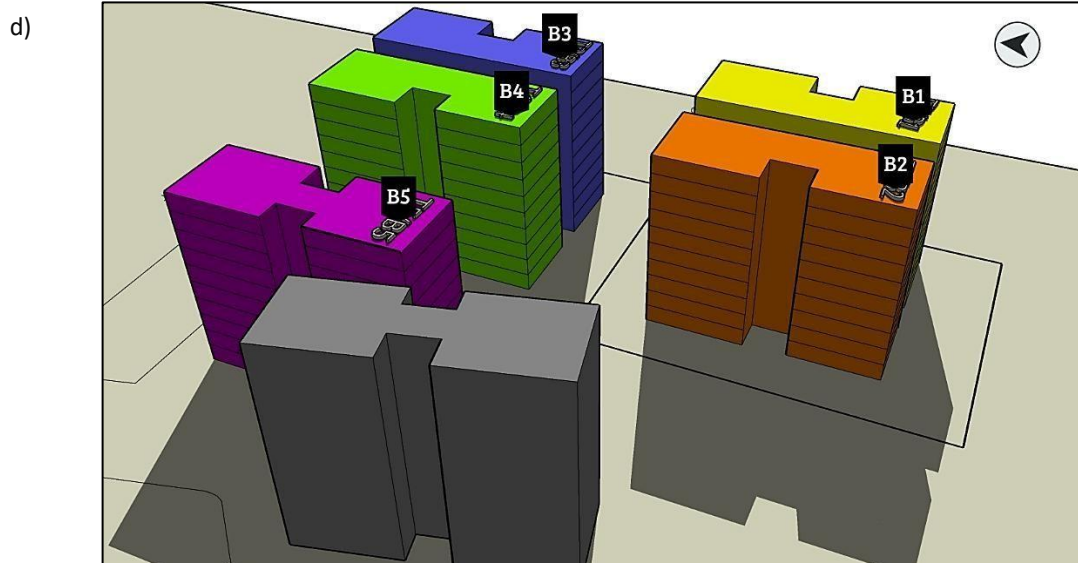


b)



c)



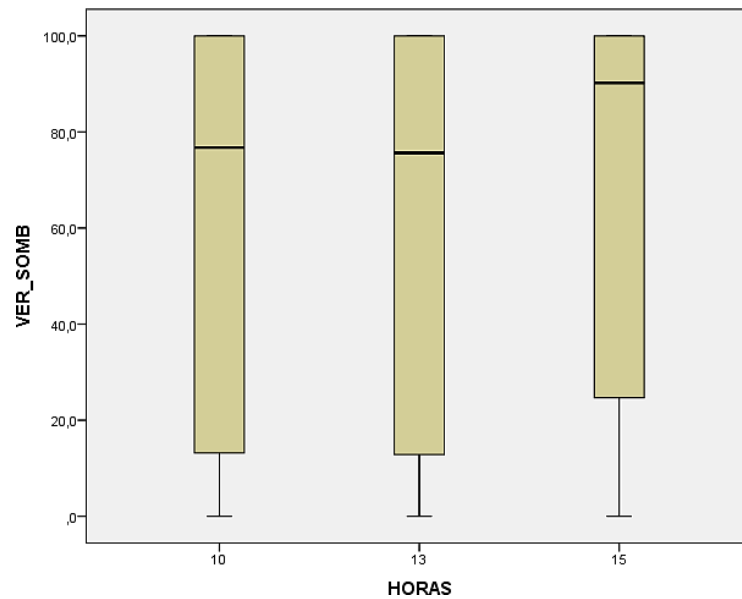


Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Desse modo, os resultados evidenciam que às 10h, apesar da altura solar elevada e da posição favorável do sol no quadrante Nordeste, observa-se uma média geral de sombreamento próxima de 59,5%, resultado da obstrução mútua entre edificações, sobretudo nas fachadas Norte e Oeste, enquanto as fachadas Sul e parte da Leste concentram maior incidência solar direta. Às 13h, com o sol mais alto e deslocado para oeste, a média de sombreamento mantém-se em patamar semelhante ($\approx 59\%$), indicando uma condição intermediária, a fachada norte permanece sombreada enquanto, a fachada Leste passa a ser amplamente sombreada. Todavia, as fachadas Sul e Oeste apresentam maior heterogeneidade entre os blocos. Já às 15h, com a redução da altura solar e o posicionamento no quadrante Noroeste, registra-se o maior nível médio de sombreamento do dia ($\approx 64\%$), acompanhado de maior contraste espacial, especialmente nas fachadas Oeste e Sul.

O *boxplot* (Fig. 28) corrobora essa dinâmica, ao indicar medianas elevadas e próximas entre 10h e 13h, com aumento do valor central às 15h, além de ampla dispersão em todos os horários, que se intensifica no período vespertino. Esses padrões confirmam que, embora o sombreamento seja elevado ao longo de todo o dia, sua magnitude e variabilidade aumentam no final da tarde, refletindo o efeito combinado da geometria urbana, da profundidade dos cânions e da orientação das fachadas sobre o acesso solar no conjunto analisado.

Figura 28 – *Boxplot* do solstício de Verão as 10h, 13h e 15h no Condomínio A



Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Os resultados do teste *Shapiro–Wilk* (Fig. 29) demonstram que os valores de sombreamento no solstício de verão não seguem distribuição normal em nenhum dos horários analisados (10h, 13h e 15h), com significância $p \leq 0,000$. Essa não normalidade reflete diretamente o comportamento físico do conjunto: diferenças marcantes entre fachadas, forte influência das obstruções entre blocos e redistribuições solares abruptas ao longo do dia, revelando que as diferenças encontradas entre os horários são altamente significativas.

Figura 29 – Teste de Normalidade de *Shapiro–Wilk* do solstício de Inverno no Condomínio A

Testes de Normalidade						
HORAS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
VER_SOMB 10	,323	20	,000	,757	20	,000
13	,324	20	,000	,754	20	,000
15	,302	20	,000	,750	20	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Após o teste de normalidade foi necessário aplicar o teste de *Kruskal–Wallis*, para analisar as diferenças por fachada em cada horário (Fig. 30). Portanto, observou-se que houve diferença estatisticamente significativa entre os horários apenas nas fachadas Oeste ($p = 0,008$) e Leste ($p = 0,001$).

Figura 30 – Teste não paramétrico de de *Kruskal–Wallis* por fachada: (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste

a)

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de VER_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independent es	1,000	Retar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

b)

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de VER_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independent es	,766	Retar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

c)

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de VER_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independent es	,008	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
13,000-15,000	-,200	2,777	-,072	,943	1,000
13,000-10,000	7,600	2,777	2,736	,006	,019
15,000-10,000	7,400	2,777	2,664	,008	,023

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas.
São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de VER_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independent es	,001	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
10,000-13,000	-7,500	2,375	-3,157	,002	,005
10,000-15,000	-7,500	2,375	-3,157	,002	,005
13,000-15,000	,000	2,375	,000	1,000	1,000

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas.
São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

d)

Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

As análises *pós-hoc* indicam que as fachadas Oeste e Leste apresentam variações temporais estatisticamente significativas no sombreamento, com diferenças concentradas

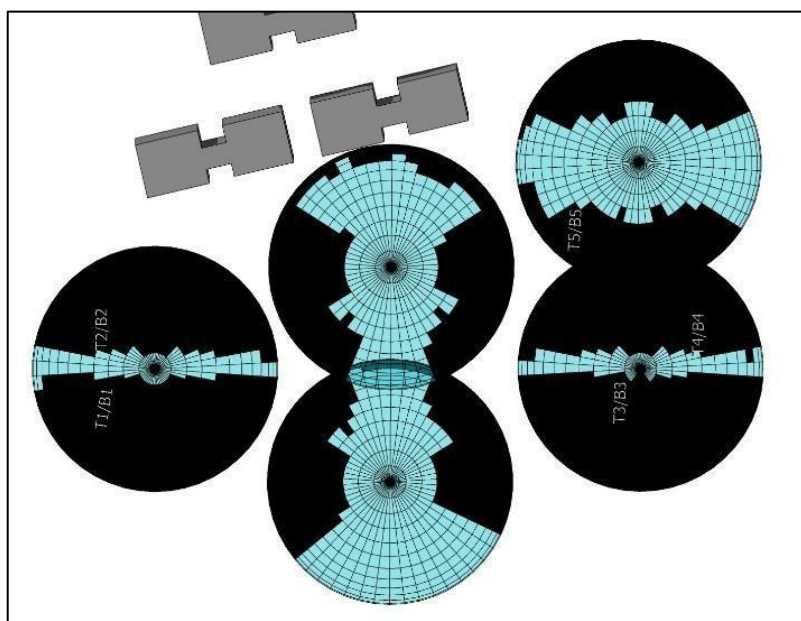
entre os horários de 10h e 13h e entre 10h e 15h. Essas fachadas apresentam maior variabilidade temporal, especialmente quando comparado o período da manhã com o início e o meio da tarde.

No caso da fachada Norte, observa-se menor incidência de radiação solar direta em todos os períodos, configurando como a mais sombreada. A fachada Sul, por sua vez, apresenta comportamento distinto, sendo uma das mais expostas à radiação solar direta durante o solstício de verão, o que reforça a influência da trajetória solar sazonal sobre essa orientação. Desse modo, a análise estatística indica ausência de diferenças significativas entre os horários, sugerindo uma distribuição global de sombreamento relativamente homogênea ao longo do dia, para essas orientações.

5.1.3 Fator de Visão de Céu (FVC)

A a do Fator de Visão do Céu (FVC), apresentada na Figura 31, evidencia a variabilidade da obstrução da abóboda celeste entre os diferentes pares de blocos do Condomínio A, a partir da modelagem tridimensional realizada *no SketchUp* com o *plugin Sky View Analysis*.

Figura 31 – Projeção estereográfica do Fator de Visão do Céu (FVC) do Condomínio A

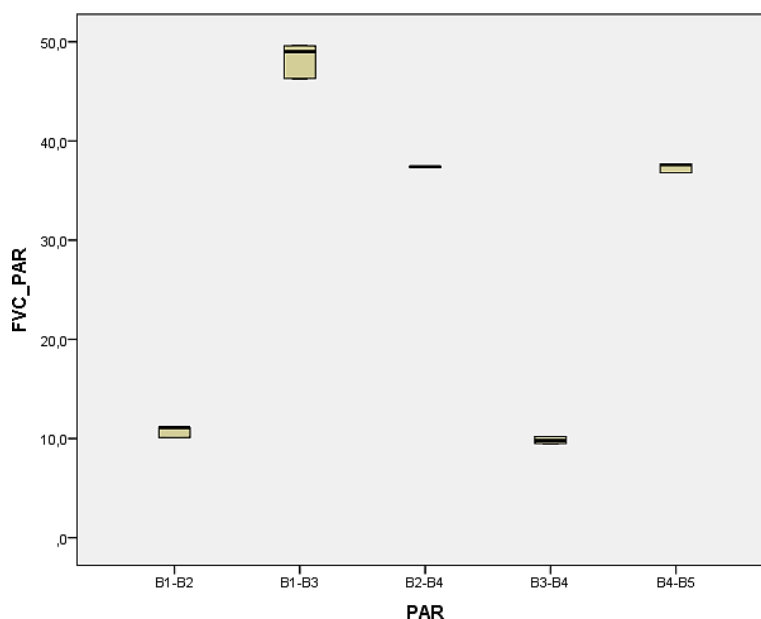


Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Observa-se que as áreas correspondentes aos pares B3–B4 e B1–B2 apresentam maiores níveis de obstrução, caracterizados por reduzida visibilidade do céu, enquanto os pares B1–B3 e B4–B5 evidenciam maior abertura da abóboda celeste, indicando condições mais favoráveis de exposição solar e ventilação. Essa leitura espacial é corroborada pelos valores do FVC apresentados no boxplot (Fig. 32), que permite a análise comparativa dos diferentes arranjos. Os menores valores foram registrados nos pares B3–B4 (9,8) e B1–B2 (10,7), confirmando o elevado grau de confinamento geométrico, associado à reduzida distância entre as edificações e à maior interferência volumétrica. Em contrapartida, os pares B1–B3 (48,3) e B4–B5 (37,36) apresentam os maiores valores de FVC, refletindo maior afastamento entre os blocos e menor obstrução do céu.

Esses resultados evidenciam o papel determinante da implantação e do espaçamento entre edificações na modulação do FVC, demonstrando que a configuração morfológica do conjunto influencia diretamente o potencial de acesso à radiação solar e à ventilação natural.

Figura 32 – Boxplot dos pares do Condomínio A



Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

A verificação da normalidade dos dados de FVC por meio do teste de normalidade de *Shapiro–Wilk* indicou que os dados não seguem uma distribuição normal (*sig.* = 0,000) para os pares de blocos analisados, condição que justificou a adoção de procedimentos estatísticos

não paramétricos. Ressalta-se que a constância observada no par B2–B4 não compromete a validade do teste nem a interpretação global dos resultados (Fig. 33).

Figura 33 – Teste de Normalidade de *Shapiro–Wilk* do FVC entre os blocos no Condomínio A

Testes de Normalidade ^b							
PAR		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
FVC_PAR	B1-B2	,422	24	,000	,598	24	,000
	B1-B3	,350	24	,000	,702	24	,000
	B3-B4	,228	24	,002	,792	24	,000
	B4-B5	,381	24	,000	,663	24	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

b. FVC_PAR é constante quando PAR = B2-B4. Foi omitida.

Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Após a verificação da não normalidade dos dados, procedeu-se à aplicação do teste não paramétrico de *Kruskal–Wallis* para avaliar as diferenças do Fator de Visão de Céu (FVC) entre os pares de blocos (Fig. 34a). Os resultados indicaram a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as categorias analisadas ($p= 0,000$), evidenciando variações relevantes do FVC associadas à configuração espacial entre os blocos, isto é, a rejeição da hipótese nula confirma que a distribuição do FVC não é homogênea entre os pares de blocos, refletindo diferenças morfológicas relacionadas à profundidade dos cânions urbanos, ao afastamento entre edificações e às relações de altura.

Figura 34 – a). Teste não paramétrico de *Kruskal–Wallis* do FVC entre os blocos no Condomínio A e (b) análise *pós-Hoc*.

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de FVC_PAR é a mesma entre as categorias de PAR.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.

a)

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Cada nó mostra a posição média de amostra de PAR.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
B3-B4-B1-B2	18,667	9,975	1,871	,061	,613
B3-B4-B2-B4	53,333	9,975	5,347	,000	,000
B3-B4-B4-B5	-61,333	9,975	-6,149	,000	,000
B3-B4-B1-B3	93,333	9,975	9,357	,000	,000
B1-B2-B2-B4	-34,667	9,975	-3,475	,001	,005
B1-B2-B4-B5	-42,667	9,975	-4,277	,000	,000
B1-B2-B1-B3	-74,667	9,975	-7,486	,000	,000
B2-B4-B4-B5	-8,000	9,975	-,802	,423	1,000
B2-B4-B1-B3	40,000	9,975	4,010	,000	,001
B4-B5-B1-B3	32,000	9,975	3,208	,001	,013

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

b)

As análises *pós-hoc* (Fig. 34b) indicam que as diferenças do FVC envolvendo o par B3–B4 são estatisticamente significativas quando comparadas à maioria dos demais pares de blocos (*sig. aj.* < 0,001), evidenciando um padrão distinto de abertura do céu nesse arranjo espacial. A única exceção ocorre na comparação com o par B1–B2, para o qual não se observa diferença estatisticamente significativa (*sig. aj.* = 0,613). De forma semelhante, o par B2–B4 não apresentou diferença significativa em relação ao par B4–B5 (*sig. aj.* = 1,000), indicando comportamento equivalente de FVC entre essas configurações. Esses resultados reforçam a influência da disposição espacial e do grau de confinamento geométrico entre os blocos na variação do FVC no empreendimento analisado.

Portanto, a análise do Fator de Visão de Céu (FVC) entre os pares de blocos do Condomínio A evidencia sua relação direta com os padrões de sombreamento, ventilação natural e conforto térmico no conjunto edificado. Os menores valores de FVC, observados nos pares B3–B4 (9,8) e B1–B2 (10,7), indicam elevado grau de obstrução do céu, associado à reduzida distância entre edificações e à maior profundidade dos cânions urbanos. Essas configurações favorecem a intensificação do sombreamento permanente, limitam a

penetração da radiação solar direta e restringem a renovação do ar, criando condições potencialmente desfavoráveis ao conforto térmico, sobretudo em períodos de baixa ventilação atmosférica.

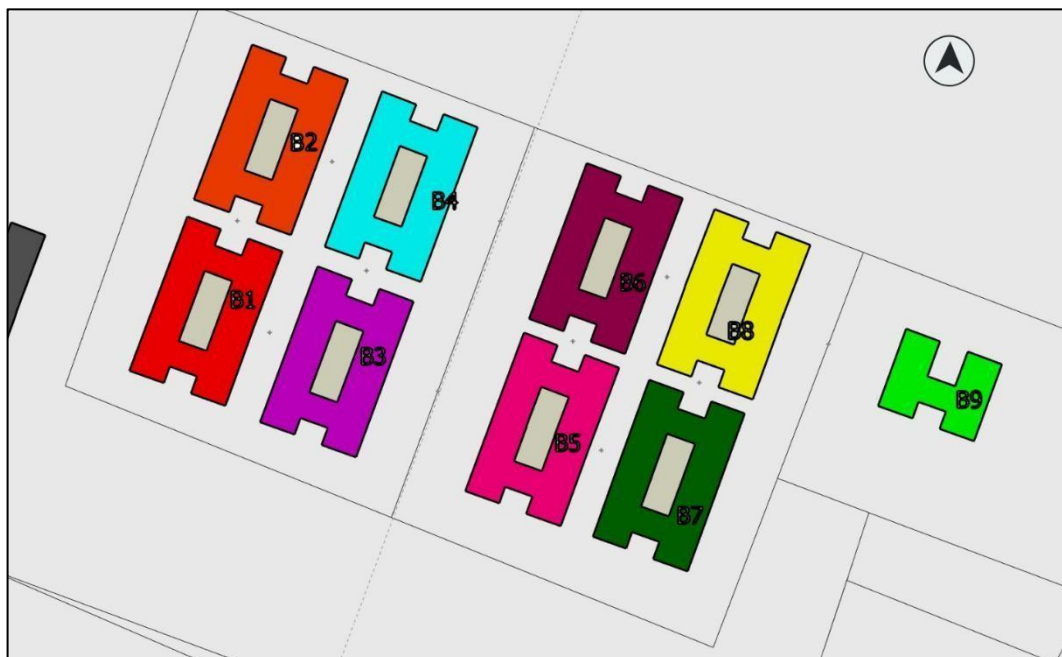
Em contraste, os pares B1–B3 (48,3) e B4–B5 (37,36), que apresentam maiores valores de FVC, configuram arranjos urbanos com maior abertura do céu e menor confinamento geométrico. Nessas situações, observa-se maior variabilidade diária do sombreamento, com períodos alternados de exposição e proteção solar, além de condições mais favoráveis à ventilação natural, uma vez que a maior visibilidade do céu está associada à redução de obstáculos ao escoamento do vento no nível dos edifícios. Tais características contribuem para a dissipação do calor acumulado e para a melhoria do conforto térmico nos ambientes externos e internos adjacentes.

5.2 Análise do sombreamento do Condomínio B

Neste item serão apresentados e discutidos os dados de sombreamento do Condomínio B, nos solstícios de inverno e verão as 10h, 13h e as 15h. O Objetivo é analisar qual a porcentagem de sombreamento dos blocos durante os três horários determinados, e discutir como estes dados impacto no uso de iluminação artificial, principalmente nos ambientes de permanência prolongada.

Na figura 35, os edifícios possuem numerações para facilitar sua identificação e servir como referência no decorrer do estudo dos gráficos e tabelas. São números de caráter meramente ilustrativos, e se inicia no canto Sul–Oeste da implantação, seguindo para o Norte, e subsequentemente, da esquerda para a direita (Oeste–Leste). Será utilizado a nomenclatura “B” para bloco. Outra observação, é que nas representações gráficas da primeira figura de cada condomínio, a orientação cardinal foi indicada textualmente (norte, sul, Oeste e Leste), ao invés do símbolo da rosa dos ventos. Essa abordagem, facilita o entendimento do projeto por um público não familiarizado com a área arquitetônica, tornando-o mais acessível.

Figura 35 – Esquema de identificação dos blocos – Condomínio B



Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

5.2.1 Solstício de Inverno

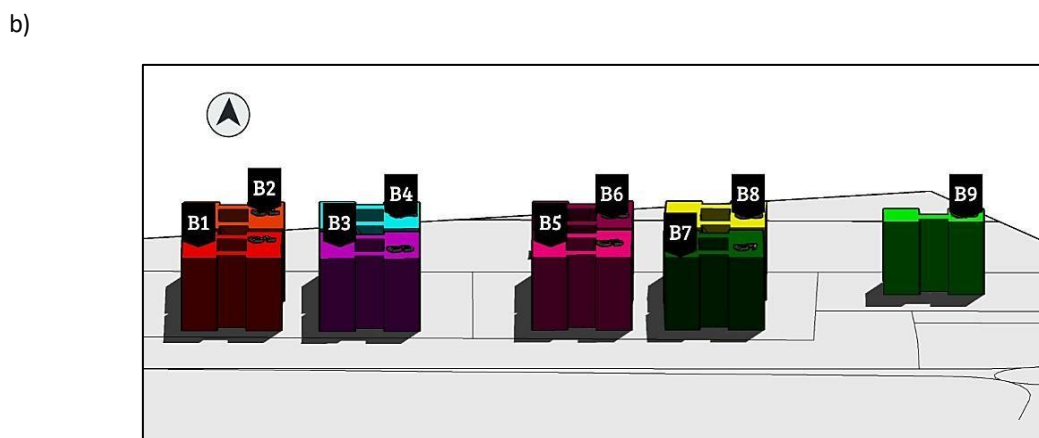
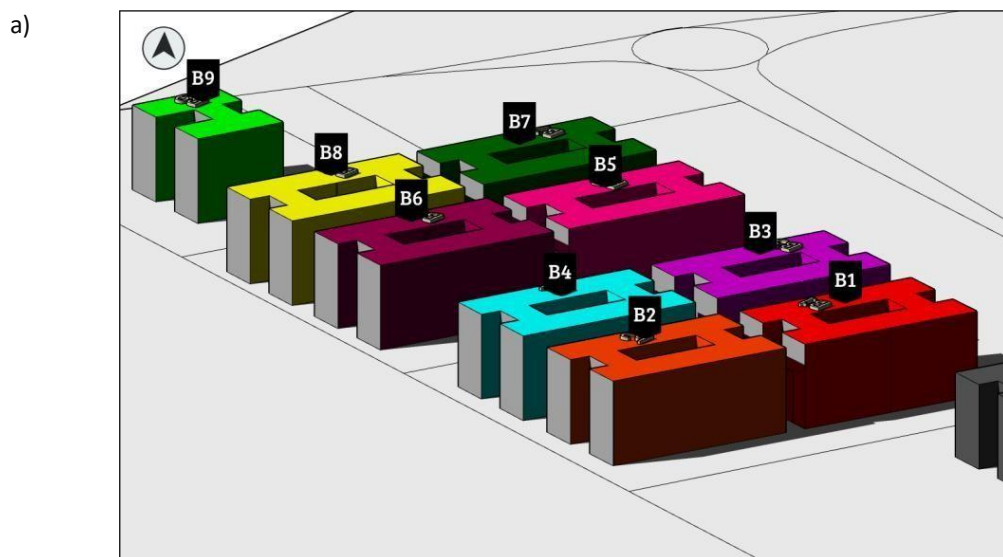
Às 10h (Fig. 36), observa-se uma média geral de sombreamento de 60,3% no conjunto edificado. Nesse horário, o comportamento das fachadas reflete a incidência solar ainda baixa e lateral. As Fachadas Sul e Oeste encontram-se totalmente sombreadas, consequência esperada da posição solar no período matutino, que impede a incidência direta nessas orientações.

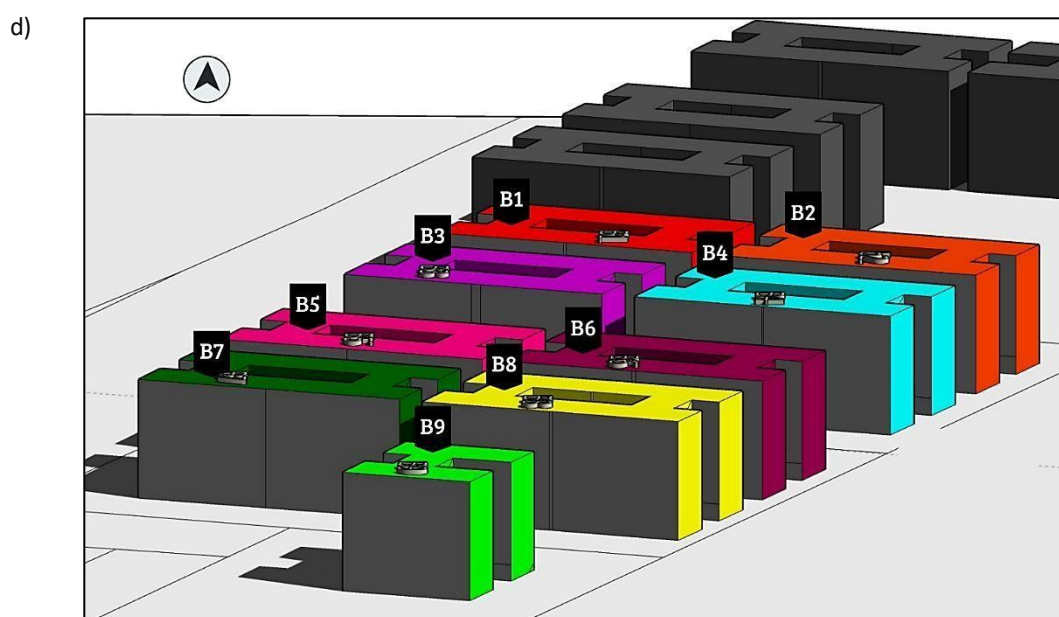
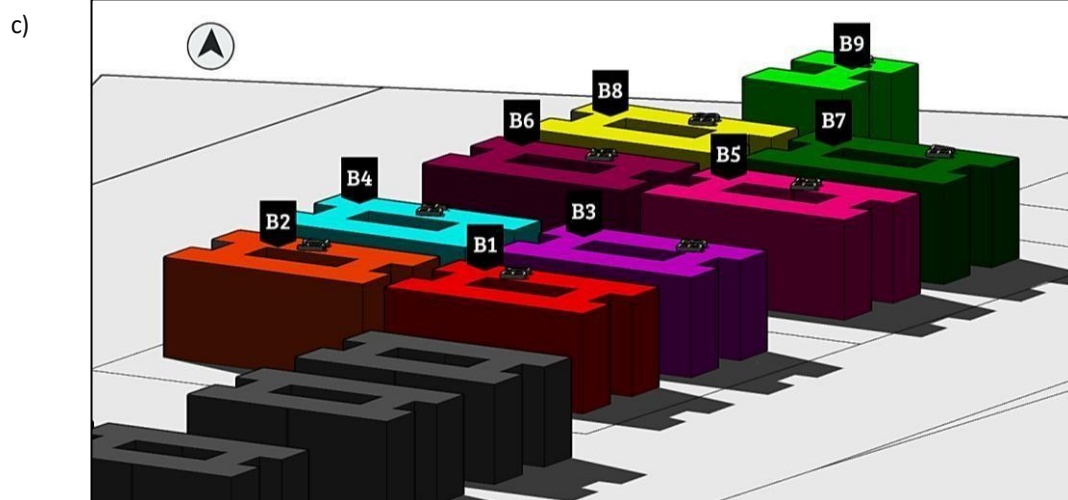
Na fachada Norte, os blocos B2, B4, B6, B8 e B9 apresentam os menores níveis de sombreamento ($\approx 3,2\%$ e 7%), sendo, portanto, as torres com maior acesso solar direto às 10h. Em contraste, os blocos B3 ($57,4\%$), B1 ($64,6\%$), B5 (67%) e B7 ($66,2\%$) apresentam sombreamento elevado nesta orientação — acima de 57% da superfície permanece obstruída, evidenciando forte bloqueio causado pela proximidade volumétrica entre os blocos.

A fachada Leste é a que recebe maior insolação direta, configurando o comportamento típico do período matutino. Mesmo assim, alguns blocos apresentam percentuais de

sombreamento, como B2 (16,6%) e B6 (7,7%), indicando que a presença das torres adjacentes já interfere na entrada de radiação solar, mesmo em sua orientação mais exposta.

Figura 36 – Condomínio B, solstício de Inverno as 10h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste





Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

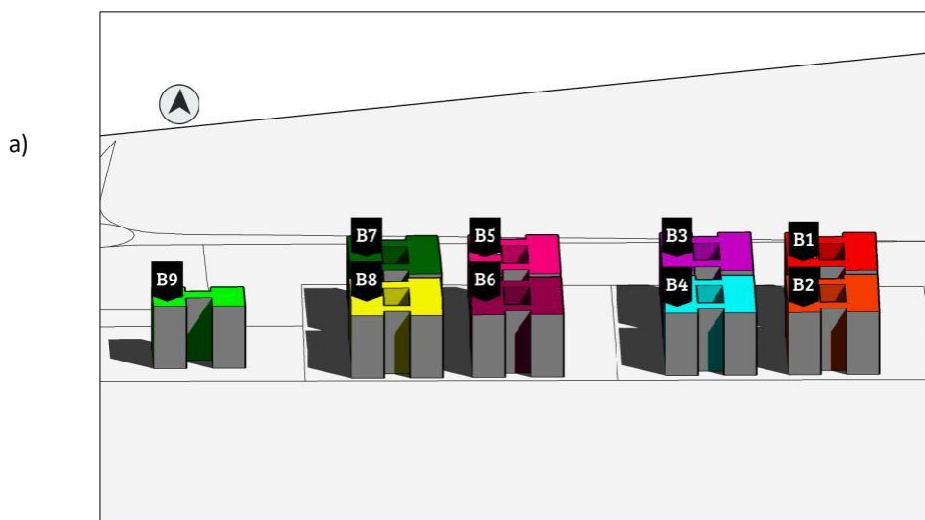
O padrão de sombreamento às 10h no solstício de inverno demonstra que a insolação matutina incide predominantemente sobre as fachadas voltadas a Leste, mas a morfologia do conjunto já provoca bloqueios substanciais, mesmo para essa orientação. As fachadas Norte dos blocos centrais e mais adensados (B1, B3, B5 e B7) permanecem fortemente sombreadas, com valores acima de 57%, indicando que a distância reduzida entre as torres e a geometria em “H” condiciona significativamente a disponibilidade solar. A obstrução total nas fachadas

Sul e Oeste reforça o comportamento esperado para o horário e para o período sazonal de inverno, com o sol em baixa declinação e trajetória deslocada para o quadrante nordeste.

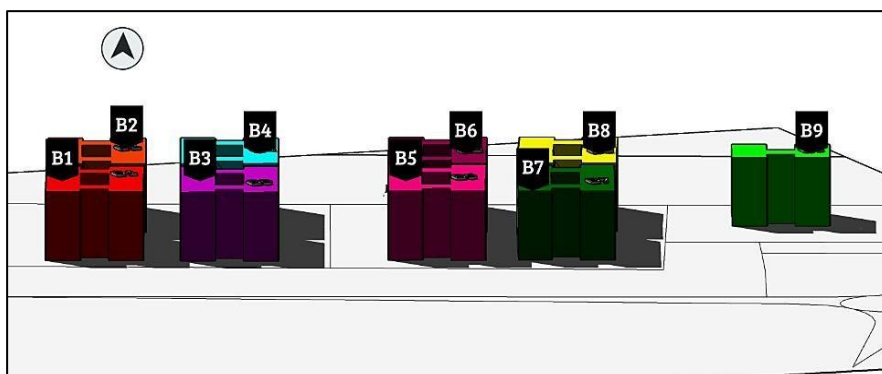
Às 13h (Fig. 37), observa-se um leve aumento na média geral de sombreamento para 61,7% no conjunto analisado. A maior altura solar do período reduz parcialmente o sombreamento em algumas fachadas, enquanto intensifica a obstrução em outras, conforme a orientação e a profundidade dos cânions urbanos formados entre os blocos.

As fachadas Sul e Leste ficam totalmente sombreadas, comportamento esperado devido à posição solar próximo ao norte durante o solstício de inverno. Nas fachadas voltadas para o Norte, observa-se maior heterogeneidade. Os menores valores de sombreamento situam-se em torno de 14–20%, registrados pelos blocos B2, B4, B6, B8 e B9, indicando maior acesso solar nesse horário. Em contraste, os blocos B5 e B7 apresentam os maiores percentuais de sombreamento, superiores a 48%, evidenciando maior obstrução volumétrica e menor disponibilidade de radiação solar direta. Na fachada Oeste, o sombreamento apresenta forte variação, oscilando entre 6,5% em B6 — o bloco mais exposto à radiação — e 35,2% em B7, onde a obstrução pelos blocos adjacentes é mais significativa.

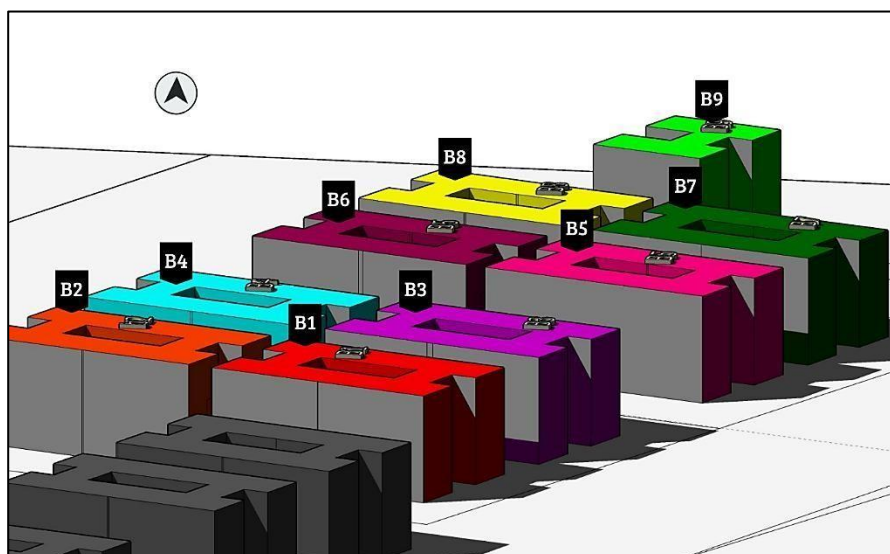
Figura 37 – Condomínio B, solstício de Inverno as 13h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste



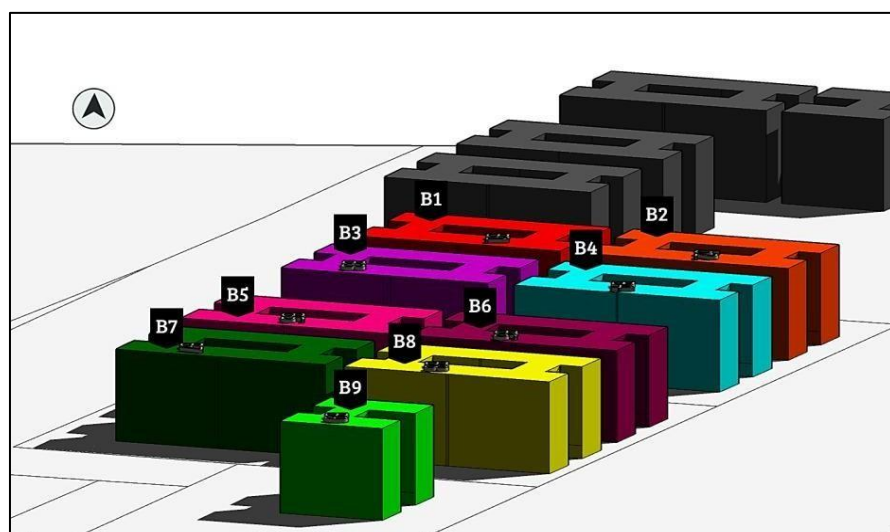
b)



c)



d)



Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

O comportamento às 13h revela, forte domínio da radiação solar nas fachadas voltadas ao Norte, como esperado para o período, porém com grande disparidade entre blocos, condicionada pela disposição e pela profundidade dos recuos laterais. Obstrução total e

consistente nas fachadas Sul e Leste, reforçando o papel da geometria do conjunto na limitação da insolação mesmo durante o pico diário da altura solar. Na fachada Oeste, a variabilidade de sombreamento demonstra que a posição relativa entre os blocos determina o nível de obstrução, destacando condições mais críticas nos blocos centrais, especialmente em B7 e B8.

Às 15h (Fig. 38), observa-se um aumento expressivo na média geral de sombreamento do conjunto, que atinge 69,5%. Esse incremento resulta da combinação entre a diminuição da altura solar e o adensamento volumétrico entre blocos, intensificando o efeito de obstrução lateral e vertical.

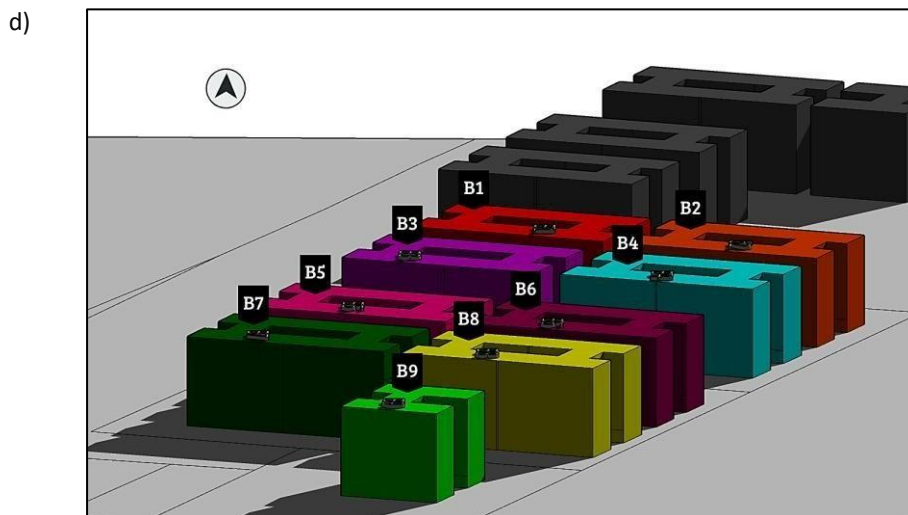
A fachada Norte apresenta o comportamento mais heterogêneo entre todas as orientações, evidenciando um gradiente acentuado de sombreamento entre os blocos. Os menores valores são registrados nos blocos B2, B4, B6, B8 e B9 em torno de 25%, caracterizando elevada exposição solar direta, sobretudo nos pavimentos intermediários e superiores. Em contrapartida, os blocos B3 e B7 apresentam sombreamento acentuado, com valores entre 63% e 67%, tornando-se as edificações mais protegidas nessa fachada. Já os blocos B1 e B5 exibem valores intermediários, variando entre 45% e 47%, com sombreamento concentrado principalmente nos pavimentos inferiores devido à obstrução projetada pelos blocos adjacentes.

Na fachada Oeste, a distribuição de sombreamento reforça a atuação da orientação solar no período vespertino. Os blocos B1, B2, B5 e B6 apresentam baixos níveis de sombra, variando entre 10% e 17%, configurando-se como as unidades mais expostas à radiação solar direta nesse horário. Por outro lado, os blocos B3, B4, B7 e B8 concentram os maiores percentuais de sombreamento, com valores entre 64% e 71%, resultado da combinação entre sua posição no conjunto e a obstrução produzida pelos blocos vizinhos, que reduzem substancialmente a incidência de sol, especialmente nos pavimentos inferiores e intermediários.

As fachadas Sul e Leste permanecem totalmente sombreadas às 15h, comportamento compatível com a geometria solar do solstício de inverno. Assim, ambas as orientações se mantêm protegidas, independentemente das variações entre blocos.

Figura 38 – Condomínio B, solstício de Inverno as 15h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste





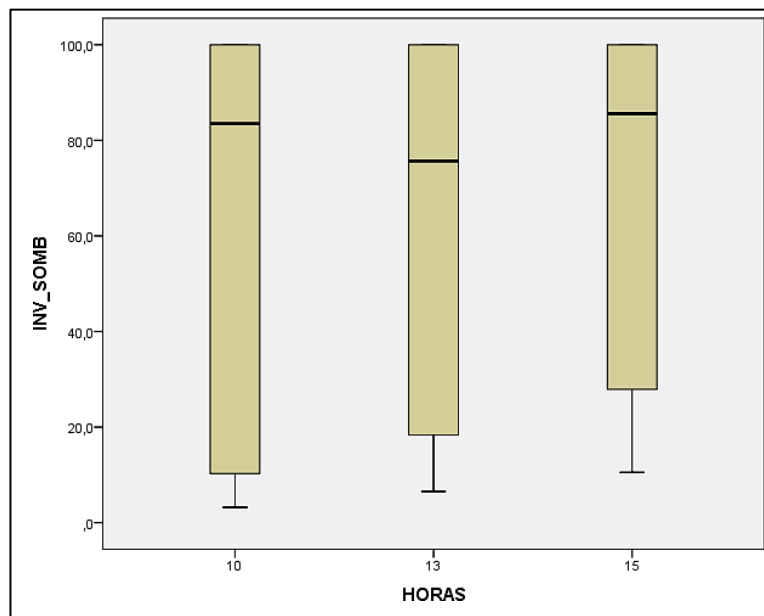
Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

O horário das 15h representa o período com maior contraste entre sombreamento e insolação direta no conjunto. A fachada Norte apresenta grande variabilidade entre blocos, indicando forte influência da profundidade dos cânions urbanos. A fachada Oeste evidencia o papel crítico da orientação no ganho térmico, destacando blocos muito expostos (B1, B2, B5, B6). As fachadas Sul e Leste mantêm padrão de sombra contínua devido à posição solar sazonal.

Portanto, o solstício de inverno revela um conjunto edificado com sombreamento intenso e concentrado nas fachadas Sul, Leste e nos blocos centrais, enquanto a radiação alcança de forma mais consistente as fachadas Norte e Oeste, porém apenas em horários específicos. A evolução temporal do sombreamento demonstra o papel determinante da

orientação solar, altura solar reduzida e morfologia urbana, resultando em grandes contrastes entre blocos e fachadas ao longo do dia (Fig. 39).

Figura 39 – *Boxplot* do solstício de Inverno as 10h, 13h 3 15h no Condomínio B



Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

A análise de normalidade pelo teste de *Shapiro–Wilk* (Fig. 40) confirma que os valores de sombreamento não apresentam distribuição normal em nenhum dos horários avaliados (10h, 13h e 15h), com significância $p \leq 0,000$. A ausência de normalidade reflete a forte variabilidade espacial do sombreamento no conjunto habitacional durante o inverno, intensificada pela disposição irregular dos blocos, diferenças de orientação e efeito de sombreamento mútuo nas quadras internas. A maior distorção ocorre nas fachadas Leste e Oeste, que apresentam maiores contrastes de iluminação no inverno. A variabilidade por bloco confirma que cada torre tem comportamento próprio de obstrução solar, reforçando a influência da morfologia local e das relações de vizinhança.

Figura 40 – Teste de Normalidade de *Shapiro-Wilk* do solstício de Inverno no Condomínio B

Testes de Normalidade						
HORAS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
INV_SOMB 10	,319	36	,000	,721	36	,000
13	,330	36	,000	,748	36	,000
15	,311	36	,000	,780	36	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

A avaliação estatística do sombreamento no solstício de inverno, considerando as quatro orientações de fachada, revela padrões distintos de variação temporal entre 10h, 13h e 15h no Condomínio B. Os resultados do teste de *Kruskal-Wallis* (Fig. 41), complementados pelos pós-hoc ajustados, permitem identificar quais fachadas apresentam diferenças significativas entre os horários e quais mantêm comportamento estável ao longo do dia.

Figura 41 – Teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* por fachada: (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste

a)

b)

Resumo de Teste de Hipótese			
Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1 A distribuição de INV_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,408	Reter a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Resumo de Teste de Hipótese			
Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1 A distribuição de INV_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	1,000	Reter a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Resumo de Teste de Hipótese			
Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1 A distribuição de INV_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
13,000-15,000	-4,333	3,672	-1,180	,238	,714
13,000-10,000	15,667	3,672	4,266	,000	,000
15,000-10,000	11,333	3,672	3,086	,002	,006

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

c)

Resumo de Teste de Hipótese			
	Hipótese nula	Teste	Decisão
1	A distribuição de INV_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	Rejeitar a hipótese nula.
		Sig. ,000	

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
10,000-13,000	-13,500	3,140	-4,299	,000	,000
10,000-15,000	-13,500	3,140	-4,299	,000	,000
13,000-15,000	,000	3,140	,000	1,000	1,000

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

d)

Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Nas análises *pós-hoc*, a fachada Oeste apresentou diferenças entre 10h e 13h ($p=0,000$) e entre 13h e 15h ($p=0,006$), esse comportamento evidencia a entrada progressiva do sol no período da tarde, quando a orientação Oeste passa de baixíssima insolação no final da manhã para maior exposição no início da tarde e redução posterior após 15h. É a fachada com maior variação diária no inverno, comportamento coerente com a trajetória solar inclinada para o Norte–Oeste. A fachada Leste apresentou diferenças entre 10h e 13h ($p=0,000$) e entre 10h e 15h ($p=0,000$), esses achados refletem a forte incidência solar matutina típica da fachada Leste durante o inverno. O sombreamento tende a ser menor no início da manhã e aumenta conforme o sol se desloca para o Norte–Oeste ao longo do dia, reduzindo a insolação direta sobre essa orientação.

Já as fachadas Norte ($p = 0,408$) e Sul ($p = 1,000$) não apresentaram diferenças entre os horários, indicando estabilidade nas distribuições de sombreamento ao longo do dia.

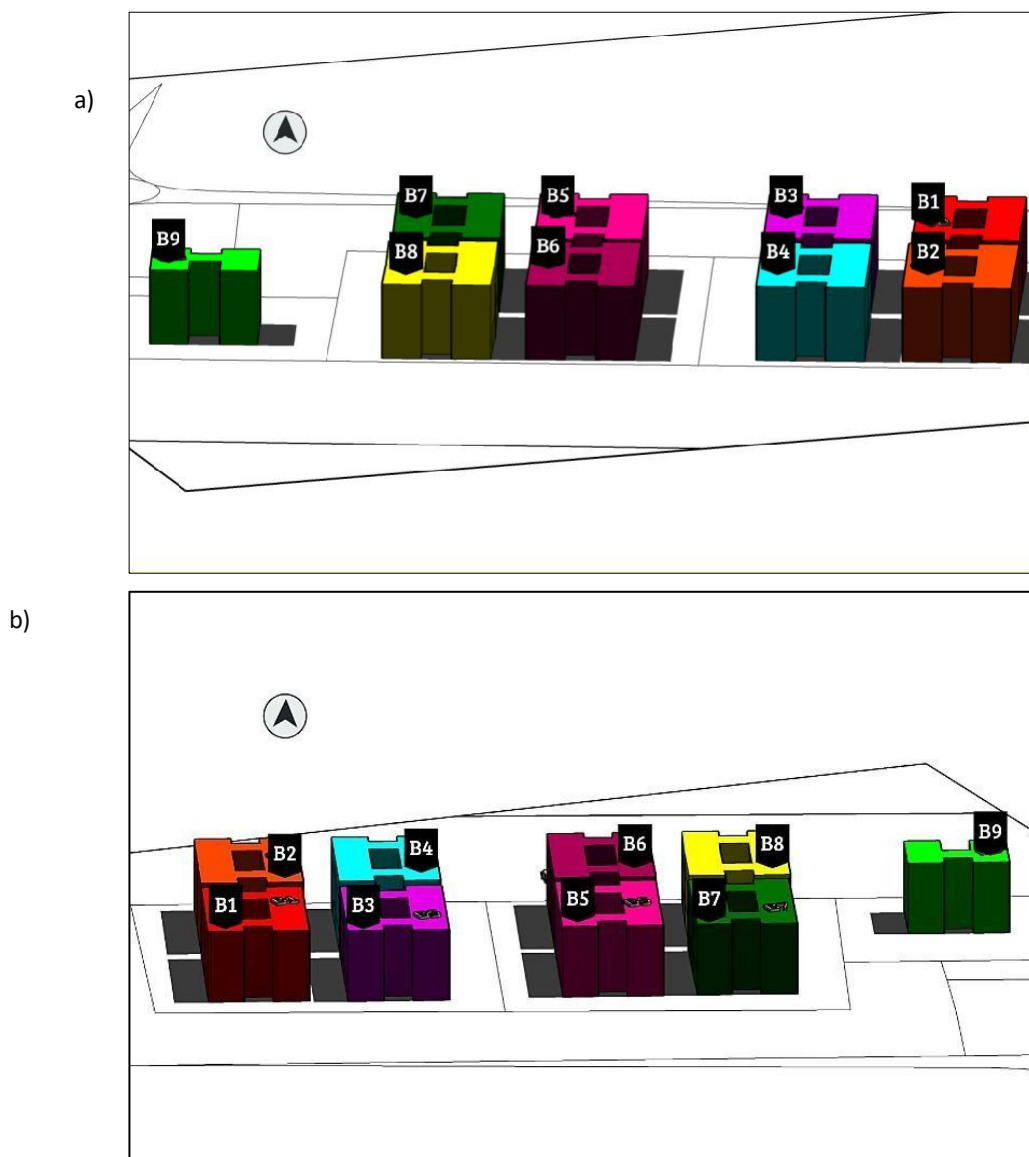
5.2.2 Solstício de Verão

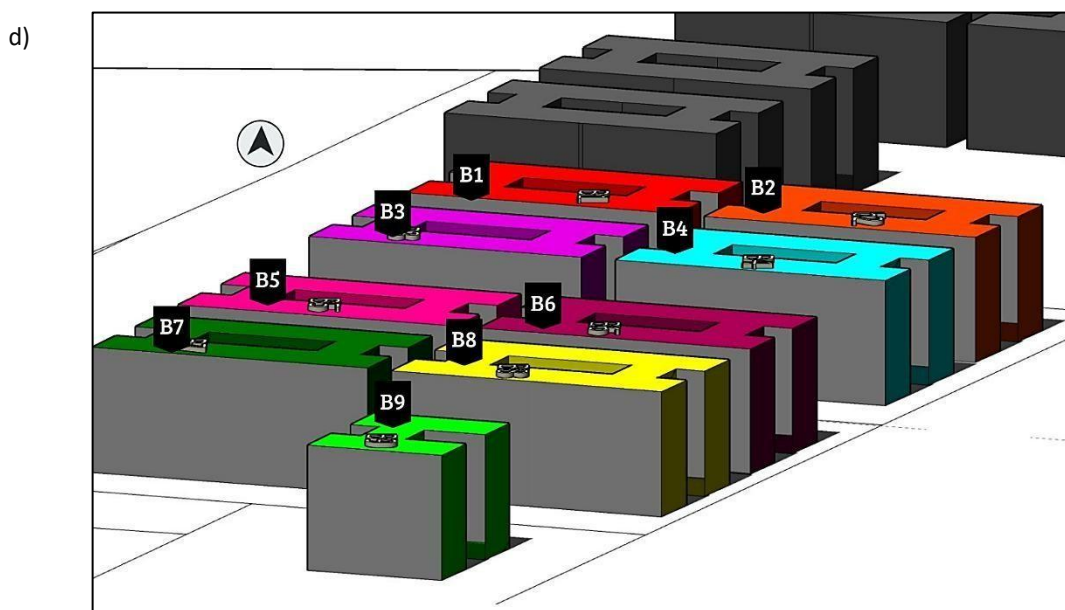
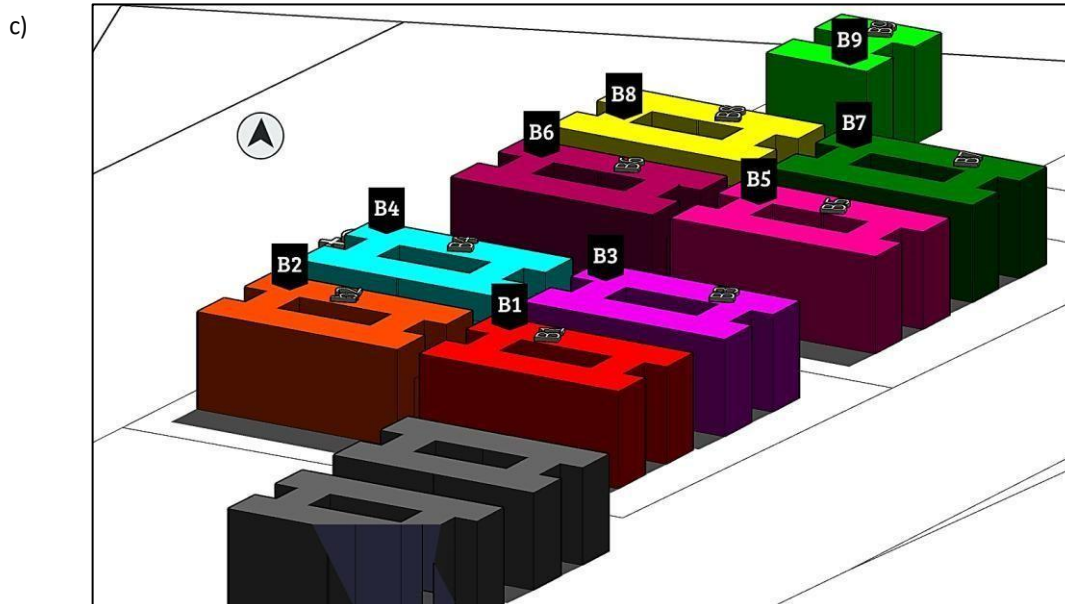
Às 10h (Fig. 42), quando o sol incide predominantemente a Leste–Nordeste, o conjunto apresenta uma média geral de sombreamento de 75,7%, indicando elevada obstrução solar no período matutino. De acordo com os dados, as fachadas Norte, Sul e Oeste permanecem integralmente sombreadas, devido à obstrução pelos blocos adjacentes, resultado da combinação entre a orientação solar e o adensamento volumétrico das torres.

Em contraste, a fachada Leste é a única que recebe insolação direta significativa nesse horário, sendo também a que apresenta os menores valores de sombreamento, variando apenas entre 1,2% e 6,3%. Essa baixa obstrução caracteriza uma distribuição bastante homogênea entre os blocos voltados para essa orientação. Os blocos com maior exposição

solar direta pela manhã são B5 (1,2%) e B7 (1,6%), seguidos por valores igualmente baixos nos demais edifícios voltados para o Leste, reforçando a forte dominância da radiação matutina sobre essa fachada.

Figura 42 – Condomínio B, solstício de Verão as 10h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste





Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

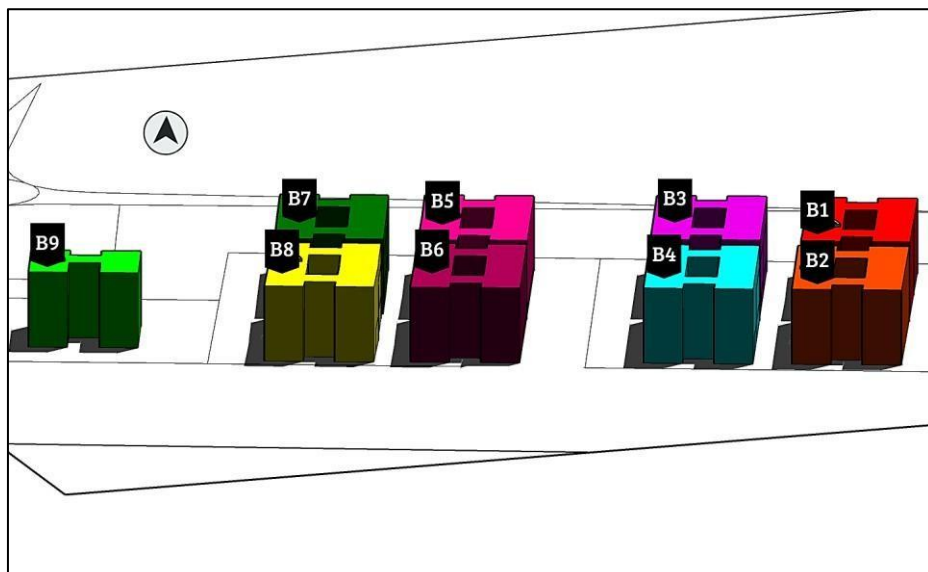
Às 13h (Fig. 43), registra-se uma média geral de sombreamento de 53,7%, indicando redução expressiva da obstrução solar em comparação ao período da manhã. Nesse horário, o movimento aparente do sol resulta em sombras totais sobre as fachadas Norte e Leste, sendo a orientação a Leste deixa de receber radiação direta no início da tarde.

Nas fachadas voltadas ao Sul, os valores de sombreamento são mais homogêneos. A maioria dos blocos apresenta baixa obstrução, com percentuais entre 8,4% e 10,1%, evidenciando forte incidência solar direta. Por outro lado, os blocos B8 (14,1%) e B6 (18,6%) registram as maiores porcentagens de sombra nessa orientação, associadas ao sombreamento mútuo entre torres mais próximas.

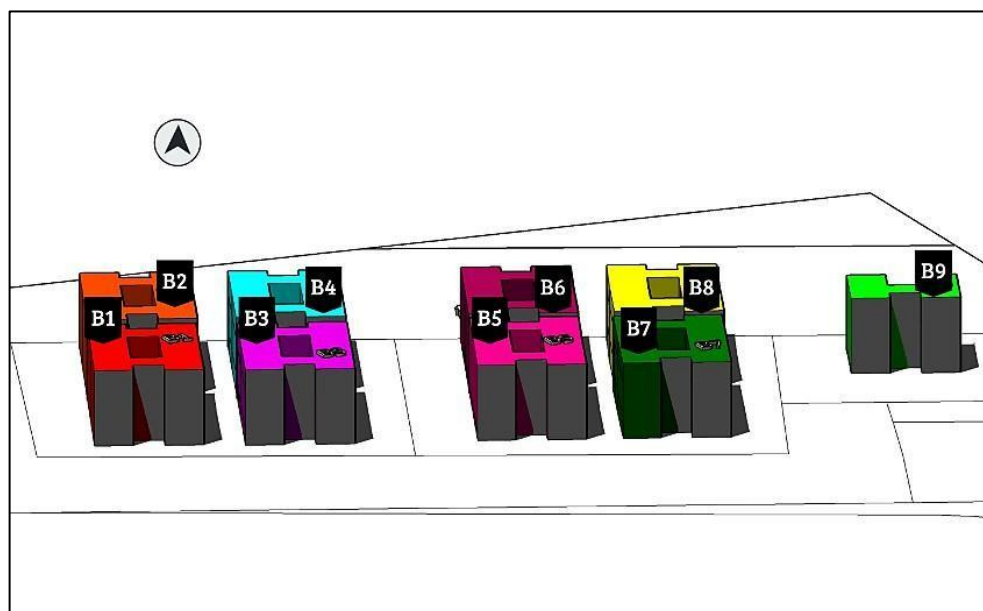
Nas fachadas Oeste, observa-se ainda maior exposição solar em relação ao que ocorre no Sul, uma vez que o sol já se desloca em direção ao quadrante oeste. Os percentuais variam entre 2,4% e 6,7%, destacando especialmente os blocos B5 e B9, que são os mais representativos.

Figura 43 – Condomínio B, solstício de Verão as 13h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste

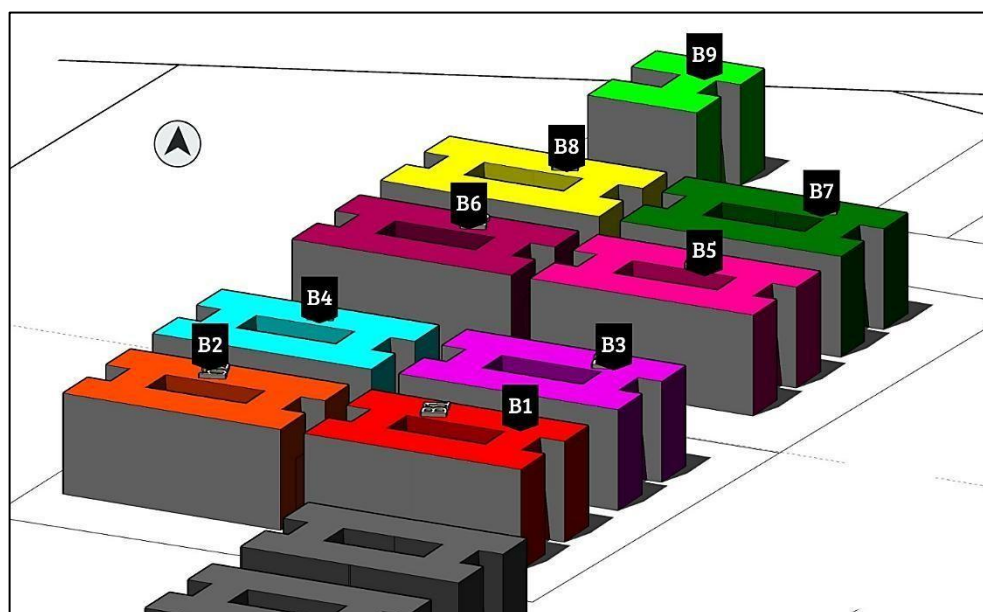
a)

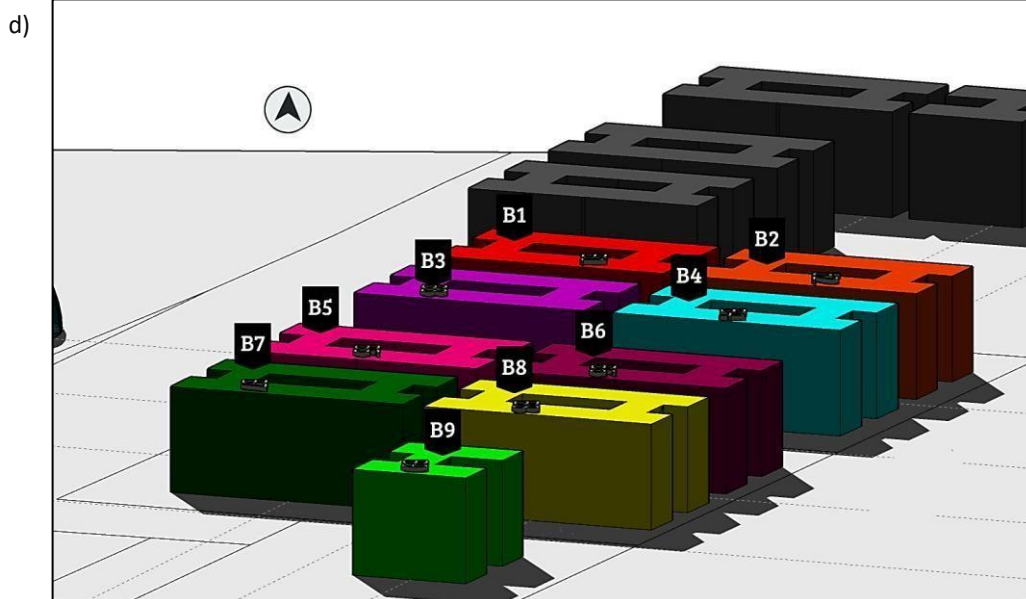


b)



c)





Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

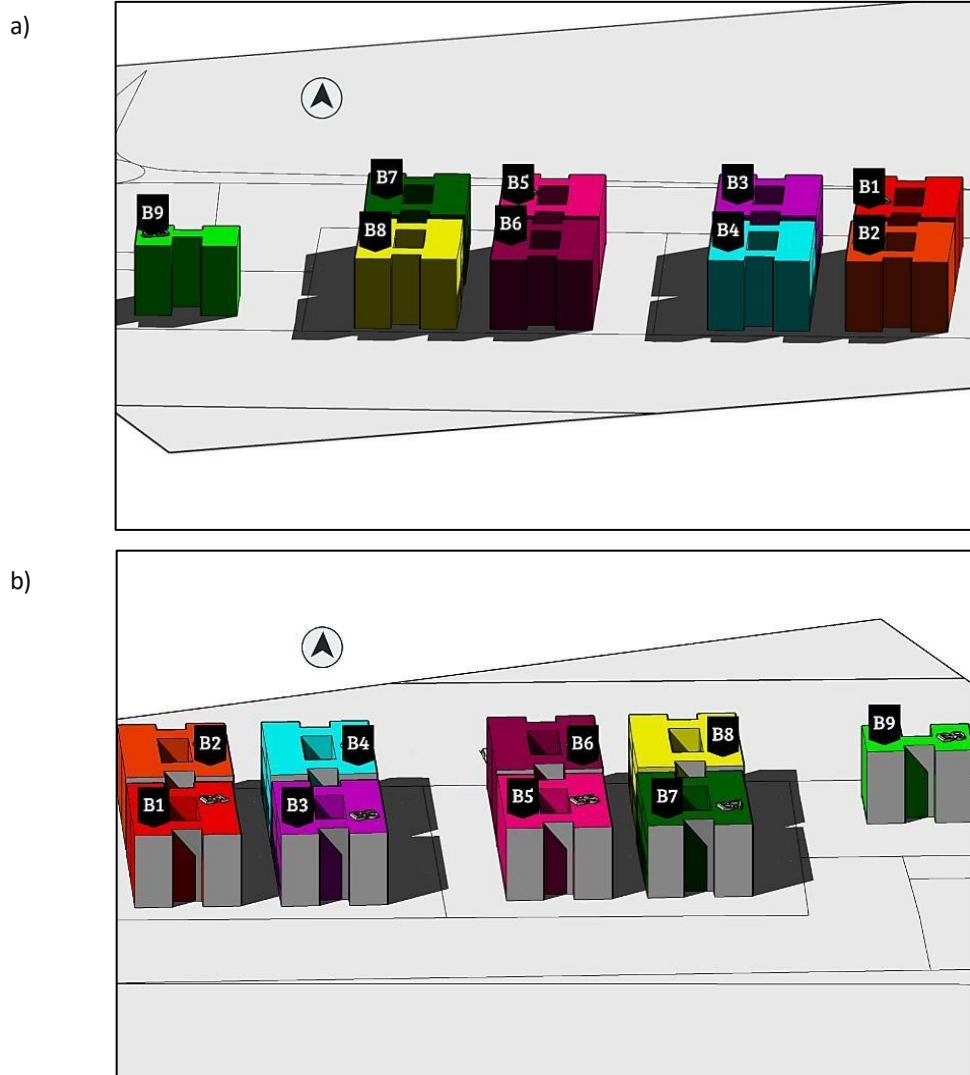
Às 15h (Fig. 44), observa-se um aumento na média geral de sombreamento, que chega a 63,7%, revertendo parcialmente a redução registrada às 13h e indicando maior obstrução solar no período da tarde. Nesse horário, devido ao deslocamento do sol para o quadrante Oeste-Noroeste, as fachadas Norte e Leste voltam a permanecer totalmente sombreadas, deixando de receber incidência direta de radiação.

Nas fachadas voltadas para o Sul, as porcentagens de sombreamento tornam-se mais heterogêneas, refletindo as diferenças de afastamento e profundidade entre os blocos. Os blocos B1, B3, B5, B7 e B9 apresentam baixos níveis de sombra, variando entre 18,2% e 19,7%, o que indica elevada exposição solar direta no período vespertino. Em contraste, os blocos B2, B4, B6 e B8 registram os maiores percentuais de sombreamento, entre 41,8% e 53,2%, consequência do sombreamento gerado por torres adjacentes mais próximas e de maior influência volumétrica.

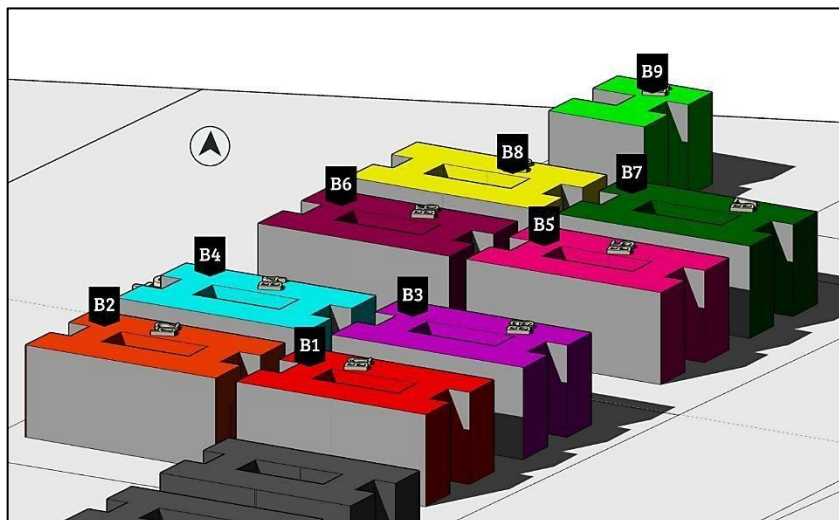
Nas fachadas Oeste, observa-se menor variabilidade nos valores de sombreamento, oscilando entre 7,2% e 46,6%. Os maiores valores ocorrem nos blocos B4 (42,5%) e B8 (46,6%), indicando significativa obstrução solar causada pelo alinhamento das edificações neste quadrante. Em sentido oposto, os blocos B5 (5%) e B1 (7,2%) apresentam as menores taxas

de sombreamento, configurando-se como aqueles com maior exposição solar direta na orientação Oeste durante a tarde.

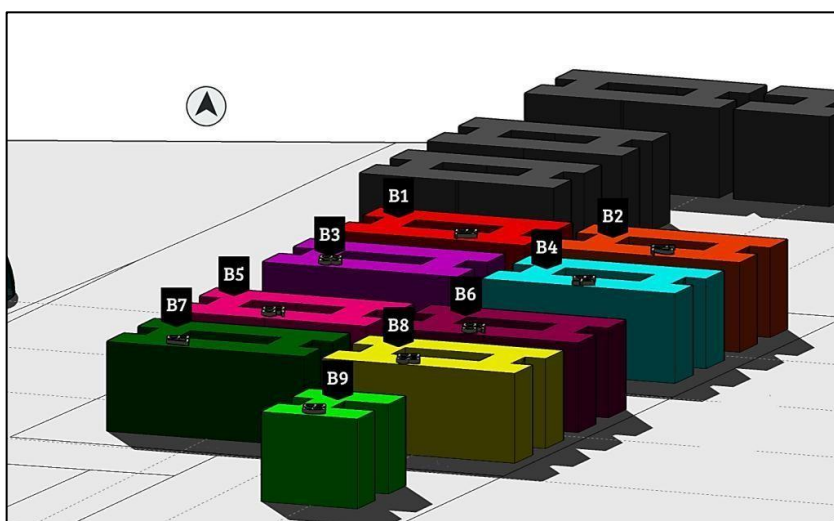
Figura 44 – Condomínio B, solstício de Verão as 15h nas (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste



c)



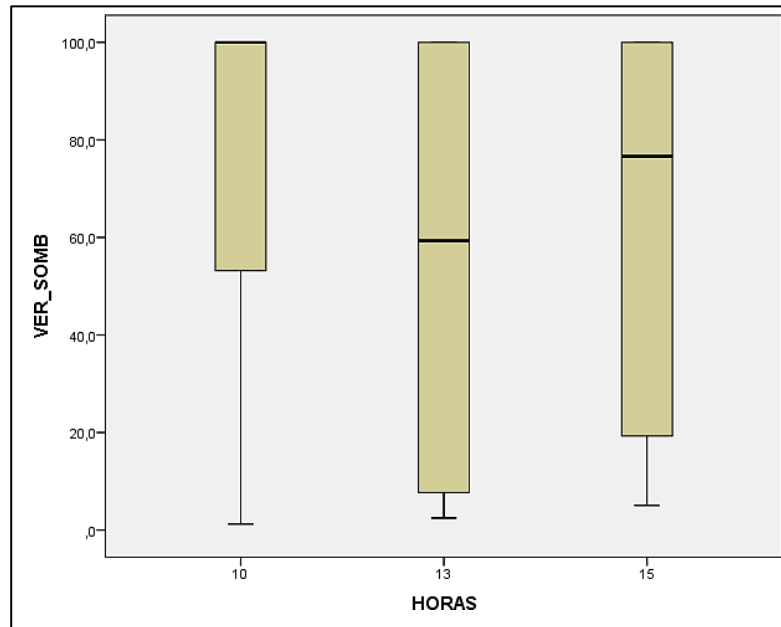
d)



Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

A análise do sombreamento no solstício de verão no Condomínio B revela forte influência da orientação solar e da morfologia do conjunto na distribuição da radiação incidente ao longo do dia. Às 10h, observa-se a maior obstrução (75,7%), com fachadas Norte, Sul e Oeste totalmente sombreadas e a fachada Leste quase integralmente exposta. Às 13h, quando o sol se aproxima do zênite, ocorre a menor média de sombreamento (53,7%), concentrando a incidência solar sobre as fachadas Sul e Oeste. Já às 15h, a média aumenta para 63,7%, restabelecendo sombra total nas fachadas Norte e Leste e ampliando a heterogeneidade nas fachadas Sul e Oeste (Fig. 45).

Figura 45 – *Boxplot* do solstício de Verão as 10h, 13h 3 15h no Condomínio B



Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Os resultados do teste *Shapiro-Wilk* (Fig. 46) demonstram que os valores de sombreamento no solstício de verão não seguem distribuição normal em nenhum dos horários analisados (10h, 13h e 15h), com significância $p \leq 0,000$. Essa não normalidade, evidencia que o adensamento e os afastamentos reduzidos entre torres condicionam significativamente o acesso à insolação, revelando que as diferenças encontradas entre os horários são altamente significativas.

Figura 46 – Teste de Normalidade de *Shapiro-Wilk* do solstício de Inverno no Condomínio B

Testes de Normalidade						
HORAS		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk	
		Estatística	df	Sig.	Estatística	Sig.
VER_SOMB	10	,465	36	,000	,544	,000
	13	,337	36	,000	,670	,000
	15	,327	36	,000	,767	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Os resultados do teste de *Kruskal–Wallis* (Fig. 47) indicam que o comportamento do sombreamento ao longo do dia varia de forma distinta entre as fachadas do conjunto analisado. Nas fachadas Sul, Leste e Oeste, o teste revelou diferenças estatisticamente significativas entre os horários ($p = 0,000$), levando à rejeição da hipótese nula. Isso significa que, nessas orientações, a distribuição do sombreamento muda de forma consistente entre a manhã e à tarde.

Figura 47 – Teste não paramétrico de *Kruskal–Wallis* por fachada: (a) fachada Norte, (b) fachada sul, (c) fachada Oeste, (d) fachada leste

a)

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de VER_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	1,000	Retar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

b)

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de VER_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
13,000-15,000	-8,333	3,672	-2,269	,023	,070
13,000-10,000	17,667	3,672	4,811	,000	,000
15,000-10,000	9,333	3,672	2,541	,011	,033

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas.
São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

c)

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de VER_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
13,000-15,000	-8,778	3,672	-2,390	,017	,051
13,000-10,000	17,889	3,672	4,871	,000	,000
15,000-10,000	9,111	3,672	2,481	,013	,039

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas.
São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

d)

Resumo de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de VER_SOMB é a mesma entre as categorias de HORAS.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
10,000-13,000	-13,500	3,140	-4,299	,000	,000
10,000-15,000	-13,500	3,140	-4,299	,000	,000
13,000-15,000	,000	3,140	,000	1,000	1,000

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas.
São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

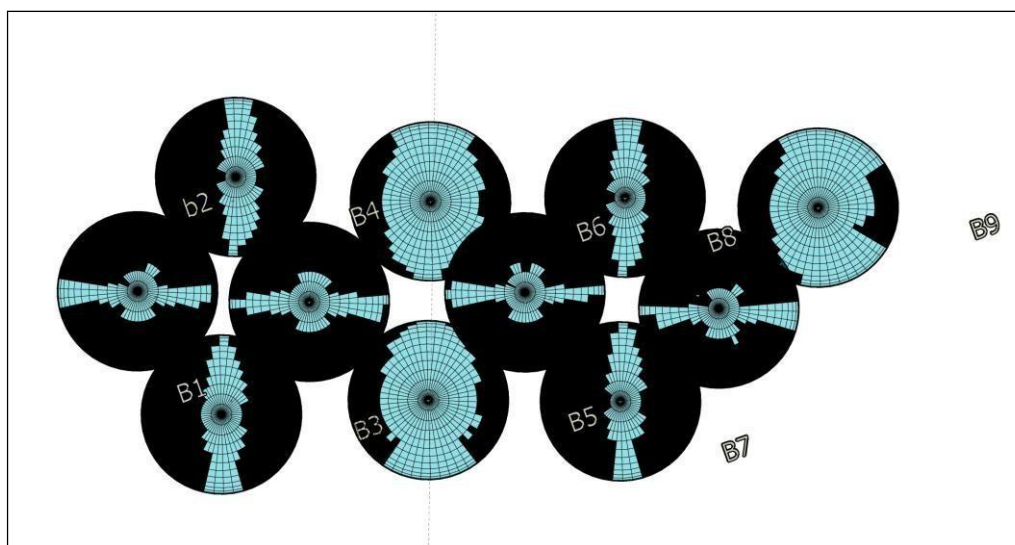
As análises pós-hoc evidenciaram que, nas fachadas Sul, Oeste e Leste as diferenças ocorrem entre 10h e 13h e entre 10h e 15h, isto é, entre o período matutino e vespertino, evidenciando forte influência da trajetória solar na transição manhã e tarde.

Por outro lado, na fachada Norte, o teste apresentou $p = 1,000$, indicando ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os horários avaliados. Assim, a fachada Norte mantém estabilidade na distribuição do sombreamento ao longo do dia, sem variações relevantes entre manhã e tarde.

5.2.3 Fator de Visão de Céu (FVC)

A espacialização do Fator de Visão do Céu (FVC), apresentada na Figura 48, evidencia a variabilidade da obstrução da abóboda celeste entre os diferentes pares de blocos do Condomínio B, a partir da modelagem tridimensional realizada no *SketchUp* com o plugin *Sky View Analysis*.

Figura 48 – Projeção estereográfica do Fator de Visão do Céu (FVC) do Condomínio B

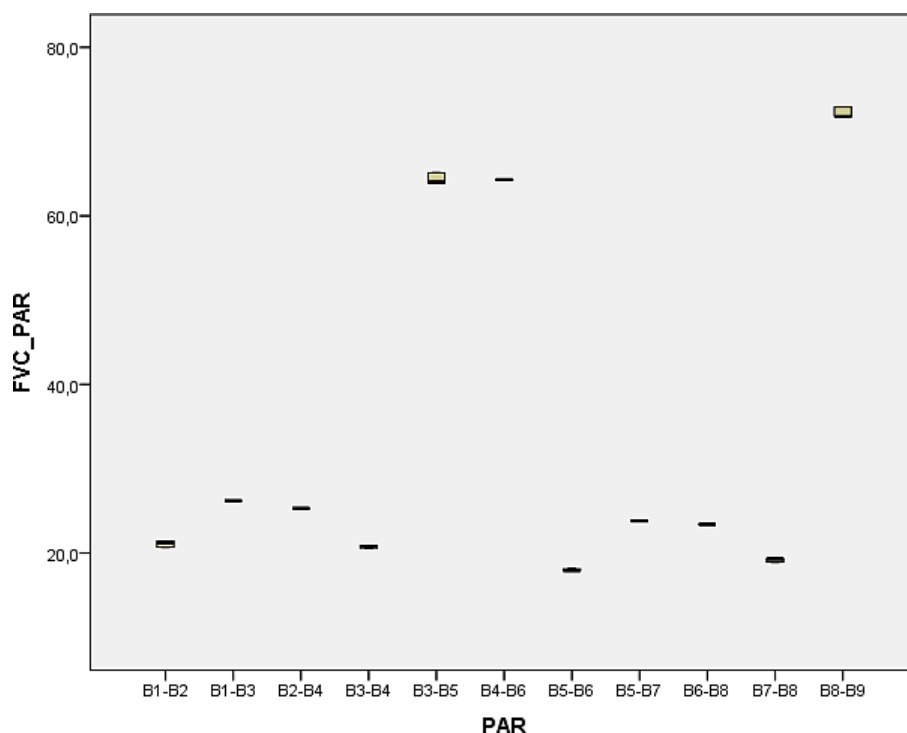


Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Observa-se que os menores valores de FVC (Fig. 49) ocorrem nos pares B5–B6 (17,9), B7–B8 (19,15), B3–B4 (20,7) e B1–B2 (21,1) indicando maior grau de obstrução do céu, associado principalmente à reduzida distância entre as edificações e ao elevado confinamento geométrico desses arranjos. Em contraste, os pares B8–B9 (72,1), B4–B6 e B3–B5 (64,3)

apresentam os maiores valores de FVC, refletindo condições mais favoráveis de abertura do céu, decorrentes do maior afastamento entre os blocos e da menor interferência volumétrica mútua.

Figura 49 – *Boxplot* dos pares de FVC do Condomínio B



Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

A verificação da normalidade dos dados de FVC por meio do teste de normalidade de *Shapiro–Wilk* indicou que os dados não seguem uma distribuição normal (*sig.* = 0,000) para os pares de blocos analisados, condição que justificou a adoção de procedimentos estatísticos não paramétricos. Ressalta-se que houve constâncias observadas nos seguintes pares B1–B3, B2–B4, B5–B7 e B6–B8, o que não compromete a validade do teste nem a interpretação global dos resultados (Fig. 50).

Figura 50 – Teste de Normalidade de *Shapiro–Wilk* do FVC entre os blocos no Condomínio B

Testes de Normalidade^{b,c,d,e}

PAR		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
FVC_PAR	B1-B2	,297	24	,000	,751	24	,000
	B3-B4	,270	24	,000	,769	24	,000
	B3-B5	,387	24	,000	,618	24	,000
	B4-B6	,422	24	,000	,598	24	,000
	B5-B6	,422	24	,000	,598	24	,000
	B7-B8	,422	24	,000	,598	24	,000
	B8-B9	,422	24	,000	,598	24	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

b. FVC_PAR é constante quando PAR = B1-B3. Foi omitida.

c. FVC_PAR é constante quando PAR = B2-B4. Foi omitida.

d. FVC_PAR é constante quando PAR = B5-B7. Foi omitida.

e. FVC_PAR é constante quando PAR = B6-B8. Foi omitida.

Fonte: Elaborado pela Autora. 2025.

Após a verificação da não normalidade dos dados, procedeu-se à aplicação do teste não paramétrico de *Kruskal–Wallis* para avaliar as diferenças do Fator de Visão de Céu (FVC) entre os pares de blocos (Fig. 51a). Os resultados indicaram a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as categorias analisadas ($p= 0,000$), evidenciando variações relevantes do FVC associadas à configuração espacial entre os blocos, isto é, a rejeição da hipótese nula confirma que a distribuição do FVC não é homogênea entre os pares de blocos, refletindo diferenças morfológicas relacionadas à profundidade dos cânions urbanos.

Figura 51 – a) Teste não paramétrico de *Kruskal–Wallis* do FVC entre os blocos no Condomínio B e (b) análise pós–Hoc.

a)

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de FVC_PAR é a mesma entre as categorias de PAR.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

b)

Cada nó mostra a posição média de amostra de PAR.

Amostra1	Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
B5-B6-B7-B8		-24,000	21,993	-1,091	,275	1,000
B5-B6-B3-B4		53,333	21,993	2,425	,015	,842
B5-B6-B1-B2		66,667	21,993	3,031	,002	,134
B5-B6-B6-B8		-96,000	21,993	-4,365	,000	,001
B5-B6-B5-B7		-120,000	21,993	-5,456	,000	,000
B5-B6-B2-B4		144,000	21,993	6,547	,000	,000
B5-B6-B1-B3		168,000	21,993	7,639	,000	,000
B5-B6-B3-B5		200,167	21,993	9,101	,000	,000
B5-B6-B4-B6		207,833	21,993	9,450	,000	,000
B5-B6-B8-B9		-240,000	21,993	-10,912	,000	,000
B7-B8-B3-B4		29,333	21,993	1,334	,182	1,000
B7-B8-B1-B2		42,667	21,993	1,940	,052	1,000
B7-B8-B6-B8		72,000	21,993	3,274	,001	,058
B7-B8-B5-B7		96,000	21,993	4,365	,000	,001
B7-B8-B2-B4		120,000	21,993	5,456	,000	,000
B7-B8-B1-B3		144,000	21,993	6,547	,000	,000
B7-B8-B3-B5		176,167	21,993	8,010	,000	,000
B7-B8-B4-B6		183,833	21,993	8,369	,000	,000
B7-B8-B8-B9		-216,000	21,993	-9,821	,000	,000
B3-B4-B1-B2		13,333	21,993	,606	,544	1,000
B3-B4-B6-B8		-42,667	21,993	-1,940	,052	1,000
B3-B4-B5-B7		-66,667	21,993	-3,031	,002	,134
B3-B4-B2-B4		90,667	21,993	4,122	,000	,002
B3-B4-B1-B3		114,667	21,993	5,214	,000	,000
B3-B4-B3-B5		-146,833	21,993	-6,676	,000	,000

B3-B4-B4-B6	-154,500	21,993	-7,025	,000	,000
B3-B4-B8-B9	-186,667	21,993	-8,487	,000	,000
B1-B2-B6-B8	-29,333	21,993	-1,334	,182	1,000
B1-B2-B5-B7	-53,333	21,993	-2,425	,015	,842
B1-B2-B2-B4	-77,333	21,993	-3,516	,000	,024
B1-B2-B1-B3	-101,333	21,993	-4,607	,000	,000
B1-B2-B3-B5	-133,500	21,993	-6,070	,000	,000
B1-B2-B4-B6	-141,167	21,993	-6,419	,000	,000
B1-B2-B8-B9	-173,333	21,993	-7,881	,000	,000
B6-B8-B5-B7	24,000	21,993	1,091	,275	1,000
B6-B8-B2-B4	48,000	21,993	2,182	,029	1,000
B6-B8-B1-B3	72,000	21,993	3,274	,001	,058
B6-B8-B3-B5	104,167	21,993	4,736	,000	,000
B6-B8-B4-B6	111,833	21,993	5,085	,000	,000
B6-B8-B8-B9	-144,000	21,993	-6,547	,000	,000
B5-B7-B2-B4	24,000	21,993	1,091	,275	1,000
B5-B7-B1-B3	48,000	21,993	2,182	,029	1,000
B5-B7-B3-B5	80,167	21,993	3,645	,000	,015
B5-B7-B4-B6	87,833	21,993	3,994	,000	,004
B5-B7-B8-B9	-120,000	21,993	-5,456	,000	,000
B2-B4-B1-B3	24,000	21,993	1,091	,275	1,000
B2-B4-B3-B5	-56,167	21,993	-2,554	,011	,586
B2-B4-B4-B6	-63,833	21,993	-2,902	,004	,204
B2-B4-B8-B9	-96,000	21,993	-4,365	,000	,001
B1-B3-B3-B5	-32,167	21,993	-1,463	,144	1,000
B1-B3-B4-B6	-39,833	21,993	-1,811	,070	1,000
B1-B3-B8-B9	-72,000	21,993	-3,274	,001	,058
B3-B5-B4-B6	-7,667	21,993	-,349	,727	1,000
B3-B5-B8-B9	-39,833	21,993	-1,811	,070	1,000
B4-B6-B8-B9	-32,167	21,993	-1,463	,144	1,000

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

A análise das comparações múltiplas (teste *pós-hoc*, com correção para significância ajustada) permite identificar, de forma consistente, os pares de blocos que apresentam diferenças estatisticamente significativas nos valores do Fator de Visão de Céu (FVC), bem como aqueles que exibem comportamentos semelhantes, indicando condições morfológicas equivalentes quanto à abertura do céu (Fig. 51b).

Os resultados evidenciam que uma parcela expressiva das comparações apresentou diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$), revelando elevada heterogeneidade

espacial no conjunto analisado. Destacam-se, sobretudo, as comparações envolvendo os pares B5–B6, B7–B8, B3–B4 e B1–B2, que diferem significativamente da maioria dos demais pares. Esses contrastes indicam que tais arranjos possuem configurações geométricas particulares, caracterizadas por distintos níveis de afastamento entre edificações, profundidade dos cânions urbanos e relações entre altura e largura dos espaços interblocos, fatores que condicionam de maneira decisiva a obstrução do céu e, conseqüentemente, os valores de FVC.

Por outro lado, um conjunto menor de comparações não apresentou diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$), sugerindo padrões semelhantes de FVC entre determinados pares de blocos. Esses casos indicam configurações espaciais com graus equivalentes de confinamento geométrico e abertura do céu, eles formam cânions urbanos com profundidade e abertura semelhantes, resultando em valores próximos de FVC e, portanto, comportamento ambiental equivalente. A existência desses grupos homogêneos reforça que não apenas a altura das edificações, mas sobretudo o arranjo volumétrico e o espaçamento entre os blocos, desempenham papel central na definição do FVC.

De forma integrada, os resultados do teste pós-hoc corroboram os achados do teste de *Kruskal–Wallis*, ao confirmar que a distribuição do FVC não é homogênea no conjunto edificado do Condomínio B. As diferenças observadas refletem diretamente a diversidade morfológica do empreendimento, evidenciando que variações na profundidade dos cânions urbanos e no afastamento entre edificações — resultam em contrastes significativos na abertura do céu. Esses achados reforçam a relevância do FVC como indicador sensível da morfologia urbana e como ferramenta analítica fundamental para a avaliação do potencial de acesso à radiação solar, à ventilação natural e, de forma indireta, às condições de conforto ambiental nos espaços construídos.

Considerações Finais

6^a PARTE

6ª Parte - Considerações Finais

As análises desenvolvidas ao longo desta pesquisa evidenciam que o comportamento do sombreamento nos condomínios A e B é fortemente condicionado pela interação entre a trajetória solar sazonal, a orientação das fachadas e a configuração morfológica dos empreendimentos, esta última representada pelos valores do Fator de Visão do Céu (FVC), entendido como indicador da obstrução do céu e da relação espacial entre os blocos edificados.

Observa-se que, embora ambos os conjuntos apresentem padrões associados às orientações cardeais, as fachadas Leste e Oeste destacam-se pela maior variabilidade temporal do sombreamento ao longo do dia, refletindo diretamente o deslocamento aparente do sol entre os períodos matutino e vespertino. Em contrapartida, as fachadas Norte e Sul apresentam comportamentos mais estáveis, condicionados principalmente pela altura solar e pela sazonalidade. Em especial, a fachada Oeste configura-se como a mais sensível no período da tarde, em razão da incidência de radiação solar direta em ângulos mais baixos, resultando em alterações mais expressivas na distribuição do sombreamento ao longo do dia.

De forma integrada, os resultados indicam que cenários de maior exposição à radiação solar tendem a ocorrer em fachadas Oeste no período vespertino, especialmente quando associados a configurações morfológicas caracterizadas por maiores valores de FVC, que expressam maior abertura do céu e menor grau de obstrução entre os blocos. Por outro lado, arranjos caracterizados por baixos valores de FVC, indicativos de menor afastamento entre edificações e maior confinamento geométrico, tendem a apresentar maior predominância de sombreamento ao longo do dia, em decorrência da intensificação das obstruções mútuas entre os volumes edificados.

Nesse contexto, o Fator de Visão do Céu (FVC) configura-se como um parâmetro morfológico relevante para a análise do sombreamento urbano, por sintetizar a relação entre a forma urbana e o grau de obstrução do céu. A variação desse indicador entre os pares de blocos evidencia que decisões projetuais relacionadas ao afastamento entre edificações, à altura dos volumes e à conformação dos cânions urbanos exercem papel determinante na modulação dos padrões de sombreamento, reforçando a importância da morfologia urbana

como elemento estruturante na análise da incidência solar em ambientes urbanos verticalizados.

Inserido no contexto de Cuiabá–MT, cidade que vem passando por um processo acelerado de verticalização e adensamento, este estudo evidencia que a compactação urbana, quando não acompanhada por critérios adequados de implantação, como afastamentos, orientação e proporções entre altura e largura, pode intensificar padrões de sombreamento mais persistentes e modificar a distribuição da radiação solar nos espaços interedificados. Esses resultados indicam a necessidade de conciliar estratégias de adensamento com abordagens de planejamento urbano sensível ao clima, ainda que essa relação não tenha sido diretamente avaliada por meio de variáveis microclimáticas neste estudo.

Entretanto, é fundamental explicitar as limitações da pesquisa. A análise concentrou-se na relação entre morfologia urbana, sombreamento e FVC, não incorporando variáveis ambientais como temperatura do ar, velocidade do vento ou índices de conforto térmico. Dessa forma, embora seja possível identificar a influência da configuração espacial sobre os padrões de sombreamento, não se pode estabelecer, de maneira direta, relações causais com fenômenos mais complexos, como ilhas de calor urbanas ou condições de conforto ambiental.

Diante disso, recomenda-se que pesquisas futuras integrem análises geométricas, como o FVC, a dados ambientais mensuráveis, possibilitando uma abordagem mais abrangente da interação entre forma urbana e microclima. No âmbito do planejamento urbano, os resultados apontam para a importância de incorporar indicadores morfológicos nos instrumentos normativos, de modo a qualificar a verticalização. Assim, conciliar a compactação urbana com o planejamento sensível ao clima não implica restringir o adensamento, mas orientá-lo a partir de critérios morfológicos que considerem a incidência solar como componente estruturante da forma urbana.

Referências

AKBARI, Hashem.; ROSENFELD, Arthur Hinton. Cool buildings and cool communities, In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUILDINGS AND THE ENVIRONMENT, 2, 1997, Paris. **Proceedings**. Paris: CSTB, 1997, v. 2, p. 301–308.

ALVES, Henrique Vitorino Souza. **Urbanização Líquida**: uma interpretação da urbanização contemporânea a partir do pensamento de Zygmunt Bauman. 2020. 173 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) —Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

ALVES, Livia Carolina Almeida Rodrigues; SILVA, Jonathas Magalhães Pereira da. Transformações edilícias e viárias nos municípios de Cuiabá e Várzea Grande: análise morfológica do tecido urbano. **Revista de Morfologia Urbana**, [S. l.], v. 11, n. 1, 2023. DOI: 10.47235/rmu.v11i1.291. Disponível em: <https://revistademorfologiaurbana.org/index.php/rmu/article/view/291>. Acesso em: 09 dez. 2025.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **Ilhas de calor em cidades tropicais médio e pequeno porte**: teoria e prática. 1 Edição. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

AZEVEDO, Doriane; PESSOA, Thaiz Freitas; MASCARENHAS, Felipe Augusto Sodré; *et. al.* Como (não) garantir o direito à cidade: políticas públicas e vazios urbanos em Cuiabá/MT. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 18., 2019, Natal. **Anais [...]**.

Natal: UFRN, 2019. Disponível em: <https://xviiienanpur.anpur.org.br/anais-sts/>. Acesso em: 09 dez. 2025.

BARBOSA, Cláudia Verônica Torres. **Percepção da Iluminação no Espaço da Arquitetura:** preferências humanas em ambientes de trabalho. 2010. 238 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BELO HORIZONTE. Lei nº 9.725, de 15 de julho de 2009. Institui o Código de Edificações do Município de Belo Horizonte e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Belo Horizonte, 16 jul. 2009. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-belo-horizonte-mg>. Acesso em: 9 maio 2025.

BRANDÃO, Rafael Silva. **Acesso ao sol e à luz natural:** avaliação do impacto de novas edificações no desempenho térmico, luminoso e energético do seu entorno. 2004. 156f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. doi:10.11606/D.16.2004.tde-29092023-121254. Acesso em: 12 jun. 2025.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. *Estatuto da Cidade*. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jul. 2001. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 13 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Exposição solar saudável**. Brasília: MS, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br>. Acesso em: 01 maio 2025.

BRASIL. Ministério Das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PNSB**. 1. ed. Brasília, 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. SCHVARSBERG, Benny *et al.* Estudo de Impacto de Vizinhança: Caderno Técnico de Regulamentação e Implementação. Brasília: **Ministério das Cidades**; Universidade de Brasília, 2016. (Coleção Cadernos Técnicos de Regulamentação e Implementação de Instrumentos do Estatuto da Cidade, v. 4)

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeto EE/Cidades**. Brasília: MME, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br>. Acesso em: 16 abril 2025

CAMPOS, Giovana de Almeida Coelho. **Análise da influência do sombreamento causado pelos edifícios na zona central de Curitiba**. 2014. 159f. Dissertação (Área de concentração: Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGECC – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

CAPELUTO, Guedi; YEZIORO, Abraham; BLEIBERG, Tamar; *et. al.* Solar Rights in the Design of Urban Spaces. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 23., 2006, Geneva. **Proceedings...**Geneva: PLEA, 2006.

CASTRO PEREZ, Denis Roberto. **Diretrizes solares para o planejamento urbano: o envelope solar como critério para adensamento e verticalização**. 2013. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

CHAPMAN, Lee. Towards a tree-view factor. Why do urban climatologists dislike trees. **IAUC Newsletter**, v. 25, p. 4–6, 2007.

CUIABÁ (Município). **Perfil Socioeconômico de Cuiabá**: Volume V. Cuiabá: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SMDU, 2011.

CUIABÁ (Mun.). Lei Complementar nº 150, de 29 de janeiro de 2007. Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico de Cuiabá. **Diário Oficial do Município**, Cuiabá, 2007. Atualizada pela Lei Complementar nº 169, de 28 dez. 2007. Disponível em: https://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/lei_do_plano_diretor_2007.pdf. Acesso em: 14 jun. 2025.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal. Lei complementar 389, de 2015. Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano no Município de Cuiabá e dá outras providências. **Diário Oficial Eletrônico do TCE**, Cuiabá, 2015. Disponível em: <https://legislativo.camaracuiaba.mt.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/c3892015.html>. Acesso em: 22 maio 2025.

CUIABÁ. Lei Complementar nº 516, de 13 de dezembro de 2022. Dispõe sobre o Código de Obras e Edificações do Município de Cuiabá e dá outras providências. **Gazeta Municipal.** Cuiabá, 2022. Disponível em: https://www.cuiaba.mt.gov.br/download/2022/lei_complementar5162022.pdf. Acesso em: 22 maio 2025.

DIAS, Maíra Vieira; SCARAZZATO, Paulo Sérgio; MOSCHIM, Edson; *et. al.* Iluminação e saúde humana: estado da arte em dispositivos de medição de luz no nível dos olhos. Pós. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, São Paulo, Brasil, v. 21, n. 36, p. 210–227, 2015. DOI: 10.11606/issn.2317–2762.v21i36p210–227. Disponível em: <https://revistas.usp.br/posfau/article/view/90261>.

FARR, Douglas. **Urbanismo sustentável**: desenho urbano com a natureza / Douglas Farr; tradução: Alexandre Salvaterra. – Porto Alegre: Bookman, 2013. Acesso em: 16 de out. 2024

FERRI, Giovani. **Planejamento Urbano E Desenvolvimento Sustentável**. 1.ed. Belo Horizonte: Fórum, 2023. Disponível em: <https://www.forumconhecimento.com.br/livro/L5651>. Acesso em: 23 jul. 2024.

FIGUEIREDO, Rosamaria Rosan Dias; SUBTIL, Letícia Paredes; TASCA, Bárbara Fernanda; *et al.* Expansão urbana e degradação de nascentes: identificando padrões espaço-temporais de um processo crônico em Cuiabá, MT. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 4, p. 396–406, jul./ago. 2019. DOI: 10.31413/nativa.v7i4.7051

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**: arquitetura, urbanismo. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas / Lisa Gartland; tradução Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

GOIÂNIA. Lei Complementar nº 349, de 04 de março de 2022. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano no Município de Goiânia e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Goiânia, 2022. Disponível em:

https://www.goiania.go.gov.br/html/gabinete_civil/sileg/dados/legis/2022/lc_20220304_000000349.html. Acesso em: 9 maio 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Agência de Notícias**. Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.]. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama urbano de Cuiabá: crescimento populacional e desafios urbanísticos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (BRASIL). **Gráficos climatológicos**. Brasília, DF: INMET, 2023. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos>. Acesso em: 18 mar. 2025.

JURASZEK, Sonjaly Roncato. **Análise do Impacto da Verticalização na Incidência Solar em Área Urbana Central de Curitiba – PR**. 2016. 72 p. Monografia de Especialização em Construções Sustentáveis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

LAI, Bin; FU, Jian Ming; GUO, *et. al.* Street geometry factors influencing outdoor pedestrian thermal comfort in a historic district. **Buildings**, Basel, v. 15, n. 4, 2025. DOI: 10.3390/buildings15040613.

LANDSBERG, Helmut Erich. (1981) **The urban climate**. Academic Press, New York.

LEÃO, Érika Borges. **Recomendações bioclimáticas para habitações de interesse social em Cuiabá/MT: subsídios ao projeto arquitetônico**. 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LEÃO, Marlon. **Desempenho térmico em habitações populares para regiões de clima tropical: estudo de caso em Cuiabá–MT**. 2006. 120 f. / Dissertação (Pós–Graduação em Física e Meio Ambiente) — Universidade Federal de Mato Grosso – 2006.

LITTLEFAIR, Paul; KING, Stephanie; HOWLETT, Gareth; *et. al.* **Site layout planning for daylight and sunlight: a guide to good practice**. 3rd ed. Bracknell: BRE Press, 2022.

LUZ, Emília Garcez da. **Influência da morfologia no microclima de frações urbanas em Cuiabá – MT**. 2020. 128 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Cuiabá, 2020.

MACEDO, Luana Ribeiro. **Cenários de urbanização e seus impactos nas variáveis atmosféricas que contribuem para formação de ilha urbana de calor na Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.14.2021.tde-29032021-114711>.

MASCARÓ, Lúcia. **Ambiência urbana**. 2. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2004.

MATZARAKIS, Andreas; MATUSCHEK, Olaf. Sky view factor as a parameter in applied climatology: rapid estimation by the SkyHelios model. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 20, n.1, p. 039–045, 2011.

MENDES, Flávio Henrique; FILHO, Demóstenes Ferreira da Silva; LOPES, António Manuel Saraiva. Sombra de edifícios como índice de verticalização das cidades. **Revista Hipótese**, Itapetininga, v. 1, n. 1, p.24–34, 2015.

MILITELLI, Fernanda Amorim. **Cidade compacta e zona de estruturação urbana em São Paulo: aproximações e dissonâncias**. 2021. 212 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Insolação**. Biblioteca Virtual em Saúde, mar. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/i/insolacao>. Acesso em: 16 abr. 2025.

MIRANDA, Soneize Auxiliadora de; PAULA, Diana Carolina Jesus; MUSIS, Carlo Ralph De; *et. al.* Análise de proposta alternativa na obtenção do fator de visão de céu por método

fotográfico. **Revista Brasileira de Climatologia**, no 14 – Vol. 23 – JUL/DEZ 2018. ISSN: 2237-8642

NASCIMENTO, Thássia Catherine Costa.; GOMES JÚNIOR, José de Souza; BARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues. Estudo comparativo entre cânions urbanos formados em ruas com diferentes configurações: influência da verticalização para o clima urbano. In: XIII ENCONTRO NACIONAL E IX ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2015, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: ANTAC, 2015. p. 1–10.

NETO, Aristóteles Teobaldo; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. O Sensoriamento Remoto como instrumento para avaliação de Ilha de Calor Superficial em Cuiabá, MT, Brasil. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Santos-SP. 2017.

OLIVEIRA, Eduarda Santos de; NOTARE, Márcia Rodrigues. **SketchUp no desenvolvimento do pensamento geométrico espacial**. RENOTE, Porto Alegre, v. 24, n. 2, p. 630–641, 2026. DOI: 10.22456/1679-1916.153592. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/153592>. Acesso em: 24 mar. 2026.

OKE, Timothy Richard. **Review of urban climatology**, 1968–1973. Geneva: World Meteorological Organization, 1974. (WMO Technical Note, n. 134).

OKE, Timothy Richard. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, n.1, p. 237–254, 1981.

OKE, Timothy Richard. **The energetic basis of the urban heat island**. 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>. Acesso em: 05 maio 2024.

OKE, Timothy Richard. **Boundary layer climates**. 2. ed. London: Routledge, 1987.

OKE, Timothy Richard; MILLS, Gerard; CHRISTEN, A.; *et. al.* **Urban climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. 542p. ISBN 9781107429536

ONU, United Nations. Department of Economic And Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects 2022**: Summary of results. New York: United Nations, 2002. Disponível em: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf. Acesso em: 10 jun. 2024

PACIFICI, Martina; MARINS, Karina Regina de Castro. Análise da disponibilidade solar e cenários evolutivos em áreas urbanas sujeitas à verticalização e ao adensamento. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA, 1., 2017, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2017.

PAULA, Diana Carolina Jesus de; VALIN, Marcos de Oliveira; SANTOS; Flávia de Moura; *et. al.* The effects of urban morphology in a city with a tropical continental climate in the context of heat islands, **Urban Climate**, Volume 61, 2025, 102381, ISSN 2212-0955, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102381>.

PAULA, Diana Carolina Jesus de; SANTOS, Flávia Maria de Moura; SOUZA, Natallia Sanches e; *et. al.* Morfologia urbana e a dinâmica com as zonas climáticas locais em Cuiabá-MT. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 12, n. 86, 2024. DOI: 10.17271/23188472128620245154. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/5154. Acesso em: 10 dez. 2025.

PAKARNSEREE, Rathphum and Takkanon, Pattaranan, Sky View Factor in Urban Climate Studies: Clarification, Methods, and Framework for Future Applications. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5527148> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5527148> Acesso em: 31 mar. 2026.

PIRES, Lilian Regina Gabriel Moreira; SEO, He Nem Kim. Mobilidade urbana e o desafio na região metropolitana. In: PIRES, Lilian Regina Gabriel Moreira; TEWARI, Geeta (Coord.). **5ª Conferência Anual De Direito Urbanístico Internacional & Comparado: Artigos Seleccionados**. Belo Horizonte: Fórum, 2019. Disponível em:

<https://www.forumconhecimento.com.br/livro/L3997/E4151/25645>. Acesso em: 23 jul. 2024.

ROGERS, Richard. **Cities for a small planet. Edited by Philip Gumuchdjian**. London: Faber and Faber, 1997. 160 p. ISBN 978-0-571-17993-0.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Arquitetura do Lugar: uma visão bioclimática da sustentabilidade em Brasília**, 164p., São Paulo: Editora Nova Técnica, 2011.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano** – Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2013.

SABINO, Claudia Vilhena Schayer, LAGE, Ludmila Vieira, NORONHA, César Vinícius de. Variação Sazonal e Temporal da qualidade das águas em um ponto do córrego Gamaleiras usando térmicas quimiométricas robustas. **Eng. Sanitaria Ambiental**. v.22, n.5, p969–983. 2017.

SANTAMOURIS, Matthaios; GEORGAKIS; C. Energy and indoor climate in urban environments: recent trends. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4, 1997, Salvador. **Anais**. Salvador: ENCAC, 1997, p. 15–24.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

SCALCO, Veridiana Atanasio. **Método para a avaliação dos impactos de edificações sobre a iluminação natural e insolação em vizinhanças urbanas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2010.

SHESKIN, David. **Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures**. 5 ed. 1926p. Boca Raton: Chapman & Hall. 2011.

SCHMITT, Ana Clara; RESCH, Sibelly. Adensamento urbano no Brasil e a dimensão espacial (quase) esquecida da sustentabilidade. **Revista EIGEDIN**, v. 5, n. 1, p. 1–15, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/4417/3894>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SILVA, Clérigo Fernandes da. **Energia solar no meio urbano**: análise para diferentes formas urbanas. 2018. 97f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

SILVA, Caio Frederico e. **O conforto térmico de cavidades urbanas: contexto climático do Distrito Federal**. Doutorado – Universidade de Brasília, faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília. 2013.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de.; RODRIGUES, Daniel Souto, MENDES, José Fernando G. (2003) A 3D–GIS extension for sky view factors assessment in urban environment, **Proceedings of the 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management**, 2003, Sendai, Japan, 27–29.

TORMAN, Vanessa Bielefeldt Leotti; COSTER, Rodrigo; RIBOLDI, João. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não paramétricos por simulação. **Revista HCPA**, 2012. p.227–234.

TORRES, Simone Carnaúba. **Forma e conforto**: estratégias para (re)pensar o adensamento construtivo urbano a partir dos parâmetros urbanísticos integrados à abordagem bioclimática. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/22459>. Acesso em: 03 maio 2024.

VIEIRA NETO, José. A urbanização da região Centro–Oeste brasileira. **Espaço em Revista**, Catalão–GO: UFG–CAC, v. 10, n. 1, p. 38–62, jan./dez. 2008. ISSN 1519–7816.