



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS - CCHN
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

GUILHERME COUTO DE ALMEIDA

**TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E CONFORTO TÉRMICO:
IMPLICAÇÕES NAS ESCOLAS PÚBLICAS DE VITÓRIA - ES**

**VITÓRIA - ES
2025**

GUILHERME COUTO DE ALMEIDA

**TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E CONFORTO TÉRMICO:
IMPLICAÇÕES NAS ESCOLAS PÚBLICAS DE VITÓRIA - ES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do grau de licenciando em Geografia.

Orientador: Professor Drº Wesley de Souza Campos Correa

VITÓRIA - ES
2025

GUILHERME COUTO DE ALMEIDA

**TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E CONFORTO TÉRMICO:
IMPLICAÇÕES NAS ESCOLAS PÚBLICAS DE VITÓRIA ESPÍRITO SANTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Geografia do Centro de
Ciências Humanas e Naturais da Universidade
Federal do Espírito Santo como requisito par-
cial para obtenção do grau de licenciando em
Geografia.

Orientador: Professor Drº Wesley de Souza
Campos Correa

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **WESLEY DE SOUZA CAMPOS CORREA**
Data: 25/01/2025 10:37:58-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Wesley de Souza Campos Correa
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO**
Data: 25/01/2025 16:30:41-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

João Lima Sant'Anna Neto
Universidade Federal do Espírito Santo

Edson Soares Fialho
Universidade Federal de Viçosa

Documento assinado digitalmente
 **EDSON SOARES FIALHO**
Data: 25/01/2025 11:41:26-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Tecer agradecimentos sobre a jornada acadêmica que trilhei torna-se redundante, visto que muito do que vivi foi compartilhado durante o percurso com todos que me rodeavam. Nada do que alcancei poderia ter acontecido sem o apoio e o suporte daqueles que estiveram ao meu lado, aos quais serei eternamente grato. Agradeço a Deus por me permitir persistir com saúde durante todo o processo, amparando-me em todos os momentos, inclusive naqueles em que até eu duvidei que conseguiria superar. Agradeço também à minha família, que demonstrou suporte e alegria em todas as escolhas que pude tomar, sempre com amor, de forma singela e pura.

Aos amigos, agradeço o amparo e pelas risadas nos momentos necessários. Acima disso, cabe salientar a importância da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), por me permitir, através de sua vastidão, sentir-me pequeno e, ao mesmo tempo, me forçar a evoluir e seguir cada vez mais adiante. Esse agradecimento se estende, de maneira especial, ao Professor Doutor Wesley de Souza Campos Correa e aos integrantes do grupo de pesquisa que ele coordena. Serei sempre grato por exigir de mim a minha melhor versão, reconhecendo meu potencial e minha capacidade, sem permitir, em momento algum, que eu duvidasse do caminho que trilhei.

Não seria quem sou hoje sem os muitos mestres aos quais tive acesso. Agora, como professor, consigo compreender ainda mais a importância dessa majestosa profissão, que se constitui como base da sociedade, e agradeço a todos que passaram pela minha jornada, ensinando e compartilhando seu conhecimento. Deixo como agradecimento final todos os alunos aos quais tive o prazer de ensinar. Poder compartilhar tudo o que sei e, ao mesmo tempo, aprender novas coisas com cada um ao longo do caminho é o que torna ser professor, talvez, a profissão mais transformadora que existe.

"O território é um produto do poder "
(Claude Raffestin)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar o desconforto térmico das diferentes regiões que abarcam as escolas públicas no município de Vitória – ES no período de 5 de fevereiro de 2023 e 14 de março de 2025, a partir de imagens do satélite Landsat 8. As imagens foram processadas pelo Sistema de Informações Geográficas (SIG), visando a obtenção dos dados em análise (valores de temperatura de superfície, índices de desconforto térmico e temperatura de globo do bulbo úmido aproximada). A priori, foram computados dados referentes ao valor de temperatura de superfície das localidades analisadas, com objetivo de sanar a lacuna fornecida pelo valor de temperatura do ar, necessário para cálculo tanto do desconforto térmico, quanto da temperatura do bulbo úmido em duas datas distintas, um dia de passagem de onda de calor em fevereiro de 2023, e um período de estabilidade atmosférica, março de 2025. Ao comparar ambas as datas com os pontos de áreas escolares, pode-se observar uma não distribuição equalitária quanto aos índices analisados, com maior impacto em locais de intenso adensamento populacional, que corrobora a inserção de materiais impermeáveis, e pouco acesso a áreas arborizadas ou corpos d'água em suas proximidades, que correspondem a locais de pouco planejamento urbano. Com isso, pode-se concluir que o padrão de distribuição do desconforto térmico das escolas públicas do município de Vitória – ES necessita de políticas públicas para um melhor planejamento urbano, propiciando áreas verdes próximas a localidades escolares, assim como o desenvolvimento de elementos de adaptação climática nos ambientes escolares, a fim de reduzir os efeitos das anomalias térmicas.

Palavras-chave: clima urbano, ilha de calor urbana; ondas de calor; Vitória; Espírito Santo; escolas públicas.

ABSTRACT

This study aims to analyze thermal discomfort across different regions of the public schools in the city area of Vitória, Espírito Santo, Brazil, throughout the periods of February 5, 2023, and March 14, 2025, using Landsat 8 satellite imagery. The images were processed using a Geographic Information System (GIS) to obtain the data analyzed (land surface temperature values, thermal discomfort indices, and approximated wet-bulb globe temperature). Initially, land surface temperature data were computed for the analyzed locations to address the gap caused by the lack of air temperature values required to calculate both thermal discomfort and wet-bulb temperature on two distinct dates: a heatwave event in February 2023 and a period of atmospheric stability in March 2025. By comparing both dates with the school-area sample points, an unequal distribution of the analyzed indices was observed, with greater impacts in areas of intense population density, which is associated with the presence of impermeable materials and limited access to tree cover or nearby water bodies. These conditions correspond to areas with poor urban planning. Therefore, it can be concluded that the spatial pattern of thermal discomfort affecting public schools in Vitória requires public policies aimed at improving urban planning, promoting green areas near school locations, and developing climate adaptation elements within school environments to reduce the effects of thermal anomalies.

Keywords: urban climate. urban heat island. heatwaves. wet-bulb temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área em estudo.....	34
Figura 2: Temperatura do ar associada ao sistema atmosférico atuante nos períodos de 03/02/2023 a 07/02/2023 e 12/03/2025 a 16/03/2025.	39
Figura 3: Mapa de temperatura de superfície no dia 05/02/2023.....	41
Figura 4: Mapa de temperatura de superfície no dia 14/03/2025.....	43
Figura 5: Mapa de índice de desconforto térmico para o dia 05/02/2023.....	46
Figura 6: Mapa de índice de desconforto térmico para o dia 14/03/2025.	47
Figura 7: Mapa da temperatura do bulbo úmido do dia 05/02/2023.....	50
Figura 8: Mapa de Temperatura do Bulbo Úmido do dia 14/03/2025.....	52
Figura 9: Aula expositiva sobre questões climáticas.	54
Figura 10: Confecção de plantas da escola em oficina de cartografia	54
Figura 11: Exemplo de planta baixa realizado por aluno/a.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Índice de desconforto térmico segundo Thom (1959).	30
Tabela 2: Temperatura do Bulbo Úmido	31
Tabela 3: Valores de temperatura do ar e temperatura de superfície.	40

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 Conversão do valor digital (DN) para radiância espectral	28
Equação 2 Cálculo da temperatura da superfície (LST):.....	28
Equação 3 Cálculo do índice de Desconforto Térmico (DI).....	29
Equação 4 Cálculo do valor de temperatura aproximada do bulbo úmido	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASAS – Alta Subtropical do Atlântico Sul

AWBGT – Approximate Wet Bulb Temperature (Temperatura de Globo de Bulbo Úmido Aproximada)

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CDD – Consecutive Dry Days (Dias Consecutivos Secos)

CHM – Centro de Hidrografia da Marinha

CMM – Centro Meteorológico Marinho

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DI – Discomfort Index (Índice de Desconforto Térmico)

DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação

DN – Digital Number (Número Digital do Pixel)

ES – Espírito Santo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICU – Ilha de Calor Urbana

ICUs – Ilhas de Calor Urbanas

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas)

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves

LST – Land Surface Temperature (Temperatura da Superfície Terrestre)

ML – multiplicador de Radiância

OLI – Operational Land Imager

PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência

QCAL – Quantized Calibrated Pixel Value (Valor de Pixel Calibrado e Quantizado)

QGIS – Quantum Geographic Information System

RH – Relative Humidity (Umidade Relativa do Ar)

SCU – Sistema Clima Urbano

SIG – Sistema de Informação Geográfica

TIRS – Thermal Infrared Sensor

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

WBGT – Wet Bulb Globe Temperature (Temperatura do Globo do Bulbo Úmido)

WMO – World Meteorological Organization (Organização Meteorológica Mundial)

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.2 JUSTIFICATIVAS	17
2. OBJETIVOS 2.1 OBJETIVO GERAL:	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	19
3. REVISÃO TEÓRICA – CONCEITUAL.....	20
3.1 O SISTEMA CLIMA URBANO	20
3.2 ORGANISMO HUMANO E CONFORTO TÉRMICO.....	22
3.3 CONFORTO TÉRMICO E SUAS IMPLICAÇÕES EM AMBIENTES ESCOLARES	23
3.4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E CONFORTO TÉRMICO	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 ÁREA EM ESTUDO E RECORTE TEMPORAL	25
4.2 DEFININDO UMA ONDA DE CALOR	26
4.3 DINAMICA ATMOSFERICA.....	26
4.4 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE (LAND SURFACE TEMPERATURE – LST)	27
4.5.1 ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO	29
4.6 TEMPERATURA DO BÚLBO ÚMIDO	30
4.7 VALIDAÇÃO DOS PRODUTOS	31
4.8 ÍNDICES SOCIOECONÔMICOS DAS ESCOLAS E CONFORTO TÉRMICO	31
4.9 INSERÇÃO DO MATERIAL DE TRABALHADO NO AMBIENTE ESCOLAR	32
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
5.1 LOCALIZAÇÃO	33
5.2 CARACTERIZACAO SOCIOECONOMICA.....	34
5.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	35
5.4 CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS E GEOMORFOLOGICAS	36

5.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS ESPAÇOS ESCOLARES.....	36
6. RESULTADOS	37
6.1 CONDIÇÕES SINÓTICAS NO PERÍODO ANALISADO E ONDAS DE CALOR .	37
6.2 VALIDAÇÃO DOS PRODUTOS	40
6.3 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE	40
6.4 ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO	45
6.5 TEMPERATURA APROXIMADA GLOBO DO BÚLBO ÚMIDO (AWBGT).....	49
6.6 RESULTADOS DA APLICAÇÃO PRÁTICA NA ESCOLA.....	53
7 CONCLUSAO	57
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. INTRODUÇÃO

O ambiente escolar constitui-se como um espaço fundamental para a transmissão e a produção do conhecimento, sendo historicamente construído conforme as necessidades e objetivos pedagógicos e culturais de cada sociedade (Saviani, 2008).

Na Grécia clássica, o ensino ocorria em espaços abertos, como jardins e ágoras, privilegiando o diálogo e o debate como ferramentas educativas (Marrou, 1975). No Egito Antigo, estruturas especializadas formavam escribas e sacerdotes, consolidando um dos primeiros sistemas educacionais institucionalizados da humanidade (Backes, 1999). Já na China Imperial, as escolas eram adaptadas às demandas regionais, refletindo a diversidade climática e cultural (Ferreira 2017).

No Brasil, entre os povos originários, a educação se estruturava de forma integrada à vida comunitária, ajustando-se às necessidades de aprendizagem de cada grupo. Em situações específicas, como o aprendizado da pesca, os rios funcionavam como espaço educativo (Saviani, 2008). Ainda que houvesse elementos comuns, como a oralidade, cada povo possuía formas próprias de organização e transmissão do conhecimento, mas todos utilizavam espaços destinados à educação (Cunha, 2019). Com a colonização, porém, o sistema educacional sofreu profundas alterações, passando a funcionar majoritariamente em espaços fechados, voltados ao controle, à ordem e ao afastamento do estudante de experiências diretas com o mundo (Rodrigues, Ribeiral; 2023). Nesse processo, aspectos como o conforto térmico dos ambientes escolares não foram considerados.

Os exemplos, ora apresentados, demonstram que o espaço escolar nunca foi estático no tempo e no espaço, mas um reflexo das condições sociais, materiais e condições climáticas de cada período (Lefebvre, 2006). Entretanto, atualmente, novos desafios emergem, especialmente diante do aumento de eventos climáticos extremos e do aumento da temperatura média do planeta (IPCC, 2021), com repercussões diretas sobre o cotidiano humano.

Nesse contexto, os ambientes escolares também passam a enfrentar uma nova realidade imposta pelo aquecimento global e pelas mudanças climáticas. A

falta de infraestrutura adequada afeta todo o corpo estudantil, exigindo adaptações emergenciais à nova conjuntura climática mundial, fator analisado pelo World Bank (2020).

Os ambientes escolares, sobretudo em países de clima tropical, ainda não estão adaptados a esse cenário e podem ser impactados por elevações extremas e abruptas da temperatura. Tal problemática é discutida em diversas obras, como Porras-Salazar *et al.* (2018), onde o autor expõe a maneira pela qual as temperaturas nas salas de aula de locais tropicais excedem os limites do conforto térmico, gerando prejuízos não somente ao processo de aprendizagem dos estudantes, mas também à rotina de trabalho dos profissionais e à funcionalidade geral do sistema educacional. O desconforto térmico pode afetar o bem-estar de todos os integrantes da comunidade escolar, comprometendo suas atividades cotidianas (Ashrafian, 2023).

O problema do desconforto térmico pode ser intensificado nas escolas, sobretudo nas localizadas em grandes centros urbanos, que sofrem com os efeitos das Ilhas de Calor Urbanas (ICU) (Monteiro, 2003). Conforme Oke (1982), as áreas urbanas estão mais expostas a superfícies que absorvem e armazenam calor, além de materiais que refletem radiação, tornando-as mais vulneráveis às altas temperaturas e à manifestação da ICU. Assim, alterações antrópicas como aumento de áreas asfaltadas, adensamento urbano e supressão de vegetação e, conseqüentemente, a ICU podem interferir no desenvolvimento das atividades escolares e no conforto térmico (Jaouaf *et al.*, 2024). Os materiais usados nas construções determinam de forma fundamental a maneira pela qual as edificações vão funcionar, já que os materiais ditam o modo pelo qual a radiação é absorvida e liberada ao longo do dia, o que influencia o modo de vida dos ocupantes de tais localidades e, conseqüentemente, afeta o desenvolvimento de suas atividades ao interferir no conforto térmico de tais ocupantes (Oke, 1987).

Os materiais utilizados também podem apresentar em sua composição menores taxas de absorção e maiores taxas de refletância, o que contribui positivamente para os que usufruem das construções (Santamouris, 2013) e proporciona melhores condições de desenvolvimento com a não interferência pelo desconforto térmico. Assim sendo, torna-se evidente que a escolha de materiais para as edificações voltadas para o âmbito educacional pode representar um

elemento estratégico para mitigação dos efeitos de desconforto térmico, podendo não afetar de forma tão alarmante o desenvolvimento dos estudantes.

Nesse cenário de mudanças climáticas e de ICU, o conceito de conforto térmico torna-se complexo, pois envolve múltiplos fatores ambientais e individuais. Em termos gerais, o conforto térmico pode ser definido como a condição na qual os ocupantes de um espaço não experimentam desconforto devido ao calor ou ao frio (Ashrae, 2017). Trata-se de um elemento essencial para o desempenho cognitivo e para o bem-estar de estudantes e professores (Barrett *et al.*, 2015).

O aumento da fadiga, a queda no rendimento acadêmico e a redução da concentração, ocasionados por temperaturas elevadas e altos níveis de umidade, são objeto de estudo de diversas pesquisas (Haverinen-Shaughnessy, 2015). Em ambientes urbanos, onde a temperatura é intensificada pelas ICU, o problema se agrava, sobretudo em escolas com infraestrutura precária e baixa ventilação natural, realidade ainda recorrente no Brasil (Instituto Alana, 2024). Diante disso, torna-se pertinente discutir o conforto térmico no contexto das escolas públicas de Vitória – ES, inseridas em distintas realidades urbanas e sujeitas aos efeitos combinados da ICU e das mudanças do clima.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Os ambientes escolares a serem analisados estão presentes no município de Vitória, capital do estado do Espírito Santo, localidade na qual apresenta características climáticas típicas de um local densamente urbanizado (Correa *et al.*, 2024) e que sofre com um aumento de sua temperatura (Teodoro e Amorim, 2008). Esse cenário é relevante por reunir um clima tropical úmido, intensa urbanização e desigualdade social marcada por uma forte delimitação socioespacial na ocupação de diferentes classes dentro da mesma cidade (Andrade; Serra, 2008).

A cidade de Vitória produz um clima próprio, ou um clima urbano (Correa, *et al.*, 2022, 2024), que é resultado das mudanças do uso e cobertura do solo, da alteração da circulação atmosférica local e das interações com os fatores e elementos do clima. Assim, compreender essas variações espaciais permite-nos analisar como diferentes localidades nas quais as escolas estão inseridas são afetadas de maneiras distintas por eventos de calor extremo e pelo consequente aumento do desconforto térmico (Xavier; Oliveira; Fialho, 2021).

Diversos estudos apontam que um ambiente escolar com temperaturas elevadas e, conseqüentemente, com desconforto térmico compromete o desempenho cognitivo e o bem-estar dos estudantes. Porém, ainda são escassos os estudos que analisam o conforto térmico em ambientes escolares por meio de sensores remotos e em condições específicas de extremos de calor (ondas de calor).

A forma como as escolas públicas estão distribuídas em Vitória revela desigualdades que também aparecem nas condições térmicas da cidade. Quando observamos os níveis de arborização, a presença de áreas verdes e a presença de áreas escolares em territórios socialmente vulnerabilizados, percebe-se que o conforto térmico não se distribui de maneira igual no município. As escolas localizadas em áreas mais adensadas, com forte impermeabilização do solo e pouca cobertura vegetal, apresentam maior acúmulo de calor, favorecendo a intensificação das ICUs. Esse padrão contribui para o aumento do desconforto térmico no ambiente escolar e evidencia que as condições climáticas não estão desconectadas da organização socioespacial da cidade. A análise do conforto térmico em Vitória demonstra que o clima urbano também expressa desigualdades territoriais, configurando um cenário em que determinados grupos estão mais expostos a condições ambientais desfavoráveis.

Com base no exposto, ainda é importante salientar a maneira pela qual questões que envolvem a relação entre conforto térmico e educação são negligenciadas no planejamento dos ambientes escolares, evidenciando mais uma lacuna dentro da discussão posta. Assim sendo, fazem-se necessárias pesquisas que enfatizem a importância de se investigar os impactos do desconforto térmico na educação. Os resultados ora obtidos podem subsidiar ações do poder público, orientando políticas educacionais que possam assegurar um ambiente mais propício ao desenvolvimento escolar.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

A presente pesquisa tem por objetivo analisar o desconforto térmico das diferentes regiões que abarcam as escolas públicas no município de Vitória – ES no período de 5 de fevereiro de 2023 e 14 de março de 2025, representando

condições atmosféricas distintas, utilizando a faixa do infravermelho termal (banda 10) do sensor TIRS/Landsat-8.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Mapear a distribuição de temperatura da superfície terrestre (LST) nas escolas nos dois anos analisados, a partir da faixa de infravermelho termal (banda 10) do sensor TIRS/Landsat-8.
- Avaliar os índices WBGT e de Thom como indicadores de risco térmico nas áreas das escolas públicas do Município de Vitória/ES, a partir dos dados de LST;
- Produzir uma oficina pedagógica integrando as ideias apresentadas e fomentando o desenvolvimento crítico do indivíduo voltado para ideias de conforto térmico e garantia de bem-estar térmico e ambiental.
- Apontar recomendações e intervenções viáveis para mitigar os efeitos do desconforto térmico nas unidades escolares.

3. REVISÃO TEÓRICA – CONCEITUAL

A presente revisão teórica se divide em quatro seções e nos seguintes subtemas: o sistema clima urbano, organismo humano e conforto térmico, conforto térmico e suas implicações em ambientes escolares, Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o conforto térmico, subdivididos dessa maneira para que possa haver um maior embasamento na pesquisa em vigência.

3.1 O SISTEMA CLIMA URBANO

A teoria do Sistema Clima Urbano (SCU) proposta por Carlos Augusto Figueredo Monteiro (1976) apresenta uma perspectiva para a compreensão da relação entre sociedade e natureza na formação da atmosfera urbana. As interações entre os aspectos humanos e físicos nas cidades condicionam o conceito de clima como um “sistema aberto, ativo e complexo, cuja vitalidade está na dependência direta da capacidade de trocar energia e matéria com o exterior.” (Monteiro, 2003).

A proposta sistêmica de Monteiro para SCU trabalha a adoção de três subsistemas ou canais de percepção: o termodinâmico (conforto térmico), o físico-químico (qualidade do ar) e o hidrometeorológico (impacto meteorológico), almejando o planejamento urbano. A presente revisão terá como enfoque teórico o canal termodinâmico.

O primeiro canal apresentado pelo autor é o termodinâmico. Nele, Monteiro, assimila a maneira pela qual os processos de condições térmicas estão presentes nas cidades e a maneira como essas percepções afetam os seres através das variáveis que rodeiam esse sistema, tais como: a temperatura do ar, a umidade relativa, a ventilação, a radiação e as ICUs. Além disso, Monteiro enfatiza como as alterações desses fatores podem afetar os ocupantes de determinadas regiões, já que a variação de tais condições térmicas é o que atinge de forma mais concreta tais ocupantes.

Adjunto a essas ideias, é fundamental compreender, como apontado pelo autor, a relação entre temperatura e umidade relativa dentro desse sistema em relação a construções de áreas urbanas. Monteiro (1976) assimila em seus estudos como é prejudicial para o fluxo térmico das cidades a escassez de arborização e a alta troca de superfícies naturais pelos materiais impermeáveis, já que esses impactam diretamente na forma com a qual a evapotranspiração ocorre

dentro dos centros e afetam a umidade relativa do ar. A alteração da umidade relativa do ar causada pelos materiais apontados afeta o aquecimento das massas de ar, deliberando uma alteração nas temperaturas das cidades que promove uma intensificação das ICUs (Taha, 1997).

A inserção dos materiais e a troca da superfície natural promovem uma distorção no balanço de energia das regiões urbanas (Monteiro, 2003). O balanço de energia são as trocas que acontecem nas localidades que estão sendo analisadas; logo, se houve alteração do meio, o campo de análise sofre mudanças notórias. Essas mudanças são perceptíveis através da análise de três fatores: o Calor Sensível, o Calor Latente e a Permeabilidade do solo, como salientado por Oke (1987) e posteriormente por Grimmond e Oke (1999).

O calor sensível, que é a transferência de energia da superfície para a atmosfera através da convecção e da condução, e que consequentemente aquece a camada urbana (Oke, 2017), tende a aumentar pela redução da permeabilidade do solo e pela redução da evaporação dos ambientes (calor latente). Outro fator que essencialmente perturbado pelo soerguimento das cidades é o fluxo de momento, que representa o transporte de massas de ar, as quais sofrem com o adensamento populacional (Oke, 2017).

As concepções teóricas de Monteiro (1976) criticam a falta de planejamento climático dos centros urbanos, visto que essa alteração (aumento do calor sensível, diminuição do calor latente e redução do fluxo de momento) intensifica a variabilidade de microclimas e acaba por agravar o fenômeno de ICUs. Tal perspectiva já pode ser avistada dentro do ambiente de análise, como salientado em pesquisas (Xavier; Oliveira; Fialho, 2021), que mostram a variabilidade de microclimas e o conforto térmico na cidade de Vitória - ES.

Pautado nas propostas de Monteiro (1976), Sant'Anna Neto (2017), concretiza a ideia de que as gestões públicas devem se atentar cada vez mais às necessidades de um planejamento. Principalmente nos grandes centros urbanos, as questões climáticas devem ser consideradas, analisando a maneira pela qual os recursos destinados a mitigar os efeitos são dispostos dentro das cidades, em uma tentativa de encurtar a lacuna posta pela segregação socioespacial e integrando o acesso por parte de todas as comunidades (Sant'Anna Neto, 2017).

3.2 ORGANISMO HUMANO E CONFORTO TÉRMICO

O conforto térmico pode carregar consigo diversas margens de classificação, mas, de maneira generalista, pode ser caracterizado como a disposição com a qual a pessoa não expressa descontentamento com o ambiente térmico em sua volta, não sentindo que o ambiente esteja mais quente ou mais frio, estando adequado às necessidades fisiológicas do indivíduo (Ashrae, 2017).

O desconforto térmico, por sua vez, representa não somente a necessidade de adaptação do corpo aos ambientes à sua volta, mas também é possível o perigo que o excesso de exposição a esses ambientes pode acarretar para a saúde dos ocupantes de determinados lugares (Ormandy; Ezratty, 2016).

A ideia de que o desconforto térmico afeta o desenvolvimento educacional dos alunos já foi abordada em diversos estudos (Perillo; Campos; Abreu-Harbich, 2017; Costa; Lima, 2025; Guidi *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2019; Ormandy e Ezratty, 2016), mas, além disso, também pode ocasionar problemas de saúde a longo prazo, segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2024). Acesso a altos índices de calor pode causar riscos de exaustão térmica e ataques cardíacos devido às tentativas do corpo de regular a sua temperatura (WHO, 2024).

A maneira pela qual a percepção de desconforto térmico se dá sofre de uma grande subjetividade, podendo variar dependendo de diversas características do sujeito analisado (Índice de Massa Corpórea, fatores culturais, quantidade de roupas que a pessoa está usando, entre outros) (Zomorodian; Tahhildoost; Hafezi, 2016). A diferenciação de percepção também pode variar de acordo com a localidade na qual os indivíduos estão, já que ela apresenta uma diferença em sua composição, como os materiais com os quais as edificações são compostas, o contingente de arborização, entre outros (Ashrae, 2017).

Monteiro (1976) aponta em sua literatura o modo como os centros urbanos são grandes catalisadores do desconforto térmico por diversos fatores. Ao passarem por uma desestruturação do meio natural e alteração por diferentes materiais, modificam o balanço energético e as trocas de calor das localidades. Além disso, o meio urbano acaba por afetar os canais de percepção e alteram, através das diferentes composições, a maneira pela qual as pessoas se sentem

confortáveis ou desconfortáveis termicamente em diferentes pontos de uma mesma cidade/município.

A presença de arborização desponta como sendo um dos principais atenuantes a mitigar os efeitos gerados pela alta concentração de materiais dos centros urbanos (Zheng *et al.*, 2023), suavizando os efeitos causados pelas ICUs. A percepção térmica é modificada dependendo da composição das diferentes partes das cidades, o que fomenta a formação de microclimas, como exposto por Oke (1987). Sendo assim, o conforto térmico está diretamente relacionado à localidade, no caso do estudo vigente das áreas escolares, sendo fortemente influenciado pela composição urbana.

A partir do exposto, o município de Vitória – ES, ao apresentar uma alta taxa de urbanização em sua localidade (Xavier; Oliveira; Fialho, 2021), pode expor os componentes do corpo escolar a atmosferas de desconforto térmico que vão além do indicado, comprometendo o desenvolvimento das atividades acadêmicas.

3.3 CONFORTO TÉRMICO E SUAS IMPLICAÇÕES EM AMBIENTES ESCOLARES

No contexto dos ambientes escolares, é importante salientar como a relação entre conforto térmico e ocupação dos centros urbanos fica mais notória. Viana (2013) apresenta, dentro de seus estudos, como as instituições de ensino estaduais não foram planejadas de maneira apropriada considerando as variáveis climáticas da região, que acabam por não compreender as necessidades de ocupação estipuladas e ultrapassar índices de conforto térmico na região de Presidente Prudente – SP.

A exposição prolongada a ambientes inospitavelmente quentes reduz a concentração e a capacidade cognitiva dos indivíduos, prejudicando a realização de diversas atividades (Wargocki; Wyon, 2013).

Os levantamentos do Instituto Allana, por meio da plataforma Mapbiomas (2024), mostram que há uma relação com o desenvolvimento acadêmico dos alunos em ambientes escolares inadequados. O estudo aponta em seu levantamento que a falta de arborização em escolas, com localizações socioeconômicas inferiores, pode agravar o desconforto térmico dentro dos ambientes e propiciar

uma redução tanto para a realização de tarefas estudantis quanto para funcionários e outros indivíduos a exercerem suas profissões dentro desses ambientes.

Essa inadequação dos espaços, associada ao aumento de anomalias climáticas, pode representar uma grave problemática nos cenários, fomentando problemas aos seus ocupantes e impactando o desenvolvimento das atividades dos estudantes, principalmente em localidades sem infraestrutura adequada (UNICEF, 2021). Com os cenários apresentados, é importante então ponderar sobre a importância de se levar em consideração a relação entre o desconforto térmico e as escolas em um cenário de aumento das anomalias térmicas.

Outros estudos também relatam questões voltadas ao desconforto térmico em diferentes partes do planeta que estão em localidades de clima tropical. Pesquisas em regiões da Indonésia apontam a necessidade de adaptabilidade dos ambientes educacionais para que as crianças possam se sentir mais confortáveis ao usarem roupas mais leves e melhorarem a ventilação cruzada dos espaços (Firman *et al.*, 2015). Já no Brasil, estudos do semiárido apontam como diversos espaços urbanos estão fora dos limites de desconforto sendo estimulados e acrescidos adjunto da falta de sombreamento nas proximidades das escolas e dos tipos de materiais usados para construção além de algumas limitações com ventilação cruzada entre outros fatores que intensificam o desconforto térmico (Santos *et al.*, 2019).

3.4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E CONFORTO TÉRMICO

O uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), nesse contexto, constitui uma ferramenta essencial para análise dos fenômenos climáticos em temporalidades diferentes, sendo possível, em paralelo com outras fontes, captar as variações de temperatura de superfície (LST) e, a partir dessas, calcular o desconforto térmico de determinadas regiões a serem analisadas (Weng, 2009; Voogt, Oke, 2003; Tomlison *et al.*, 2011).

O SIG é uma ferramenta que permite trabalhar com mapas, imagens de satélite e dados geográficos de lugares da Terra; a tecnologia aplicada permite processar e analisar diferentes dados e aplicá-las em cartas (Burrough; McDonnell, 1998; Longley *et al.*, 2015). O uso de SIG permite captar informações importantes para a compreensão do aquecimento urbano e do conforto térmico,

podendo cruzar informações sobre vegetação, áreas construídas, corpos d'água etc., permitindo uma compreensão generalista sobre os valores de superfície da temperatura terrestre de determinado local (Oke, 1982; Jiang; Ren, 2018; Weng, 2020).

Esse tipo de análise foi realizado em pesquisas recentes, como exposto por Imran *et al.* (2022), que analisam as temperaturas de regiões da cidade de Bangladesh e aferiram modificações ao longo dos anos, causadas majoritariamente por ações antrópicas. Ao utilizar a ferramenta SIG, pôde-se demonstrar que existe um aumento substancial de desconforto térmico na cidade de Chitagong, Bangladesh, no período analisado pela pesquisa.

A mesma técnica também pode ser vista em outros estudos, como analisados por Bagyaraj *et al.* (2023), em que os autores analisam o impacto do uso e cobertura do solo e suas alterações na percepção de calor em regiões da Índia. Os resultados comprovam a importância da ferramenta para pesquisa (SIG) e compreensão do desenvolvimento de climas urbanos, já que permite analisar o comportamento e o conforto térmico adjuntos às mudanças de ocupação antrópica das regiões urbanas, expondo como o não planejamento das cidades voltadas para a questão climática já é, e pode vir a se tornar, um grande problema.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa em voga apresenta um desenvolvimento, que abrange análises quantitativas-qualitativas. Para tanto, realizou-se pesquisa em literaturas especializadas, como em periódicos nacionais e internacionais, sites de universidades e órgãos municipais, estaduais e federais do Brasil e outros países, onde foram encontrados artigos, monografias, dissertações e teses a respeito do tema tratado. Consultaram-se referências em climatologia urbana, climatologia, meteorologia, conforto térmico, os ambientes escolares, geoprocessamento e SIG.

4.1 ÁREA EM ESTUDO E RECORTE TEMPORAL

O desenvolvimento da pesquisa foi realizado em etapas distintas, o que permite uma análise em condições atmosféricas diferentes.

Para analisar o conforto térmico nas áreas escolares e os possíveis impactos na vida acadêmica dos alunos, foram selecionadas as escolas públicas

que ofertam os anos finais do ensino fundamental e o ensino médio no município de Vitória – Espírito Santo.

Posteriormente foram definidas as datas de análise. A primeira temporalidade a ser examinada foi definida por caracterizar condições atmosféricas mais estáveis (pouca nebulosidade e ventos fracos) e por proximidade ao período de início do desenvolvimento e da análise do projeto (março de 2025). Já o segundo recorte temporal foi selecionado por representar um evento de onda de calor, fenômeno que tem uma tendência de se tornar mais recorrente com o passar do tempo (IPCC, 2021).

Essas escolhas permitiram comparar dois momentos com cenários climáticos pontuais, possibilitando avaliar as variações de temperatura superficial e conforto térmico entre períodos contrastantes. Diante das condições apresentadas, as datas selecionadas também tiveram que coincidir com a passagem do satélite LandSat 08. Logo, os períodos analisados foram: 05/02/2023, que representou o evento da onda de calor, e 14/03/2025, que representou o período de estabilidade atmosférica.

4.2 DEFININDO UMA ONDA DE CALOR

Para que fosse possível caracterizar uma onda de calor no cenário descrito, adotou-se uma metodologia baseada em Marengo *et al.* (2022).

Conforme o autor, a onda de calor pode ser caracterizada por um período de três a cinco dias consecutivos em que as temperaturas máximas e mínimas diárias permanecem acima do percentil 90p do médio climatológico mensal.

Ao utilizar a classificação de Marengo, pode-se notar a persistência do calor extremo, não sendo apenas um pico isolado de temperatura. Dessa forma, justificam-se as datas escolhidas e o enquadramento do período de 2023 como uma onda de calor comprovada, contribuindo para a comparação e o alerta sobre o que podem se tornar eventos cada vez mais recorrentes (IPCC, 2021).

4.3 DINAMICA ATMOSFERICA

A dinâmica atmosférica regional e os tipos de tempo foram realizadas a partir das cartas sinóticas de superfície, imagens de satélite e da análise sinótica, junto do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) no site <https://www.cptec.inpe.br/>, da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) / Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) – Serviço Meteorológico Marinho (CMM) no

site <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas> e do Sistema de Informações Meteorológicas do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) disponível no site <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/>.

4.4 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE (LAND SURFACE TEMPERATURE – LST)

A partir dos pormenores definidos, caminha-se então para a efetiva realização da pesquisa com o uso das datas específicas. Foram utilizadas imagens de satélite LandSat 8, que porta sensores OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor), que auxiliam na conversão dos níveis de cinza para temperatura em graus Celsius entre outras funções.

O satélite LandSat 8 foi escolhido para o desenvolvimento dessa pesquisa, por apresentar uma resolução espacial detalhada e uma ótima captação dos meios urbanos, de aproximadamente 30 metros. Ressalta-se que as datas escolhidas para análise apresentam uma característica comum de pouca presença de nuvens nas regiões durante a passagem do satélite na região. Salienta-se que o satélite faz sua passagem a cada 15 dias em horários próximos, entre 09h30min e 09h45min, assim, foi possível uma comparação franca sobre os dois cenários apresentados.

Com as cenas captadas, foi necessário que houvesse manipulação de seus componentes para extrair as informações das imagens fornecidas pelo satélite. Todo esse trâmite foi realizado na plataforma de geoprocessamento QGIS. Foram necessários recortes e cálculos de três variantes, em formatos de camadas diferentes, em uma mesma cena, voltadas à compreensão do todo: A Temperatura de Superfície (LST), o Índice de Conforto Térmico e a Temperatura de Globo do Bulbo úmido aproximada (AWBGT)

O primeiro recorte a ser estudado é a temperatura da superfície terrestre (Land Surface Temperature – LST), que fornece, por meio do cálculo, o valor da temperatura no momento da passagem do satélite, com base nos diferentes valores de pixel presentes nas imagens. O cálculo de valor do LST foi realizado de acordo com o algoritmo especificado por Coelho e Correa (2013), no software QGIS, com a seguinte fórmula:

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{\{cal\}} + A_L$$

Equação 1: Conversão do valor digital (DN) para radiância espectral

onde L_{λ} representa o valor da radiância espectral, valor de radiância detectado em cada Pixel a partir de seu valor digital, M_L representa o multiplicador de radiância o qual Transforma o Pixel da imagem em um valor real, A_L que é o aditivo de radiância o qual se responsabiliza para ajustar os valores para melhor redirecionamento das informações, $Q_{\{cal\}}$ que é o valor digital do pixel representado nas imagens antes de manipulação como a parte acinzentada das imagens a serem distorcidas. O conjunto dos itens permite através da formulação alterar o valor de cada pixel em radiância espectral nas áreas analisadas

$$LST = (1321.08 / \ln(774.89 / (3.3420E - 04 * "banda10.tif" + 0.10000) + 1)) - 273.15$$

Equação 2: Cálculo da temperatura da superfície (LST)

onde LST representa o valor do cálculo de temperatura de superfície, $\ln$ é o logaritmo natural o qual é responsável por transformar o valor de radiância espectral em temperatura de brilho, E representa a emissividade da superfície para compreender o quão eficiente uma superfície emite radiação térmica e *banda10.tif* é a banda com sensor térmico TIRS que está no satélite.

4.5 CONFORTO TÉRMICO URBANO

O conforto térmico, como já exposto anteriormente, se dá pela condição na qual o indivíduo em um espaço encontra-se termicamente confortável não sentindo nem frio nem calor, mas com o ambiente em sua volta na temperatura ideal para seu corpo (ASHRAE, 2017), podendo ser afetado por variações tanto físicas como vento, umidade do ar, entre outros, como por razões pessoais como quantidade de roupas ou índice de massa corpórea do indivíduo.

Entretanto, cabe salientar que o estudo vigente não se baseia apenas em analisar questões voltadas para o conforto térmico como algo fisiológico, mas o modo em que o espaço, principalmente o urbano, modifica as trocas naturais a partir da inserção de materiais sintéticos com alto teor de absorção da radiação

e como tal fator altera o balanço energético das regiões alterando a perspectiva de conforto térmico.

Tal abordagem permite que seja possível analisar de forma pontual a maneira em que a alteração dos espaços naturais e a inserção de tais matérias influenciam a forma com a qual a dinâmica do balanço de energia é alterada em tais regiões.

4.5.1 ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO

Com os valores da temperatura de superfície em mãos, procede-se à análise das duas outras variáveis que influenciam o indicativo de desconforto térmico: o Índice de Desconforto Térmico (Discomfort Index – DI) e a Temperatura de Globo de Bulbo Úmido Aproximada (AWBGT).

É importante ressaltar que ambos os cálculos aparecem posteriormente ao cálculo da temperatura de superfície, pois o valor da temperatura do ar é substituído pelo valor da temperatura da superfície.

O cálculo do DI leva em consideração a diferença de classificação de cada pixel da imagem gerada pelo satélite e as diferentes informações ali compactadas.

$$DI = Ta - 0.55 \times (1 - 0.01 \times RH) \times (Ta - 14.5)$$

Equação 3: Cálculo do índice de Desconforto Térmico (DI)

no qual *DI* representa o valor a ser calculado de índice de desconforto térmico, *Ta* representa a temperatura do ar e aqui cabe uma observação que por se tratar de uma imagem de satélite esse valor é substituído pelo valor da temperatura de superfície (*LST*) já que o satélite não tem a capacidade de captar a temperatura do ar e *RH* que aponta o valor da umidade relativa do ar na estação meteorológica no momento da passagem do satélite.

A classificação de Thom (1959) é usada nessa perspectiva como uma interpretação média a partir dos cálculos gerados, e os valores foram classificados conforme o proposto por Giannaros *et al.* (2014) para interpretar o nível de desconforto térmico.

Tabela 1: Índice de desconforto térmico segundo Thom (1959).

Descrição	Classes de desconforto (TE) (° C)
Bem-estar	$TE < 21$
Menos de 50% da população possui um ligeiro desconforto	$21 \leq TE < 24$
Outros 50% da população possui um crescente desconforto	$24 \leq TE < 27$
A maioria da população possui um relativo desconforto e há um significativo desconforto	$27 \leq TE < 29$
Todos possuem um forte desconforto	$29 \leq TE < 32$
Estado de emergência médica, um desconforto muito forte	$TE \geq 32$

O Índice de Desconforto Térmico desenvolvido por Thom (1959) apresenta grande fascínio para o desenvolvimento de tal questão, entretanto, ele pode hoje apresentar limitações em regiões de clima tropical. Também é de importância salientar as diversas variáveis que podem afetar a percepção do desconforto térmico como Índice de massa corpórea, vento, tipo de vestimenta, entre outros (Oke, 1987) que podem ser afetados por fatores adversos como cultura, tipo de dieta que determinado povo vive, entre outros. Ainda assim, ele apresenta grande notoriedade em seu ramo por representar um grande avanço em medição de desconforto térmico, sendo usado como referencial por se tratar de um estudo com análise de região macro (município de Vitória – ES).

4.6 TEMPERATURA DO BÚLBO ÚMIDO

Adjunto a essa ideia tem-se o cálculo da Temperatura de Globo de Bulbo Úmido Aproximada (AWBGT), que apresenta o índice de umidade aproximado das localidades.

O AWBGT foi calculado usando uma formulação desenvolvida por Steeneveld *et al.* (2011). Cálculo do valor de temperatura aproximada do bulbo úmido

$$AWBGT = 0.567 \times T_a + 0.393 \times e + 3.94$$

Equação 4 Cálculo do valor de temperatura aproximada do bulbo úmido

onde *AWBGT* é a temperatura de bulbo úmido aproximada a ser calculada, *T_a* é a temperatura do ar que foi substituída pelo valor da temperatura de superfície, e *e* representa a pressão do vapor e o valor de porcentagem de calor que a superfície analisada manda para o satélite.

O índice apresenta uma classificação em três níveis, apontando os níveis de exposição ao estresse de calor causados pelo excesso de umidade.

Tabela 2: Temperatura do Bulbo Úmido

AWBGT (°C)	Classificação	Interpretação
< 23	Baixo risco	Condições geralmente toleráveis, com baixo estresse fisiológico
23 – 28	Risco moderado	Estresse térmico significativo, exigindo pausas e hidratação
> 28	Alto risco	Risco elevado à saúde, com limitação da termorregulação

Fonte: Steeneveld *et al.* (2011).

4.7 VALIDAÇÃO DOS PRODUTOS

Para avaliar os produtos e resultados gerados a partir das imagens do Landsat 8, foi necessário comparar a temperatura do ar (T_{ar}), registrada pelas estações meteorológicas localizadas no município de Vitória, com a temperatura da superfície (LST) registrada pelo sensor nas localizações das estações durante as passagens do satélite. A análise do desempenho da temperatura da superfície seguiu a estrutura metodológica proposta por Correa *et al.* (2024).

4.8 ÍNDICES SOCIOECONÔMICOS DAS ESCOLAS E CONFORTO TÉRMICO

Cabe então relacionar os índices de desconforto térmico aos indicadores socioeconômicos das áreas escolares do município de Vitória – ES, a partir de análises dos dados fornecidos pelo Instituto Alanna através do MapBiomias (MapBiomias, 2024). Essa análise é propiciada através de um cruzamento entre as informações fornecidas pelo levantamento realizado pelo instituto, como o local no qual as áreas escolares se localizam, o índice de arborização e dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Vitória e pelas escolas estaduais do município.

Os dados fornecidos pelo MapBiomias (2024) analisam as áreas de disposição escolares e apontam que 14,7% delas estão situadas próximas a locais vegetados. Além disso, o índice mostra que a escassez de acesso a áreas arborizadas se manifesta em bairros de menor nível socioeconômico da capital, evidenciando, assim, a presença do racismo ambiental em sua estrutura. Aqui cabe salientar a estrutura do racismo ambiental, como estabelecida por diversas pesquisas (Acselrad, 2009); bem como o risco ao qual comunidades pobres e racializadas são historicamente expostas à degradação ambiental e às variabilidades climáticas, muito devido ao seu histórico de ocupação e à negligência das repartições públicas para melhorias nessas áreas.

A escassez de cobertura vegetal e a presença elevada de materiais com altas taxas de albedo tornam essas localidades mais propícias a sofrerem com

o desconforto térmico (Monteiro, 1976; Oke, 1987). Assim, ao analisarmos os dados coletados, será possível verificar se tais localidades correspondem às áreas mais expostas ao calor extremo, expondo a necessidade de uma intervenção do poder público, elevando os níveis de justiça climática e políticas que sejam importantes para mitigar os efeitos dentro das áreas escolares.

Ainda com o debate em voga, salienta-se que foram coletados dados fornecidos pelos órgãos públicos da prefeitura municipal de Vitória e por escolas estaduais referentes a projetos de climatização artificial nos ambientes escolares. A presença desses dados permitiu compreender a maneira a qual a sociedade vem se adaptando às necessidades vigentes e a adaptação de tais localidades às anomalias térmicas.

4.9 INSERÇÃO DO MATERIAL DE TRABALHADO NO AMBIENTE ESCOLAR

Com as ideias levantadas durante a realização desse projeto, por se tratar de estudos que apresentam o ambiente escolar, torna-se fundamental que quaisquer implicações possam ser inseridas e discutidas na vivência dos ocupantes de lugares. Sendo assim, pode-se fomentar, graças ao Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), a aplicação de atividades voltadas para os conceitos de conforto térmico (BNCC, 2018; Zeichner, 2010).

A proposta abordada em uma das aulas foi a de instigar os discentes acerca da problemática da falta de adaptação térmica dos ambientes escolares às mudanças climáticas.

A priori, foi formalizada uma aula expositiva didática para familiarizar estudantes da primeira e segunda série do Ensino Médio da rede estadual de ensino do Espírito Santo sobre os conceitos a serem abordados, como a relação entre conforto térmico e construções, a sensação de bem-estar, ventilação natural e artificial, entre outros, estimulando o desenvolvimento crítico dos conceitos abordados (Oke, 1987; Nikolopoulou, Steemers, 2003).

O objetivo levantado pela aula expositiva/dialogada entre a turma permitiu compreender a maneira pela qual o consumidor do serviço educacional se sente e suas perspectivas acerca do tema.

A formulação desse tipo de conduta já é tema de várias pesquisas. Os estudos indicam que existe uma relação entre a temperatura do ambiente e o desempenho dos alunos/escolares, já que, como estudado, a alteração desses

níveis de valores afeta em 20% a performance das atividades escolares (Wargocki *et al.*, 2007).

Após essa aula expositiva, foi realizado um trabalho de campo dentro das intermediações escolares para que os alunos avaliassem a maneira à qual suas percepções térmicas pessoais eram retidas em diferentes ambientes. Aqui, cabe salientar que as aulas foram realizadas durante os dias 10/10/2025 e 12/10/2025, os quais apresentavam características temporais diferentes: o dia 10 estava com o tempo firme, ensolarado, fazendo bastante calor, enquanto o dia 12, por mais que estivesse tão quente, era um dia nublado.

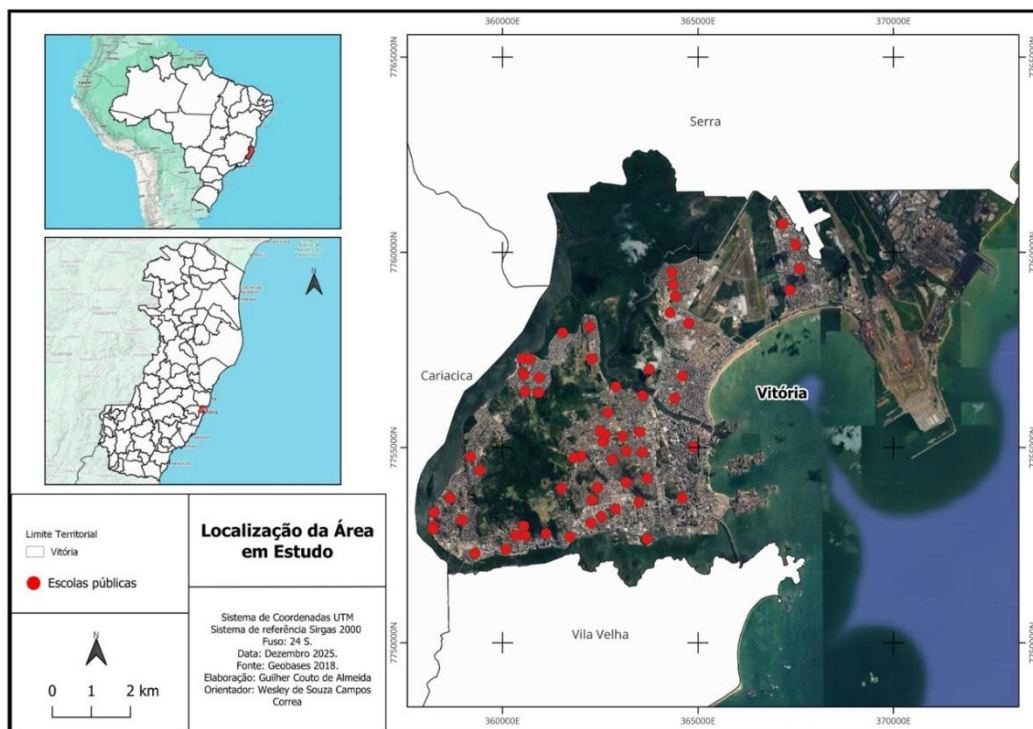
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 LOCALIZAÇÃO

O Município de Vitória situa-se no Sudeste do Brasil (lat. -20.3222; long. -40.3381), possui uma área de 98,51 km² (IBGE, 2022) (Figura 1). A capital capixaba tem uma configuração espacial composta por uma parte insular, ou seja, uma ilha, e por uma parte continental, conectando-as por pontes e outras vias de acesso, como transporte público marítimo, ambas com grande concentração populacional (Correa, 2014).

A Área em estudo é, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), um dos municípios mais densamente povoados do país, apresentando cerca de 330.000 habitantes e uma densidade demográfica de 3.527 hab/km². O município é dividido em 83 bairros subdivididos a partir de 7 regiões administrativas (Lei Municipal número 6077/2003).

Figura 1: Localização da área em estudo.



5.2 CARACTERIZACAO SOCIOECONOMICA

O desenvolvimento socioeconômico de Vitória está fortemente conectado às suas mudanças urbanas e às transformações que ocorreram ao longo dos anos para o desenvolvimento da capital. Essas foram fundamentadas no projeto Novo Arrabalde formulado por Saturnino de Brito no ano de 1895 (Campos Junior, 1985). Nesse projeto, várias alterações foram realizadas na cidade, modificando sua morfologia original ao substituir partes do manguezal por aterros, com o objetivo de expandir a mancha urbana e planificar parte da cidade, já que originalmente a região possuía a sua ocupação nas regiões de encostas e elevações (Abreu, 1997; Ribeiro, 2024).

As intervenções propostas tornaram possível que houvesse uma reconfiguração socioespacial do município (Ribeiro, 2024). Esse movimento de aterros na cidade propiciou efeitos de desigualdade espacial mais perceptíveis. Grande parte das regiões aterradas sofreram um planejamento urbano intensivo e a priorização por empreendimentos de padrão elevado, enquanto as áreas de morro, sofreram com a migração de serviços para essa região e a redução de investimentos nessas localidades (Ribeiro, 2024).

Com isso, a herança deixada pelo projeto foi a forte marca de segregação socioespacial na cidade, expondo dois opostos: as regiões planas, hoje ocupadas majoritariamente por classes mais abastadas, e as regiões de morro, ocupadas em sua maioria por pessoas menos afortunadas. Essa problemática está diretamente relacionada ao acesso a serviços públicos e à infraestrutura desses serviços, como saúde, educação, lazer, entre outros (Ribeiro, 2024).

A economia do Espírito Santo se estrutura de forma majoritária sob o pilar do setor terciário da economia, no qual se dá ênfase a atividades de comércio, portuárias, de serviço e de turismo, o qual vem sendo engrandecido ao longo dos anos (IJSN, 2024). Em Vitória tem-se a presença de dois portos, o Porto de Vitória e o Porto de Tubarão, os quais segmentam para fora do estado e do país os principais itens produzidos por todo o estado, tornando Vitória um grande pool comercial atuando como protagonista nas trocas comerciais e na circulação de produtos (Silvestre; Campos, 2019).

O setor siderúrgico representa também uma fatia larga dentro da economia do município, impulsionado por grandes empresas que ocupam a região para exploração. O setor de serviços continua sendo a principal atividade a ser realizada dentro da cidade, ao redirecionar grande parte da fabricação desses produtos em regiões periféricas, sendo um grande polo comercial (IJSN, 2024).

5.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

O clima do município de Vitória pode ser classificado como tropical quente e úmido, com verões mais chuvosos e invernos mais secos, o que pode representar uma característica típica das áreas costeiras na região Sudeste do Brasil (Nimer, 1979; Correa, 2011).

A pluviometria do município apresenta, em seu período de análise do ano de 1978 ao ano de 2007, totais pluviométricos anuais médios de aproximadamente 1.320 mm. Os meses mais chuvosos concentram-se no final da primavera e no verão, destacando-se novembro (199,8 mm), dezembro (219,9 mm) e janeiro (153,7 mm). Nesse período, as temperaturas médias variam entre 24,5 °C e 27,7 °C, com umidade relativa do ar em torno de 75%. A estação menos chuvosa ocorre entre os meses de maio e setembro, quando as temperaturas médias alternam entre 22 °C e 23 °C, e os índices pluviométricos apresentam valores mais reduzidos, variando entre 54 mm e 77 mm (Correa, 2011).

A cidade tem em sua composição médias pluviométricas altas durante o ano, concentradas usualmente entre os meses de novembro a março, nos quais atua o sistema atmosférico denominado Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)(Quadro; Pezzi; Rosa, 2013) . No inverno, os principais sistemas atmosféricos que atuam sobre a região são as frentes frias (Marchioro, 2012). Nas demais épocas do ano atuam a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e as Brisas Marítimas (Reboita *et al.*, 2010). Ainda assim, cabe salientar que a brisa marítima e o vento representam uma forte influência dentro desse sistema, já que a região está próxima de zonas costeiras; contudo, a alta taxa de urbanização e verticalização e o aumento da impermeabilização do solo afetam as localidades e ampliam os efeitos das ICUs (Correa, *et al.*, 2024).

5.4 CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS E GEOMORFOLOGICAS

O quadro geológico de Vitória está relacionado com o complexo Parnaíba do Sul e a Suíte Intrusiva de Vitória, com granitoides, granito e dioritos de idade pré-cambriana (RADAMBRASIL, 1983; Correa, 2014). Esses elementos associados favorecem os depósitos sedimentares continentais, representados pelo Grupo Barreiras, os depósitos fluviomarinheiros, ambos de idade cenozoica (Marchioro, 2012).

Os elementos apresentados caracterizam o relevo de Vitória, com morros e maciços, o que o torna acidentado. Essas formações são elementos estruturais da paisagem e influenciam o processo de ocupação da região e a drenagem de água (Correa, 2014).

A região foi modificada para a expansão da malha urbana, alterando a composição geomorfológica para abrigar novos bairros. Diversas áreas que hoje fazem parte da cidade sofreram processo de aterramento; esses aterros são construídos com solo proveniente dessas regiões que foram alteradas, ou seja, manguezais, apontando a sua composição de material argiloso e orgânico que é típico desses ambientes costeiros (Ribeiro, 2024).

5.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS ESPAÇOS ESCOLARES

Os espaços escolares das escolas públicas do município de Vitória – ES apresentam condições em sua composição que impactam o conforto térmico nas áreas analisadas, escolas públicas da região. A partir de informações sistematizadas com o levantamento do MapBiomias em parceria com o Instituto

Alana, observa-se que a maior parte das unidades escolares apresenta baixa cobertura vegetal no próprio lote, concentrando-se principalmente na faixa entre 0% e 20% de vegetação. Ademais, aproximadamente metade das escolas está localizada diretamente em áreas de favela, e mais de 80% encontram-se em um raio de até 500 metros dessas áreas.

Esse cenário revela uma forte inserção em territórios densamente urbanizados, marcados por elevada impermeabilização do solo e escassez de áreas verdes, mesmo que algumas escolas possuam praças ou espaços arborizados no entorno, a baixa presença de vegetação dentro do próprio lote escolar reduz significativamente a capacidade de regulação microclimática local, contribuindo para a intensificação do desconforto térmico.

6. RESULTADOS

6.1 CONDIÇÕES SINÓTICAS NO PERÍODO ANALISADO E ONDAS DE CALOR

As condições do tempo, de 03/02/2023 a 07/02/2023 e de 12/03/2025 a 17/03/2025, para a variável temperatura do ar, são apresentadas na Figura 2. A partir das cartas sinóticas do CPTEC, verificou-se que durante os dois períodos analisados, o sistema sinótico atuante na área em estudo foi da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Esse sistema propicia tempo estável, aumento da radiação e elevados níveis térmicos. A caracterização da ASAS, quando em atuação prolongada, pode representar um fator de preocupação por imprimir características que intensificam a temperatura, podendo elevar os índices de desconforto térmico, alterando os microclimas das regiões urbanas (Correa; Coelho; Do Vale, 2015).

Durante o desenvolvimento de tal linearidade, para que fosse especificada a passagem de uma onda de calor, usou-se a metodologia de análise através do Percentil 90, como proposto por Marengo *et al.* (2021). Na qual se tem, a partir da captação de dados, que o percentil 90 da temperatura média da mínima para a normal 1961-1990 foi de 24 °C. O percentil 90 da temperatura média máxima para a normal 1961-1990 foi de 32,6 °C.

As condições do tempo para o período de 03/02/2023 a 07/02/2023 e de 12/03/2025 a 17/03/2025 estão representadas no gráfico abaixo (Figura 2 A-B).

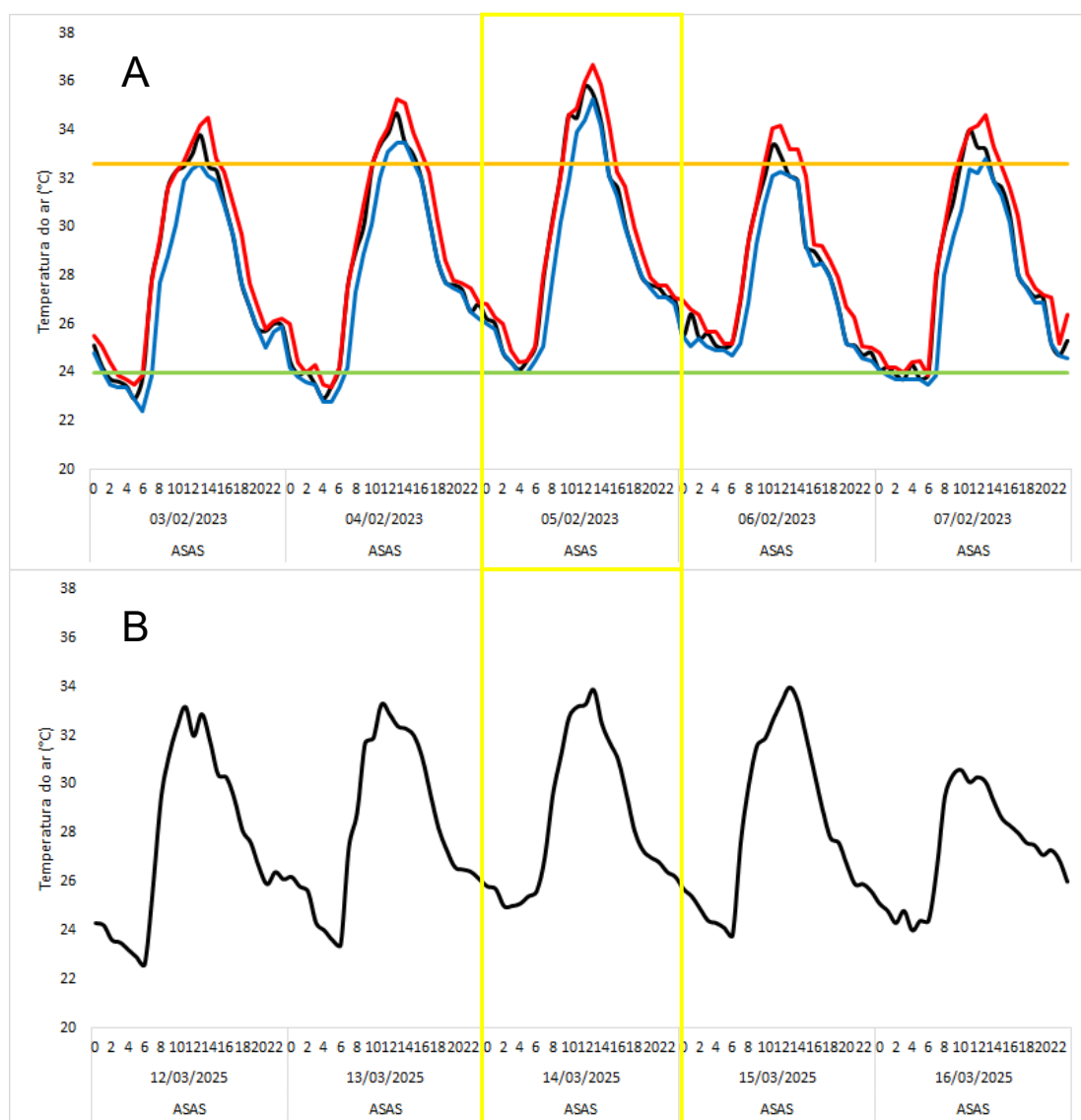
A análise permite caracterizar o comportamento do tempo e compará-las para o período com e sem atuação da onda de calor.

A temperatura instantânea do ar para a estação meteorológica do INMET, localizada na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), é representada pela linha preta, ao passo que a temperatura máxima diária é representada pela linha vermelha e as temperaturas mínimas são representadas pela linha azul, indicando os menores valores captados, os quais ocorrem especificamente durante a noite. As linhas laranja e verde representam o cálculo do percentil 90 captado (1961-1990), sendo, respectivamente, a máxima e a mínima do período (Figura 2).

A Figura 2 (A) expõe como, durante o evento de onda de calor no município de Vitória – ES, no ano de 2023, as temperaturas do ar ultrapassaram o percentil 90. Tal fato, além de comprovar a evidência da onda de calor, corrobora para que os microclimas urbanos continuem passando pelo desconforto térmico ao não sofrerem alívio térmico. Em ambientes urbanos, a substituição de áreas naturais por materiais de alta absorção e refletância captam o calor, tornando o desconforto mais intenso e prolongado (Oke, 1987).

O gráfico apresenta a variação horária da temperatura do ar nos períodos analisados (Figura 2), com os dias em destaque pelos retângulos amarelos apresentando a linha preta correspondente à temperatura instantânea observada. A linha laranja representa o limite superior do percentil 90 calculado para o período de referência (1961–1990), enquanto a linha verde indica o limite inferior desse mesmo percentil. A linha vermelha corresponde aos valores máximos registrados durante o período de estudo e a linha azul representa os valores mínimos observados.

Figura 2: Temperatura do ar associada ao sistema atmosférico atuante nos períodos de 03/02/2023 a 07/02/2023 e 12/03/2025 a 16/03/2025.



Ademais, a onda de calor, tal como observada em fevereiro de 2023, é gerada por um mecanismo chamado de bloqueio atmosférico. Ele é originado por um sistema de alta pressão, que induz o ar de cima para baixo na atmosfera (subsidiência), por alguns dias, alterando a circulação atmosférica local. A anomalia impede a passagem de sistemas que trazem chuvas, o que leva a céus sem nuvens e ao aquecimento radiativo persistente do solo e, consequentemente, forma-se uma bolha de ar quente sobre essa área (Marengo *et al.*, 2025).

A partir da contextualização proposta, cabe, a efeito de comparação entre os dias propostos, notar a maneira como um dia regular ocorre. A análise do dia 14/03/2025 (Figura 2 - B) apresenta o cenário em que, mesmo sob influência da

ASAS, há resfriamento da região à chegada da noite, o que permite alívio térmico sem continuidade do calor, o que, na ausência de persistência da concentração de calor, promove um cenário de melhor desenvolvimento climático.

6.2 VALIDAÇÃO DOS PRODUTOS

Com o objetivo de findar dúvidas remanescentes, foram computados e analisados dados oriundos das estações meteorológicas de Vitória. Abaixo, na Tabela 03, são apresentados os valores observados nas estações meteorológicas localizadas na UFES e no Aeroporto, bem como o valor da temperatura de superfície extraído nas localidades das respectivas estações.

Tabela 3: Valores de temperatura do ar e temperatura de superfície às 10:00

Data	Localidade	Temperatura do ar	Temperatura do Pixel	Diferença de Temperatura
05/02/2023	UFES	24,3° C	26,5° C	2,2° C
	Aeroporto	33,9° C	33,2° C	0,7° C
14/03/2025	UFES	25,1° C	23,4° C	1,7° C
	Aeroporto	32,8° C	28,9° C	3,9° C

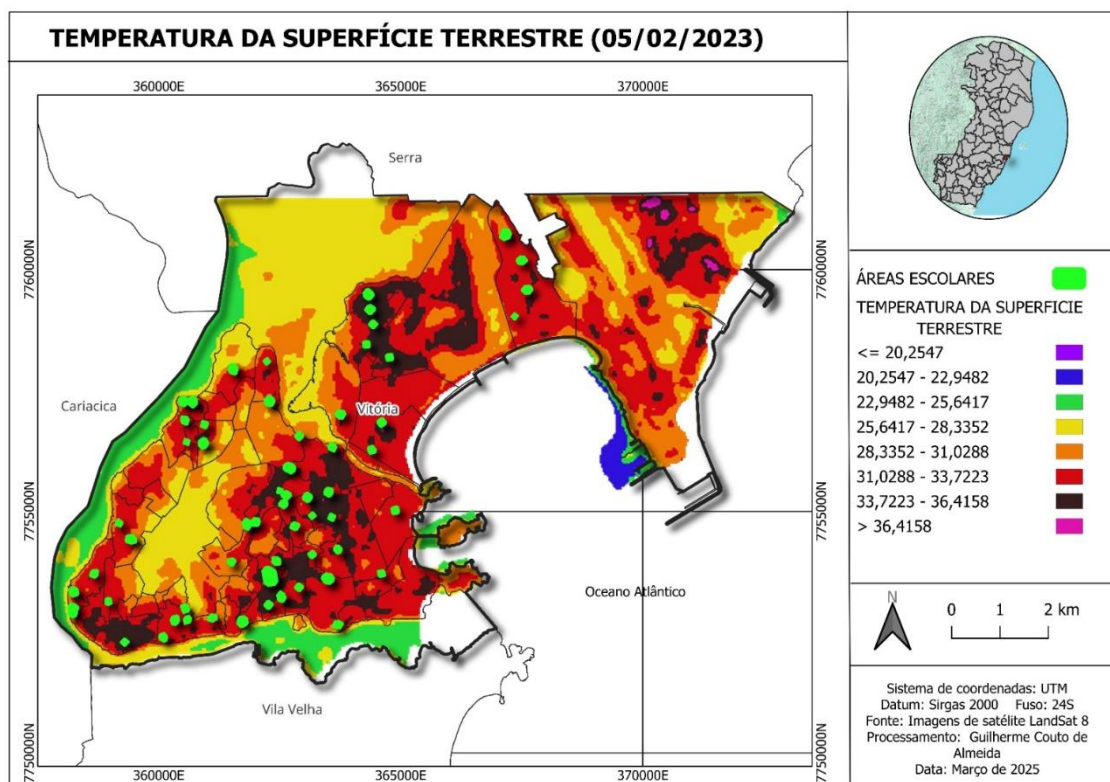
As diferenças entre os valores de temperatura do ar e da temperatura de superfície são pautadas na literatura como sendo algo usual. Segundo Correa *et al.* (2015), tais diferenças podem ser pautadas, visto que a captação dos dados ocorre de maneira diferente entre as variáveis. A temperatura do ar é assimilada através das estações meteorológicas, que são equipadas com diversos aparelhos que analisam as informações sobre o tempo atmosférico, já a temperatura de superfície é composta pelas informações de radiação que são expedidas pelos materiais que compõem o solo e suas influências, nesse caso por meio de imagens de satélite; assim sendo, pode-se compreender como os casos apresentados podem compor valores diferentes.

6.3 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE

Para que houvesse uma melhor interpretação das áreas de impacto dos mapas a serem analisadas, o município de Vitória – ES foi subdividido em zonas de observação de acordo com os pontos cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste), nas quais couberam observações e comparações a serem discutidas.

A Temperatura de Superfície Terrestre (LST) do dia 05/02/2023 é apresentada na Figura 3. A análise permite verificar, em sua composição, manchas com elevadas temperaturas ($31,72^{\circ}\text{C}$ a $\geq 36,41^{\circ}\text{C}$) em várias partes do território, no momento da passagem do satélite. Essa elevação circunstancial da temperatura de superfície ocorreu durante um episódio, como já debatido, de onda de calor.

Figura 3: Mapa de temperatura de superfície no dia 05/02/2023.



A partir da análise de tais elementos, observa-se uma não distribuição homogênea de áreas térmicas. As regiões leste e sudeste, as quais apresentam maior proximidade com regiões litorâneas e maior planejamento urbano, com arborização abundante e acesso a áreas verdes, apresentam temperatura de superfície menores, ainda que afetada pela intensa urbanização. As regiões que apresentam maiores valores de temperatura de superfícies estão situadas nas porções nordeste, sul e sudoeste e podem estar amplamente vulneráveis ao aumento da temperatura.

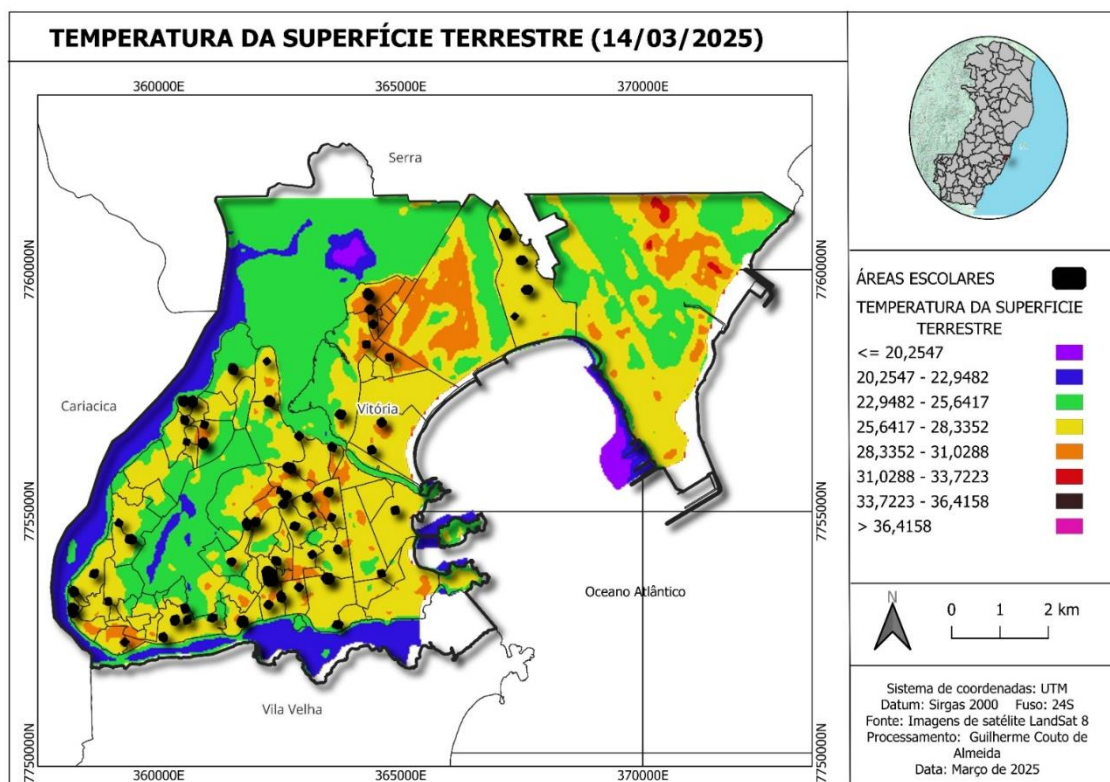
De maneira geral, pode-se observar que todas as áreas escolares são impactadas pela passagem da onda de calor no ano de 2023. De forma abrangente, as escolas com maior impacto se localizam na região administrativa de

Goiabeiras (EMEFs: Adão Benezath, Arthur da Costa e Silva, Marechal Mascarenhas de Moraes, Juscelino Kubitschek de Oliveira, Castelo Branco) e na região administrativa do Centro (EMEF TI Moacyr Avidos), localidades que devido ao intenso processo de urbanização e a redução das áreas de vegetação na região, sofrem de maneira mais intensa com o aumento de temperatura da superfície (Monteiro, 2003; Oke, 1987).

Para efeito de comparação pode-se verificar que as áreas escolares com menores índices de impacto durante a passagem da onda de calor (EMEF Professora Maria Stella de Novaes, EEEMEF Elza Lemos Andreatta, EMEF José Áureo Monjardim, EEEMEF Gomes Cardim, EMEF Amilton Monteiro da Silva, EEEMEF Major Alfredo Pedro, EMEF Rita de Cássia Silva, EMEF Anacleto Schneider, EMEF Neusa Nunes) possuem proximidades com corpos d'água ou com uma quantidade expressiva de vegetação oriunda principalmente do maciço central de Vitória. Conforme destacado por Grimmond e Oke (1999), condições como as citadas podem favorecer o aquecimento de áreas nas grandes cidades.

A temperatura de superfície para o dia 14/03/2023 é apresentada na Figura 4

Figura 4: Mapa de temperatura de superfície no dia 14/03/2025.



Ao observarmos a Figura 4, pode-se verificar que as regiões com proximidade ao litoral, com melhor desenvolvimento urbano e acesso a áreas verdes, novamente, apresentam as menores temperaturas de superfície. Por sua vez, as áreas da zona nordeste e sudoeste apresentam em sua composição temperaturas de superfície maiores do que as demais localidades, ainda que em um período de observação regular, como no caso acima.

Nesse cenário, algumas das áreas escolares que sofreram com o impacto de calor extremo, durante o evento de onda de calor (05/02/2023), se repetem, principalmente na Região Administrativa de Goiabeiras (EMEFs: Adão Benezath, Marechal Mascarenha de Moraes, Juscelino Kubitschek de Oliveira). Tais constatações, indicam, que essas localidades estão constantemente expostas a elevados valores de temperatura.

Ao realizar uma comparação entre ambas as datas analisadas (05/02/2023 e 14/03/2025), pode-se constatar o efeito da onda de calor na temperatura de superfície no município de Vitória-ES. Enquanto o recorte do ano de 2025 apresenta temperaturas médias entre 22 e 28 °C, o recorte de 2023 aponta manchas de extrema elevação da superfície térmica caracterizadas, com valores superiores ao período de 2025.

O período de 2023, durante a passagem da onda de calor pelo Sudeste do Brasil, apresentou um aumento substancial na temperatura de superfície, mesmo em regiões privilegiadas, como a região leste. Tal condição decorre do aumento da impermeabilização, das construções que barram a passagem dos ventos e da troca da cobertura vegetal natural por urbana, reduzindo drasticamente a sensação de conforto térmico que essa região pode propiciar (Zandonadi, 2025; Xavier; Oliveira; Fialho, 2021).

Nas porções nordeste, sudeste e sudoeste, são verificadas temperaturas de superfície elevadas nos dois períodos analisados. Entretanto, a situação se agrava com a passagem da onda de calor, criando *hot spots* nas regiões e em outros pontos da cidade, como nas regiões leste. A elevação da temperatura das superfícies, nessas regiões, pode estar ocorrendo por motivos diferentes.

A porção nordeste, que engloba o aeroporto de Vitória e a região administrativa do bairro de Goiabeiras, passou por uma excessiva supressão vegetal para abrigar avenidas e ruas. Essa condição pode estar corroborando com a concentração de calor na superfície da localidade, conforme destacado em Correa, *et al.*, (2024) e Correa (2020). A porção sudeste também apresenta alteração em sua vegetação, voltada para abrigar moradias, e a avenida Nossa Senhora da Penha, com forte verticalização e adensamento de construções. A porção sudoeste abriga o centro histórico de Vitória, parte mais antiga da cidade, na qual modificações para adaptação ao calor ainda não eram pensadas de forma tão abrangente, limitando as modificações.

A região leste, área que passou por um planejamento urbano (Abreu, 1997; Ribeiro, 2024), deveria ter idealizado um plano climático apropriado. Porém, com o aumento das construções e da impermeabilização do solo, alteraram o microclima local, que, em condições mais extremas, também sofre com o aumento das temperaturas (IPCC, 2022; WMO, 2022; Oke, 1987).

As regiões Nordeste, Sudeste e Noroeste, por sua vez, carregam em seu histórico, de maneira geral, a falta de planejamento urbano apropriado (Abreu, 1997; Ribeiro, 2024). Essas regiões foram construídas e ocupadas majoritariamente para atender camadas mais pobres da sociedade municipal, não levando em consideração o planejamento da região. Com isso, essas áreas sofrem com menor arborização do que as demais, resultando em uma exclusão verde e, além disso, no excesso de modificações do solo, causando impacto no clima local e

na vida da população ali residente, como, por exemplo, exposição ao calor extremo, problemas de saúde, elevado custo financeiro para refrigeração do ambiente (Zhou *et al.*, 2021).

A partir das perspectivas levantadas, cabe analisar as regiões de áreas escolares embutidas nesse cenário. As áreas afastadas da região costeira passam por um processo de adensamento urbano que consequentemente, podem estar favorecendo o aumento dos níveis de temperatura da superfície do solo (Figuras 3 e 4). Essa condição pode impactar o desenvolvimento educacional nessas áreas em função do desconforto térmico das escolas nas regiões (Wargocki; Wyon, 2013;).

A região do maciço central, região insular da cidade, promove um ponto de frescor quando analisado o valor da temperatura de superfície do solo (Figuras 3 e 4). Esse resultado corrobora com os achados do Instituto Allana, através da plataforma Mapbiomas (2024), onde foi verificado que as áreas escolares próximas às áreas verdes apresentam menores temperaturas (EMEFs José Áureo Monjardin, Rita de Cássia da Silva, Anacleto Schneider Lucas, Neusa Nunes Gonçalves).

As regiões nordeste, sudeste e noroeste sofrem mais com a passagem de ondas de calor (Figuras 3 e 4), afetando as áreas escolares. Devido ao adensamento populacional e à redução de áreas verdes, verifica-se elevados valores de temperatura de superfície, principalmente próximo à localidade da Avenida Leitão da Silva, bairros adjacentes, e da Região Administrativa de Goiabeiras (EMEFs Adão Benezath, Juscelino Kubitschek de Oliveira, Marechal Mascarenhas de Moraes, Arthur da Costa e Silva).

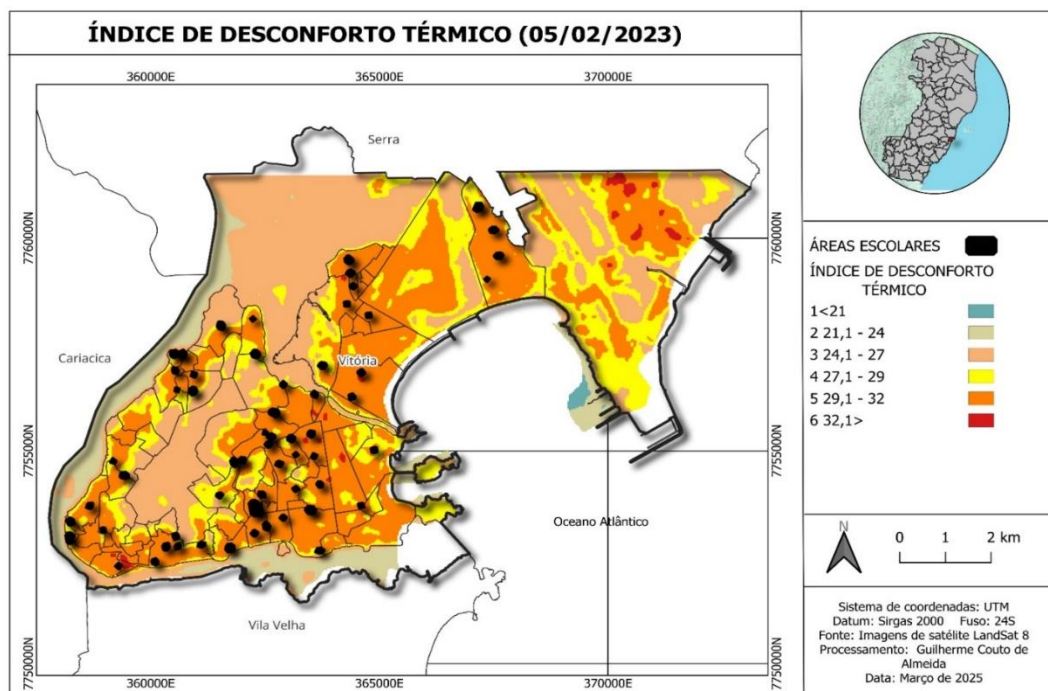
6.4 ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO

Os mapas de índice de desconforto térmico auxiliam na análise de como o estresse térmico pode impactar os ocupantes das regiões a serem analisadas. Para isso, novamente, o município foi dividido em zonas de análise (norte, sul, leste e oeste) com o objetivo de aprofundamento das questões a serem comparadas e debatidas.

Cabe salientar que a maneira pela qual o índice foi classificado deu-se pela tabela de classificação criada por Thom. Nela, são relacionados os dados

de temperatura do ar e de umidade relativa com o objetivo de estimar as condições de desconforto térmico às quais as populações estão expostas. O índice de Thom continua contemporâneo, já que abrange desde sua criação toda uma perspectiva de análise do indivíduo com relação ao seu meio, englobando o conforto térmico urbano, o qual passa por diversas alterações antrópicas (Giannaros *et al.*, 2014).

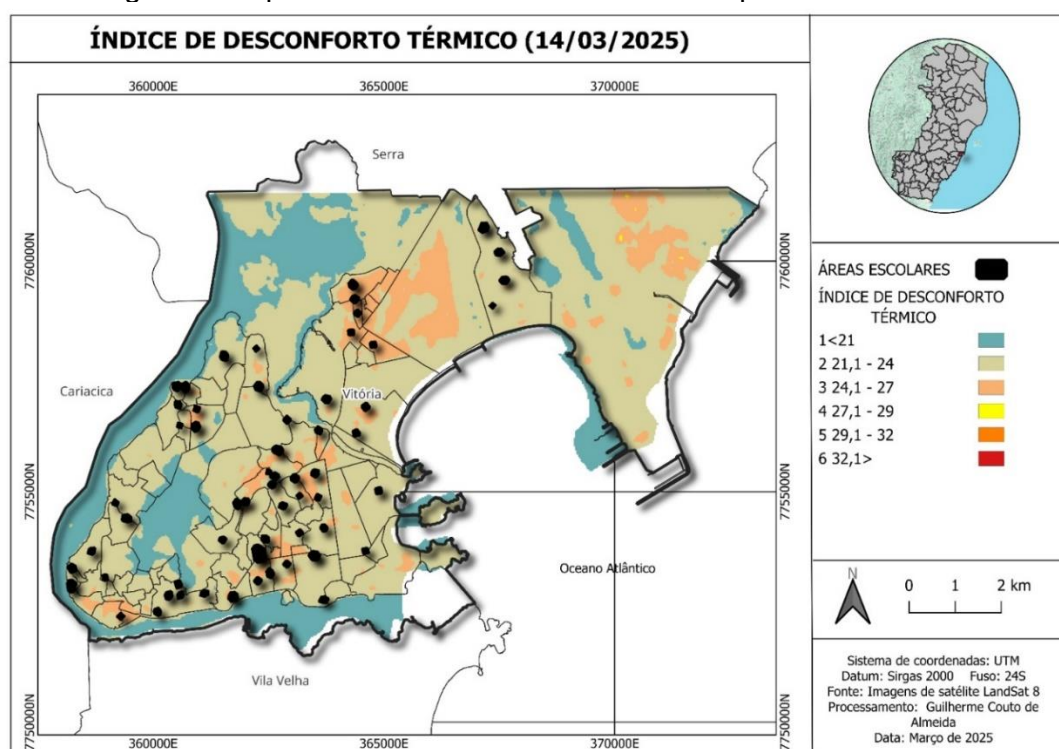
Figura 5: Mapa de índice de desconforto térmico para o dia 05/02/2023.



Na Figura 5, apresentada abaixo, têm-se os níveis de classificação de desconforto térmico para o dia 05/02/2023, data da passagem da onda de calor. De maneira geral, verifica-se que boa parte da cidade está inserida nas faixas 5 e 4, respectivamente, de conforto térmico, conforme Thom (1959). Entretanto, até mesmo algumas áreas de preservação, como a Ilha do Lameirão e o Maciço Central, estavam inseridas nessas faixas. Com isso, é possível captar através da classificação de Thom que, por mais que existam zonas com menores índices de desconforto, como partes da zona leste e os arredores das áreas de preservação ambiental, o município esteve quase em sua totalidade suscetível a elevados níveis de desconforto. Sendo assim, a maioria da população enfrentou durante a atuação da onda de calor um relativo e significativo desconforto (27 °C a 29 °C) ou um forte desconforto (29 °C a 32 °C).

A Figura 6, apresentada abaixo, diz respeito ao dia 14/03/2025, representando o dia sem influência da onda de calor no município de Vitória. De maneira geral, boa parte do município está inserida na Faixa 2 do índice de conforto térmico de Thom (1959) (Menos de 50% da população pode apresentar um ligeiro desconforto – 21,1° C e 24° C). Além disso, pode-se averiguar que toda a região leste até inserida na Faixa 2 quanto aos níveis de desconforto térmico, ao passo que parte da região nordeste e sudeste destoam do restante da cidade ao apresentarem níveis superiores aos das demais áreas.

Figura 6: Mapa de índice de desconforto térmico para o dia 14/03/2025.



A comparação entre as duas datas, no que diz respeito ao índice de conforto térmico, evidencia a diferença nas condições da cidade de Vitória, expondo a maneira como existe uma vulnerabilidade urbana associada ao local, à ocupação do espaço e ao clima.

As áreas escolares que são afetadas de forma mais abrupta pelo desconforto térmico, mesmo sem a atuação da onda de calor, também estão localizadas, em sua maioria, na Região Administrativa de Goiabeiras (EMEFs Adão Benezath, Juscelino Kubitschek de Oliveira, Marechal Mascarenhas de Moraes, Arthur da Costa e Silva, EEEMF Almirante Barroso) assim como escolas da Região Administrativa do Centro (EMEF Castelo Branco, Moacyr Avidos) e regiões de

outras partes da cidade como a Região administrativa de Maruípe (EMEF: Suzet Cuedet), a Região administrativa de São Pedro (EMEF Tancredo de Almeida Neves).

Ao comparar o período sem a atuação da onda de calor (Figuras 4 e 6) com o período da onda de calor (Figuras 3 e 5), pode-se compreender que os locais que apresentam exposição a temperaturas de superfícies mais elevadas também apresentam os piores índices de conforto térmico. Ou seja, sofrem de maneira proporcional ao aumento da temperatura com a passagem da onda de calor. Entretanto, há de se destacar a maneira como a malha urbana encontra-se sob um grande estresse térmico durante eventos de anomalia térmica.

Durante o período de onda de calor de 2023, as áreas escolares que estiveram expostas aos piores níveis de desconforto térmico (Figuras 3 e 5) estavam situadas nas regiões administrativas de Goiabeiras (EMEFs: Adão Benetzath, Juscelino Kubitschek de Oliveira, Marechal Marcarenhas de Moraes e Arthur da Costa e Silva). Áreas de preservação natural, como o maciço central de Vitória e a Ilha do Lameirão, por mais que tenham sofrido alteração em seu nível de desconforto, apresentam os menores níveis de desconforto térmico ao compararmos com os locais que substituíram a vegetação natural por superfícies impermeabilizadas (Bellei; Masiero, 2019).

Os locais da cidade que são ocupados por classes sociais mais altas, os quais foram privilegiados com altos índices de arborização oriundos de um planejamento em sua construção, também sofrem com níveis mais brandos (Viana; Oliveira, 2025), porém, superiores aos locais de vegetação natural.

Tais fatores podem ser observados com as escolas que apresentam melhor desempenho quanto ao conforto térmico. Para o ano de 2023, durante a atuação do evento de onda de calor, as escolas: EMEF Professora Maria Stella de Novaes, Amilton Monteiro da Silva, Rita de Cássia Oliveira, Anacleto Schneider Lucas, Neusa Nunes Gonçalves, Professor EEEF Elza Lemos Andreatta, Gomes Cardim, Major Alfredo Pedro Rabayolli, Renato José da Costa Pacheco, apresentaram os menores índices de desconforto térmico. Ao passo, que para o ano de 2025 as escolas EMEF Professora Maria Stella de Novaes, Anacleto Schneider Lucas, José Áureo Monjardim, Experimental de Vitória, Mauro Braga, Amilton Monteiro da Silva, EEEM Gomes Cardim, Elza Lemos Andreatta, Major Alfredo Pedro Rabayolli, apresentaram os menores índices de conforto térmico.

É salutar afirmar que ambientes escolares próximos a áreas de reserva natural e bairros com altos índices de arborização sofreram menos impacto no quesito de desconforto térmico, quando comparados às demais localidades (Figuras 5 e 6), que, com alto índice de impermeabilização dos solos e baixos índices de arborização, sofreram mais impacto de tais fenômenos.

Atualmente, a alta taxa de verticalização da cidade continua sendo uma preocupação que permeia questões climáticas; o adensamento das construções e o aumento de superfícies impermeáveis alteram os microclimas da região, o que também ocorre em vários lugares do Brasil (Silva *et al.*, 2024). Estudos contemporâneos afirmam que a troca de áreas vegetais por materiais comuns do meio urbano altera significativamente o conforto térmico nas regiões, em comparação com locais com cobertura vegetal, além de intensificar o contraste térmico na cidade (Akter; Ullah; Rahman *et al.*, 2024).

Ainda assim, é fundamental o reconhecimento dos órgãos públicos (Secretaria Municipal de Educação de Vitória e Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo) para tentar sanar os elevados índices de desconforto térmico que foram registrados em tais localidades através da implementação de sistemas de climatização nas unidades escolares. Mesmo diante de tal esforço, é cabível uma crítica, visto que, segundo dados coletados pelo Instituto Allana, as localidades possuem, em sua maioria, baixos índices de arborização, o que é um dos principais mitigadores da redução do índice de desconforto térmico. Ademais, segundo a classificação proposta por Thom (1959), a exposição dos indivíduos em ambientes com altas temperaturas, não são propícias para atividades de longa duração ao ar livre, prática que é recorrente na disciplina de Geografia, sendo assim por mais que o investimento em ambientes climatizados represente uma resolução imediata para tal problemática, a longo prazo não se faz consistente sendo necessários novos métodos para mitigar tal questão.

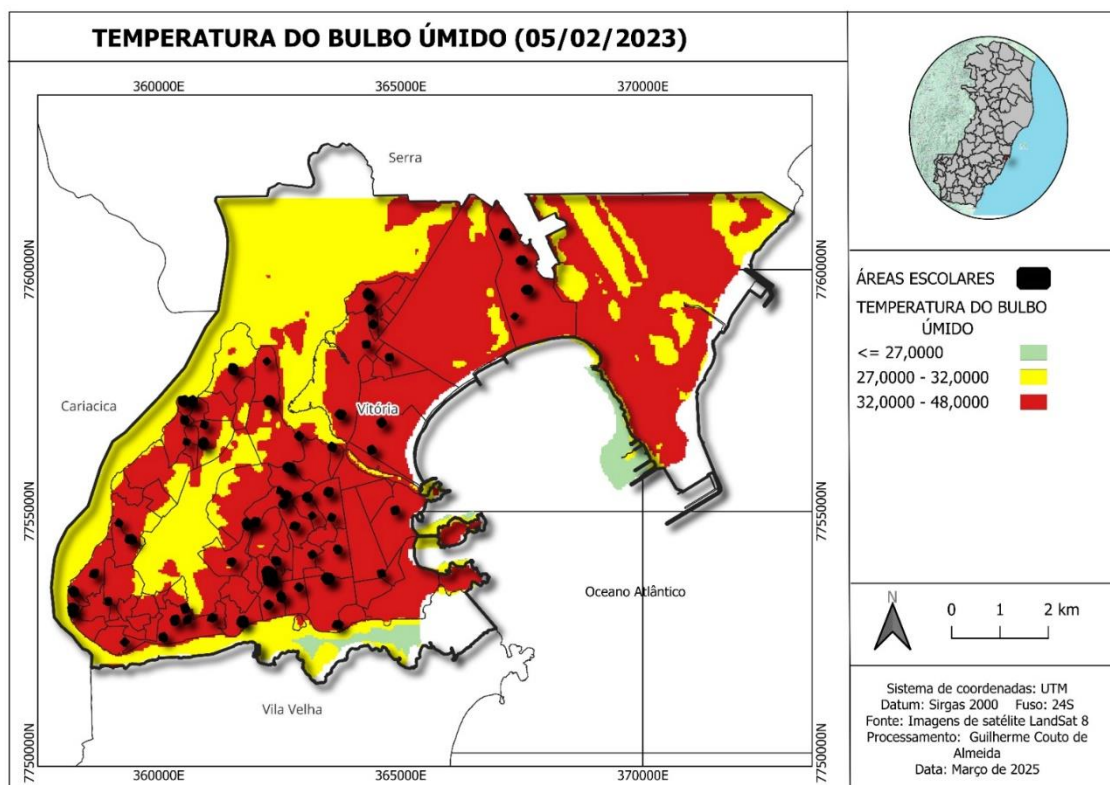
6.5 TEMPERATURA APROXIMADA GLOBO DO BÚLBO ÚMIDO (AWBGT)

A temperatura aproximada do globo do bulbo úmido (AWBGT) é apontada como indicador para avaliar o estresse térmico humano, no qual são analisados os efeitos da umidade relativa do ar e da temperatura do ar, e, ao correlacionar esses itens, pode-se obter um ponto de cálculo do valor de umidade do ar no momento da medição (Sherwood; Huber, 2020).

Os registrados do Globo do bulbo úmido podem representar um risco fisiológico ao organismo humano em condições superiores a 35 °C, comprometendo a capacidade cognitiva, a atenção e o bem-estar no desenvolvimento de atividades (Sherwood; Huber, 2020). Para análise, foram gerados dois mapas comparativos, assim como as demais subcategorias de análise previamente mencionadas, com datas que representam a passagem de uma onda de calor sobre a cidade (fevereiro de 2023) e um dia regular da cidade de Vitória – ES (março de 2025), captados através do satélite LandSat 8 e processados no Qgis. Cabe salientar que a região foi subdividida, assim como as demais, em zonas para melhor análise das especificidades de cada parte do município.

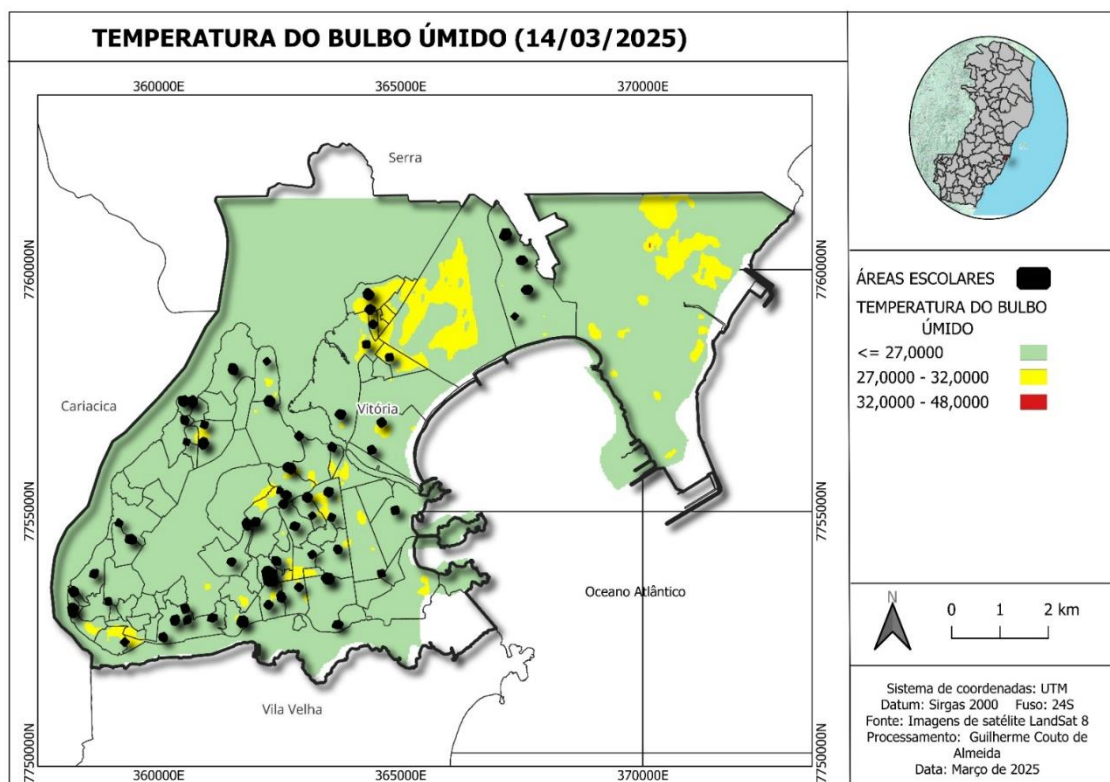
A Figura 7 refere-se ao dia 05/02/2023, data da atuação da onda de calor. Nela pode-se observar uma demarcação quase uniforme da classe 3 da Temperatura do Bulbo Úmido (Risco elevado à saúde, com limitação da termorregulação). A Figura 7 evidencia que principalmente as áreas de ocupação urbana foram afetadas, tendo picos de alívio em zonas de preservação ambiental (Ilha do Lameirão e Maciço Central). As demais partes, classe 3, apontam uma questão contundente quanto ao desenvolvimento educacional nas áreas de análise, visto que os níveis de umidade do ar e temperatura podem afetar o desenvolvimento das atividades do setor.

Figura 7: Mapa da temperatura do bulbo úmido do dia 05/02/2023



A Figura 8, por sua vez, apresenta quase uniformidade dos níveis de temperatura do Bulbo úmido (AWBGT) para o dia 14/03/2025, expondo como, em dias regulares, a umidade do ar adjunta à temperatura do ar, nesse caso com a temperatura de superfície, propicia condições mais amenas. O período de análise, 2023, apresenta como a cidade se comporta em uma condição regular, demonstrando pontos de calor concentrados principalmente nas zonas nordeste, sudeste e sudoeste. Ainda que essas localidades apresentem um valor acima da média do resto do município, o valor expresso não alcança uma margem de classificação elevada quando comparado com os valores obtidos no ano de 2023, durante a atuação da onda de calor.

Figura 8: Mapa de Temperatura do Bulbo Úmido do dia 14/03/2025.



Ao analisarmos a Figura 8, imagem coletada em um dia regular, pode-se observar uma reincidência, assim como, durante a atuação da onda de calor (Figura 7), de áreas escolares com o valor do bulbo úmido superior aos demais. As localidades escolares afetadas pela elevação de valor do bulbo úmido são: a Região Administrativa de Goiabeiras (EMEFs: Adão Benezath, Arthur da Costa e Silva, Marechal Mascarenhas de Moraes, Juscelino Kubitschek de Oliveira, EEEMF Almirante Barroso) mas também englobando outras partes do município como a Região Administrativa do Centro (EMEFs Moacyr Avidos, Castelo Branco).

Ao relacionarmos o evento de onda de calor (Figura 07), com um dia norma de neutral (Figura 8), é possível verificar que as escolas que foram afetadas no ano de 2025 se assemelham as que são mais afetadas no ano da passagem da onda de calor 2023, a saber: escolas na Região Administrativa de Goiabeiras (EMEFS Adão Benezath, Arthur da Costa e Silva, Marechal Mascarenhas de Moraes, Juscelino Kubitschek de Oliveira) assim como da Região Administrativa do Centro (EMEFs: Castelo Branco, Moacyr Avidos). As localidades que apresentam maior valor de temperatura de bulbo úmido em

ambos os cenários têm, em sua composição, como já mencionado, uma desestruturação da cobertura vegetal original, alto adensamento populacional e alta presença de materiais impermeáveis. Cenário o qual, adjunto à baixa arborização, propicia uma elevação do bulbo úmido.

Ao comparar compararmos os dois cenários, verificamos que as áreas escolares que possuem os menores valores de bulbo úmido (EMEFs: Professora Maria Stella de Novaes, José Áureo Monjardim, Rita de Cássia Oliveira, Amilton Monteiro da Silva, Anacleto Schneider Lucas, Neusa Nunes Gonçalves, EEEFMs Elza Lemos Andreatta, Major Alfredo Pedro Rabayolli, Gomes Cardim), novamente, estão localizadas próximas a reservas florestais/locais de conservação, grandes corpos de árvores e a proximidade com corpos d'água, repercutindo em menores temperaturas do bulbo úmido.

6.6 RESULTADOS DA APLICAÇÃO PRÁTICA NA ESCOLA

Os resultados dos trabalhos apresentaram, quase de forma unânime, os principais pontos de desconforto térmico a partir da percepção pessoal de cada aluno que caracterizavam aquele ambiente escolar, a partir de conceitos expostos em sala de aula (Figura 9).

Dos locais aos quais se teve acesso, possuíam máquinas de climatização a sala de Geografia, a biblioteca e a sala de artes. Os demais lugares (pátio descoberto, pátio coberto, refeitório, quadra descoberta) não possuíam climatização artificial por serem lugares abertos; a sala de aula que estava vazia passava por um problema em seu sistema de climatização e recebia, devido à sua localização, grande parte da radiação do Sol à tarde.

1 Os dados foram catalogados pelos estudantes que desenharam a estrutura da escola em formato de planta baixa simples, apontando as áreas escolares correspondentes aos desenhos das estruturas escolares (Figura 10, Figura 11). As áreas às quais os alunos, adjuntos dos monitores do PIBID e do professor de Geografia, transmutaram pelas imediações da escola dos locais que estavam disponíveis, realizando, cada um deles, uma anotação pessoal e um aponta-

¹ Cabe salientar a não especificação da unidade escolar em decorrência da não autorização da SEDU em divulgar o nome da escola. Foi autorizado somente a atividade em função da aplicação de aulas do PIBID.

mento sobre o nível de conforto térmico, segundo a classificação de Thom. Foram levadas em consideração as áreas da sala de Geografia, biblioteca, sala de artes, pátio descoberto, pátio coberto, refeitório, quadra descoberta, sala de aula vazia.

Figura 9: Aula expositiva sobre questões climáticas.

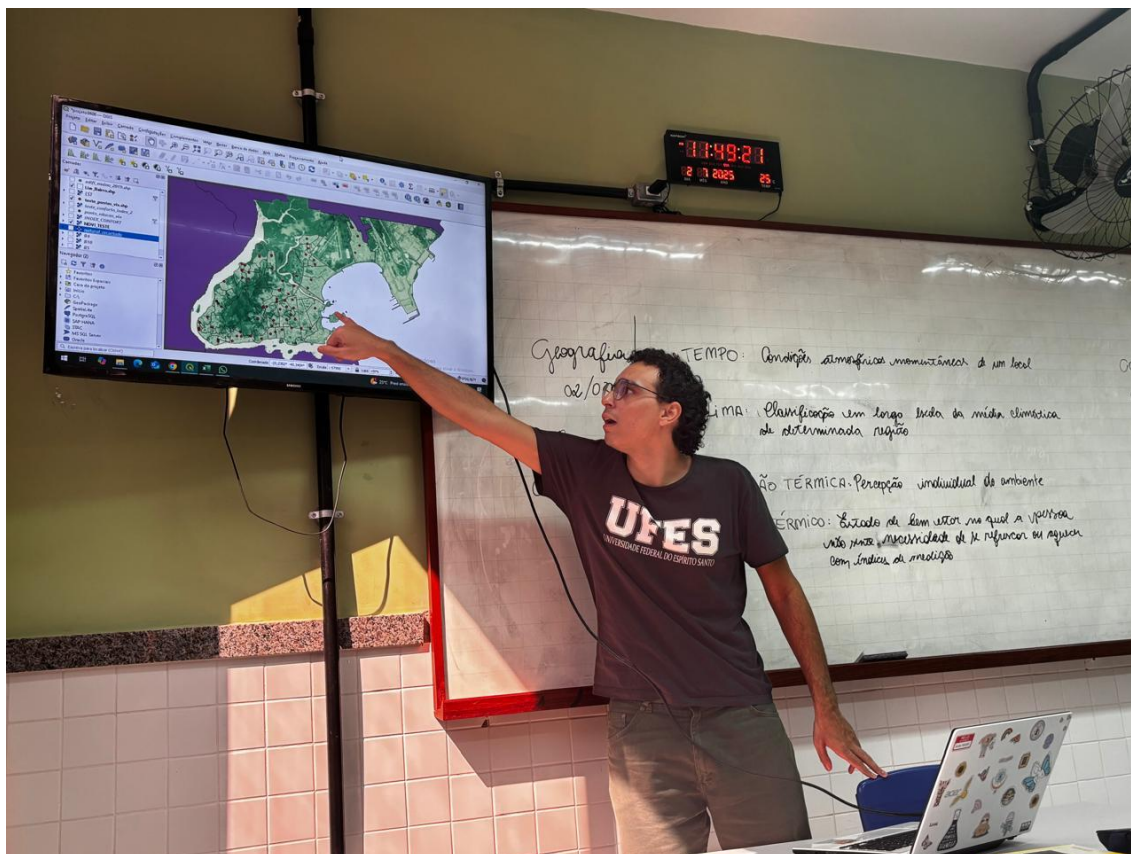


Figura 10: Confecção de plantas da escola em oficina de cartografia



Figura 11: Exemplo de planta baixa realizado por aluno/a



Com os trabalhos recolhidos e avaliados, grande parte catalogou os locais sem climatização artificial, como pátio descoberto, pátio coberto, refeitório e quadra, como sendo os principais pontos de desconforto daquele local. A sala de aula que passava por uma manutenção em seu sistema de refrigeração também foi um dos lugares apontados como ponto de extremo desconforto térmico, principalmente no dia 10, que estava mais ensolarado.

A vivência desses alunos sintetiza toda a perspectiva que vem sendo trabalhada, já que, através de relatos durante a roda de conversa e exposição de seus trabalhos, muitos relataram como se sentiam distraídos e/ou desfocados de suas atividades por passarem por extremo desconforto térmico, principalmente durante a época na qual a escola não fornecia ambientes climatizados.

Adjunto da prática, foi elaborado também um trabalho de disposição da funcionalidade de uma pesquisa dentro de um ambiente acadêmico do ensino superior, no qual o desenvolvimento dessa pesquisa, como vem sendo elaborado, foi promulgado de maneira mais simples para uma melhor compreensão, instigando os alunos e expondo a maneira como a pesquisa é feita dentro do ambiente universitário. Esse tipo de formulação tem como objetivo agregar à vida de estudantes, inserindo a maneira na qual se fomenta uma pesquisa, e pode vir

a ser engrandecedor por se tratar dos primeiros contatos com a pesquisa e vivências da universidade (Moraes; Galiazzi, 2011; Freire, 1996; Bazzo *et al.*, 2014; Zeichner, 2010).

Cabe salientar que a atividade foi desenvolvida no final do ano letivo, período em que a escola passou por reorganizações internas em função da redução do número de alunos com frequência regular. Em razão dessa reestruturação, algumas turmas foram agrupadas, o que resultou em variações no quantitativo de participantes ao longo da aplicação, acompanhando a dinâmica institucional daquele momento. A intervenção foi organizada em etapas sucessivas. Inicialmente, realizou-se uma aula expositiva voltada à contextualização dos conceitos de clima urbano, ilhas de calor e conforto térmico, estabelecendo a base teórica necessária para as atividades posteriores. Na sequência, foi realizada a oficina de cartografia, na qual os estudantes elaboraram plantas baixas da escola, representando os diferentes ambientes a partir da organização espacial interna da instituição. Nessa etapa, não houve atividade de campo nem análise das condições térmicas, pois o objetivo consistiu em desenvolver a noção de espacialização e de representação do espaço escolar.

Posteriormente, duas aulas foram destinadas à continuidade e sistematização das representações cartográficas produzidas. Apenas em um momento seguinte foi realizada a aula de campo, nas dependências internas e no entorno da escola, em horários distintos das turmas mantidas. Essa etapa teve como finalidade possibilitar a observação direta das condições ambientais do espaço escolar.

Durante a atividade de campo, os estudantes puderam identificar como fatores como arborização, sombreamento, circulação de ventos, exposição solar e presença de climatização artificial influenciam a percepção térmica em cada ambiente. Dessa forma, articulou-se a dimensão conceitual previamente trabalhada com a experiência concreta do espaço vivido. Do ponto de vista metodológico, a proposta assumiu caráter participativo e investigativo, ao integrar representação espacial e experiência sensorial. O objetivo pedagógico consistiu em promover a compreensão da relação entre organização do espaço escolar e conforto térmico, ao mesmo tempo em que se buscou desenvolver habilidades de

leitura espacial, produção cartográfica e análise das condições ambientais. As plantas baixas elaboradas pelos alunos foram utilizadas como instrumento qualitativo de análise, permitindo relacionar as percepções térmicas registradas às características físicas da estrutura escolar.

7 CONCLUSÃO

Na presente pesquisa, os resultados obtidos apontam a maneira pela qual as elevadas temperaturas de superfície e o desconforto térmico podem afetar os ambientes escolares no município de Vitória (ES), bem como, como esses ambientes estão expostos a eventos extremos, situações que podem impactar o desenvolvimento intelectual dos estudantes na capital capixaba.

A pesquisa também salienta o modo pelo qual a cidade tende a sofrer mais com os impactos do calor, principalmente em áreas com carência de infraestrutura necessária e de planejamento, como pode ser visto em uma grande margem da cidade.

Ao realizar a análise dos índices de Temperatura de Superfície Terrestre (LST), Desconforto térmico (DI) e Temperatura Média do Bulbo Úmido (AWBGT), coletados através do uso de imagens de satélite, pode-se averiguar que áreas escolares com a baixa presença da cobertura vegetal, natural ou replantada, e com uma maior impermeabilização do solo, adjunto de uma alta densidade de construções, podem representar localidades com o cenário prepotente a maior risco de estresse térmico e o desenvolvimento de outras doenças causadas por esse desconforto térmico como já apontado anteriormente.

Ao relacionarmos os dados com outros estudos já realizados, como o do Instituto Allana, pode-se notar que essas anomalias térmicas não se dissipam dentro do espaço urbano de maneira igual, apontando que as áreas de classes mais baixas estão suscetíveis a maiores temperaturas e desconforto térmico. As áreas escolares também vivenciam essa desigualdade; escolas inseridas nas áreas mais vulneráveis também estão suscetíveis a maiores valores de temperatura, desconforto térmico e maiores índices da temperatura do bulbo úmido.

Mesmo com a distribuição de projetos de climatização artificial em uma grande parte das escolas públicas do município, segundo informações fornecidas pelos órgãos apontados, tal prática pode não se configurar como melhor maneira para o longo prazo, visando amenizar as problemáticas causadas nos ambientes escolares pelas mudanças climáticas. A literatura aponta, de certa maneira, que os aparelhos de climatização artificial, ao mesmo tempo que apaziguam o calor e o desconforto térmico nas regiões em que estão ativos, também reforçam um uso excessivo de fontes energéticas e, por meio de seu funcionamento, contribuem para a intensificação dos efeitos e ICUs. Essa prática não enfrenta o problema de maneira efetiva, mas sim como um paliativo (Santamouris, 2001).

Ademais, a exposição constante a tais aparelhos pode causar efeitos negativos à saúde, principalmente quando considerados os longos prazos de uso ao longo de um ano escolar e a falta de manutenção adequada dos aparelhos. Pesquisas indicam que o aumento da presença de tais aparelhos, adjuntos à falta de gerenciamento adequado dos aparelhos, pode acarretar o acúmulo de fungos, poluentes, entre outros fatores que acabam por agravar doenças respiratórias, como alergias, asma e rinite, afetando os indivíduos expostos a esses ambientes por longos períodos (Mendell; Heath, 2005).

Assim, assegurar mudanças sociais em ambientes com infraestrutura precária e sem acesso a áreas verdes tem-se como principal desenvolvimento a longo prazo para que, em um cenário urbano, uma grande maioria da população possa ter acesso à justiça climática sem ser afetada pelas lacunas do Estado. A proposta de melhorias visa principalmente atingir grupos os quais historicamente passam por processos de marginalização da sociedade, com uma redução em sua mobilidade social, estão novamente subalternados à ineficácia das políticas públicas e passam por um processo de reprodução da perda de seus direitos básicos, como o acesso a ambientes escolares termicamente confortáveis.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Maurício de Almeida. **A EVOLUÇÃO URBANA DO RIO DE JANEIRO**. 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, 1997.

ABREU, Maurício de Almeida. **EVOLUÇÃO DO RIO DE JANEIRO**. Rio de Janeiro: IPLANRIO, 1997.

ACSELRAD, Henri. JUSTIÇA AMBIENTAL E CONSTRUÇÃO SOCIAL DO RISCO. **DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**, [s. l.], vol. 5, 2002. DOI 10.5380/dma.v5i0.22116. Disponível em:: <https://doi.org/10.5380/dma.v5i0.22116>.

AKTER, Saleha *et al.* IMPACTS OF URBAN EXPANSION AND VEGETATION LOSS ON LAND SURFACE TEMPERATURE AND THERMAL COMFORT: A GLOBAL META-ANALYSIS. **SUSTAINABLE CITIES AND SOCIETY**, [s. l.], vol. 100, 105032, 2024. DOI 10.1016/j.scs.2023.105032. Disponível em:: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105032>.

ASHRAE. **ASHRAE HANDBOOK: FUNDAMENTALS**. Atlanta: ASHRAE, 2017.

ASHRAFIAN, Touraj. THERMAL COMFORT IN EDUCATIONAL BUILDINGS: A REVIEW OF LITERATURE FROM 2000 TO 2022. **JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING**, [s. l.], vol. 76, 107122, 2023.

BACKES, Benício. FORMAÇÃO POLÍTICA DO EDUCADOR E DA EDUCADORA: UM ENCONTRO COM A HISTÓRIA. **REVISTA HISTEDBR**, [s. l.], no. 6, p. 35–48, 1999.

BAGYARAJ, M.; JAWAHAR RAJ, N.; PRASAD, K. N. ASSESSMENT OF URBAN HEAT ISLAND AND THERMAL COMFORT USING REMOTE SENSING AND GIS IN CHENNAI METROPOLITAN AREA, INDIA. **GEOLOGY, ECOLOGY, AND LANDSCAPES**, [s. l.], 2023. DOI 10.1080/24749508.2023.2238999. Disponível em:: <https://doi.org/10.1080/24749508.2023.2238999>.

BARRETT, Peter *et al.* THE IMPACT OF CLASSROOM DESIGN ON PUPILS' LEARNING: FINAL RESULTS OF A HOLISTIC, MULTI-LEVEL ANALYSIS. **BUILDING AND ENVIRONMENT**, [s. l.], vol. 89, p. 118–133, 2015.

BAZZO, Walter Antonio *et al.* **CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: O CONTEXTO DA EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2014.

BELLEI, B. S.; MASIERO, É. INFLUÊNCIA TÉRMICA DAS ÁREAS VERDES NO ENTORNO IMEDIATO: ESTUDO EM SÃO JOSÉ DO RIO PRETO-SP. In: **ENCAC**, 15.; **ELACAC**, 11., 2019, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa, 2019. p. 3122–3127.

BRASIL. Ministério da Educação. **BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR**. Brasília: MEC, 2018.

CAMPOS JÚNIOR, C. T. **O NOVO ARRABALDE: ASPECTOS DA FORMAÇÃO URBANA DE VITÓRIA**. 1985. 186 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1985.

Coelho, A. L. N., & Correa, W. de S. C. (2013). TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE CELSIUS DO SENSOR TIRS/LANDSAT-8: METODOLOGIA E APLICAÇÕES. *REVISTA GEOGRÁFICA ACADÊMICA*, 7(1), 31–45. Disponível em: <https://doi.org/10.18227/1678-7226rga.v7i1.2996>

CORREA, Wesley S. C.: **COMPORTAMENTO DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS, TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO, NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA (ES) NO PERÍODO DE 1978 A 2007**. 2011. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2011. Disponível em: <http://www.geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/Wesley.pdf>

Correa, W. S. C.: **CAMPO TÉRMICO E HIGROMÉTRICO DA REGIONAL PRAIA DO CANTO NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA (ES)**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/1193>

CORREA, W. de S. C.: **IMPACTO DA ALTERAÇÃO DA SUPERFÍCIE NA CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA DA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE VITÓRIA (ES)**. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/11735>

CORREA, Wesley de Souza Campos; COELHO, André Luiz Nascentes; DO VALE, Cláudia Câmara. INFLUÊNCIA DE DISTINTOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS NA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA (ES). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 53, p. 37–54, 2015. DOI: [10.14393/RCG165326984](https://doi.org/10.14393/RCG165326984). Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26984>.

CORREA, W. de S. C. et al. (2022). A Ilha de Calor Urbana em ambiente tropical: a Região Metropolitana da Grande Vitória no Brasil. *Revista Do Departamento De Geografia*, 42, e186970. Disponível: <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.186970>

Correa, W. de S.C., Rosales Aylas, G. Y., Magalhães Santiago, A., do Vale, C. C., Silva, M. E. S., da Silva, C. B., ... Martins Moreira, D. (2024). Temporal and Spatial Urban Heat Islands in a Coastal Brazilian Area of Tropical Climate. *Papers in Applied Geography*, 10(2), 114–137. <https://doi.org/10.1080/23754931.2024.2321561>

COSTA, Gleidson Martins da; LIMA, Munique Silva de. CONFORTO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES EDUCACIONAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA A PARTIR DAS PUBLICAÇÕES DO ENCAC/ENLACAC. In: **ENCAC**, 18., 2025. Anais [...]. 2025.

CUNHA, Ana Paula Valente Breia da. **ESTUDANTES CHINESES EM PORTUGAL: VALORES, FAMÍLIA E ESCOLARIDADE**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências da Educação) – Universidade de Lisboa, 2014.

FERREIRA, Gustavo Meletti. UMA BREVE ANÁLISE DAS BASES DE FORMAÇÃO DA EDUCAÇÃO CHINESA: OS ANALECTOS DE CONFÚCIO. In: CICLO DE DEBATES: FORMAÇÃO DE PROFESSORES..., 2017. Anais eletrônicos [...]. UNESP, 2017. p. 1–8.

FREIRE, Ana Lucy Oliveira. DINÂMICAS SÓCIO-ESPACIAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE VITÓRIA-ES. **REVISTA TAMOIOS**, São Gonçalo, vol. 3, no. 1, 2010. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/tamoios/article/view/619>.

FREIRE, Paulo. **PEDAGOGIA DA AUTONOMIA: SABERES NECESSÁRIOS À PRÁTICA EDUCATIVA**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FIRMAN, N. S.; ZAKI, S. A.; TUCK, N. W.; SINGH, M. K.; RIJAL, H. B. A study on adaptive thermal comfort and ventilation in Malaysia secondary school classrooms of tropical climate. **Building and Environment**, [s. l.], vol. 273, no. December 2024, p. 112701, 2025. DOI 10.1016/j.buildenv.2025.112701. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112701>

GIANNAROS, Christos; MELAS, Dimitrios; MATZARAKIS, Andreas. MAPPING THE HUMAN THERMAL COMFORT IN OUTDOOR URBAN AREAS: A GIS-BASED APPROACH FOR THE CITY OF THESSALONIKI, GREECE. **THEORETICAL AND APPLIED CLIMATOLOGY**, [s. l.], vol. 117, no. 3-4, p. 517–529, 2014.

GRIMMOND, C. S. B., and T. R. OKE, 1999: Heat Storage in Urban Areas: Local-Scale Observations and Evaluation of a Simple Model. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **38**, 922–940, Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1999\)038<0922:HSIUAL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1999)038<0922:HSIUAL>2.0.CO;2).

GUIDI, C. R.; PALMES, P. I. T.; VELOSO, A. C. de O.; SOUZA, R. V. G. de; NASTRINI, C. D. S.; SILVA, G. A. da. Conforto Térmico Em Sala De Aula Naturalmente Ventilada. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, [s. l.], vol. 27, no. 40, p. 282, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/p.2316-1752.2020v27n40p282>.

HAVERINEN-SHAUGHNESSY, U.; SHAUGHNESSY, R. J. Effects of classroom ventilation rate and temperature on students' test scores. **PLoS ONE**, [s. l.], vol. 10, no. 8, p. 1–14, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136165>.

HENRIQUE MARTINS TEODORO, P.; CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM, M. MUDANÇAS CLIMÁTICAS: ALGUMAS REFLEXÕES. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], vol. 3, p. 25–35, 31 Aug. 2008. DOI 10.5380/abclima.v3i0.25405. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25405>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CIDADES E ESTADOS: VITÓRIA**. 2022.

IJSN. Instituto Jones dos Santos Neves. **ECONOMIA CAPIXABA EM DADOS**. Vitória: IJSN, 2024.

IMRAN, H. M.; HOSSAIN, A.; SHAMMAS, M. I.; DAS, M. K.; ISLAM, M. R.; RAHMAN, K.; ALMAZROUI, M. Land surface temperature and human thermal comfort responses to land use dynamics in Chittagong city of Bangladesh. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, [s. l.], vol. 13, no. 1, p. 2283–2312, 2022. DOI 10.1080/19475705.2022.2114384. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19475705.2022.2114384>.

IPCC. **CLIMATE CHANGE 2021: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. DOI 10.1017/9781009157896. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.

JAOUAF, S.; BENSAAD, B.; HABIB, M. Passive strategies for energy-efficient educational facilities: Insights from a mediterranean primary school. **Energy Reports**, [s. l.], vol. 11, no. March, p. 3653–3683, 2024. DOI

10.1016/j.egyr.2024.03.040. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.03.040>.

JIANG, Y.; FU, P.; WENG, Q. Assessing the impacts of urbanization-associated land use/cover change on land surface temperature and surface moisture: A case study in the midwestern united states. **Remote Sensing**, [s. l.], vol. 7, no. 4, p. 4880–4898, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs70404880>.

LEFEBVRE, Henri. **A PRODUÇÃO DO ESPAÇO**. Trad. Doralice Barros Pereira e Sérgio Martins. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

LONGLEY, Paul A. *et al.* **GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE AND SYSTEMS**. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.

MARCHIORO, E. A INCIDÊNCIA DE FRENTES FRIAS NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA (ES). **REVISTA ACTA GEOGRÁFICA**, [s. l.], p. 49–60, 2012. DOI 10.5654/actageo2012.0002.0003. Disponível

em:: <http://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1093/891>

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; BARRETO, N.; CUNHA, A. P.; RAMOS, A. M.; SKANSI, M.; MOLINA CARPIO, J.; SALINAS, R. The heat wave of October 2020 in central South America. **International Journal of Climatology**, [s. l.], vol. 42, no. 4, p. 2281–2298, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.7365>.

MARENGO, J. A.; COSTA, M. C.; CUNHA, A. P.; ESPINOZA, J. C.; JIMENEZ, J. C.; LIBONATI, R.; MIRANDA, V.; TRIGO, I. F.; SIERRA, J. P.; GEIRINHAS, J. L.; RAMOS, A. M.; SKANSI, M.; MOLINA-CARPIO, J.; SALINAS, R. Climatological patterns of heatwaves during winter and spring 2023 and trends for the period 1979–2023 in central South America. **Frontiers in Climate**, [s. l.], vol. 7, no. February, p. 1–21, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fclim.2025.1529082>.

MARROU, Henri-Irénée. **HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO NA ANTIGUIDADE**. São Paulo: EPU, 1975.

MENDELL, M. J.; HEATH, G. A. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. **Indoor Air**, [s. l.], vol. 15, no. 1, p. 27–52, Jan. 2005. DOI 10.1111/j.1600-0668.2004.00320.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0668.2004.00320.x>.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **TEORIA E CLIMA URBANO**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. (Série Teses e Monografias, no. 25).

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. TEORIA E CLIMA URBANO. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **CLIMA URBANO**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 9–68.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. Análise textual discursiva: processo reconstitutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação (Bauru)**, [s. l.], vol. 12, no. 1, p. 117–128, Apr. 2006. DOI 10.1590/S1516-73132006000100009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132006000100009&lng=pt&tlng=pt.

NIKOLOPOULOU, M.; STEEMERS, K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. **Energy and Buildings**, [s. l.], vol. 35, no. 1, p. 95–101, Jan. 2003. DOI 10.1016/S0378-7788(02)00084-1. Available at: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778802000841>.

NIMER, Edmon. **CLIMATOLOGIA DO BRASIL**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

OKE, T. R. **BOUNDARY LAYER CLIMATES**. 2. ed. London: Methuen & Co., 1982.

OKE, T. R. THE ENERGETIC BASIS OF THE URBAN HEAT ISLAND. **QUARTERLY JOURNAL OF THE ROYAL METEOROLOGICAL SOCIETY**, [s. l.], vol. 108, no. 455, p. 1–24, 1982.

OKE, Timothy R.; MILLS, Gerald; CHRISTEN, Andreas; VOOGT, James A. **URBAN CLIMATES**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

ORMANDY, D.; EZRATTY, V. Health and thermal comfort: From WHO guidance to housing strategies. **Energy Policy**, [s. l.], vol. 49, p. 116–121, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.003>.

PARMAKSIZ, K.; YESILNACAR, M. I.; KARABULUT, A. I. Assessing Thermal Comfort and Indoor Air Quality: In an Educational Facility of a Semi-Arid Climate Zone. **Atmosphere**, [s. l.], vol. 16, no. 1, p. 29, 29 Dec. 2024. DOI 10.3390/atmos16010029. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/16/1/29>.

PERILLO, P. J. L.; CAMPOS, M. A. S.; ABREU-HARBICH, L. V. de. Conforto térmico em salas de aula: revisão sistemática da literatura. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [s. l.], vol. 8, no. 4, p. 236–248, 31 Dec. 2017. DOI 10.20396/parc.v8i4.8650268. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650268>.

QUADRO, M. F. L. de; PEZZI, L. P.; ROSA, E. B. O Climanálise e o monitoramento da ZCAS nos últimos 30 anos. **Revista Climanálise - Edição Comemorativa de 30 anos do Climanálise**, [s. l.], vol. 1, no. 1992, p. 19–25, 2013.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P. da; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], vol. 25, no. 2, p. 185–204, Jun. 2010. DOI 10.1590/S0102-77862010000200004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862010000200004&lng=pt&tlng=pt.

RIBEIRO, Flora. **OCUPAÇÃO ORIGINAL E TRANSFORMAÇÕES URBANAS NA ILHA DE VITÓRIA/ES**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2020.

RODRIGUES, Fernanda dos Santos; RIBEIRAL, Tatiana Braz. **EDUCAÇÃO ESCOLAR INDÍGENA: UM ESTUDO SOBRE O MARCO LEGAL**. 2023. Trabalho acadêmico – UFMS, 2023.

SANTAMOURIS, M. (Ed.). **ENERGY AND CLIMATE IN THE URBAN BUILT ENVIRONMENT**. London: Routledge, 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. O CLIMA URBANO COMO CONSTRUÇÃO SOCIAL: DA VULNERABILIDADE POLISSÊMICA DAS CIDADES ENFERMAS AO SOFISMA UTÓPICO DAS CIDADES SAUDÁVEIS. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], vol. 8, no. 2009, p. 45–60, 30 Jun. 2011. DOI 10.5380/abclima.v8i0.25794. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25794>.

SANTAMOURIS, M. Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—A review of the actual developments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], vol. 26, p. 224–240, Oct. 2013. DOI 10.1016/j.rser.2013.05.047. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.047>.

SAVIANI, Dermeval. HISTÓRIA DAS IDEIAS PEDAGÓGICAS NO BRASIL. **REVISTA BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO**, [s. l.], 2008.

SHERWOOD, S. C.; HUBER, M. An adaptability limit to climate change due to heat stress. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], vol. 107, no. 21, p. 9552–9555, 25 May 2010. DOI 10.1073/pnas.0913352107. Disponível em: <https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0913352107>.

SILVA, A. N. da; WOLLMANN, C. A.; IENSSE, A. C.; HOPPE, I. L.; BAUMHARDT, O. de F.; WRITZL, L.; COSTA, I. T.; GOBO, J. P. A.; GALVANI, E.; MATZARAKIS, A. Assessing the Relationship between Urban Heat Islands and Local Climate Zones during a Winter Period in the Coastal City of Balneário Camboriú/SC, Brazil. **Atmosphere**, [s. l.], vol. 15, no. 10, p. 1171, 30 Sep. 2024. DOI 10.3390/atmos15101171. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/15/10/1171>.

SILVESTRE, H. A.; MACHADO CAMPOS, M. Porto e impactos no território: o sistema portuário da Grande Vitória (ES). **arq.urb**, [s. l.], vol. 28, p. 136–152, 3 Aug. 2020. DOI 10.37916/arq.urb.v28i.415. Available at: <https://arqurb.emnuvens.com.br/arqurb/article/view/415>.

SOUZA, Jullyanne Ferreira de; LIMA, Amanda V. P.; MACEDO, Pollyanna Padre de; LEDER, Solange Maria. ESTUDO DE CONFORTO TÉRMICO EM SALAS DE AULAS CONDICIONADAS ARTIFICIALMENTE EM CLIMA QUENTE E ÚMIDO. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2019. **Anais [...]**. [S. l.], 2019. p. 1251–1260. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4080>.

SOUZA, Carla Priscila de; NOGUEIRA, Wilma Gomes Coelho; SARAIVA, Ana Luiza Bezerra da Costa. CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM AMBIENTES ESCOLARES DE CLIMA SEMIÁRIDO. **Revista GeoInterações**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 95–113, 2020. DOI: 10.59776/2526-3889.2018.1097. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/RGI/article/view/1097>.

STEENEVELD, G. J.; KOOPMANS, S.; HEUSINKVELD, B. G.; VAN HOVE, L. W. A.; HOLTSLAG, A. A. M. Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands. **Journal of Geophysical Research**, [s. l.], vol. 116, no. D20, p. D20129, 29 Oct. 2011. DOI 10.1029/2011JD015988. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1029/2011JD015988>.

TAHA, H. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. **Energy and Buildings**, [s. l.], vol. 25, no. 2, p. 99–103, Jan. 1997. DOI 10.1016/S0378-7788(96)00999-1. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778896009991>.

TOMLINSON, C. J. *et al.* REMOTE SENSING LAND SURFACE TEMPERATURE FOR METEOROLOGY AND CLIMATOLOGY: A REVIEW. **METEOROLOGICAL APPLICATIONS**, [s. l.], vol. 18, no. 3, p. 296–306, 2011.

URROUGH, Peter A.; McDONNELL, Rachael A. **PRINCIPLES OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

VIANA, A. D. L.; OLIVEIRA, N. G. de. O VERDE COMO FRONTEIRA SOCIAL NA CIDADE. **REVISTA POLÍTICAS PÚBLICAS & CIDADES**, [s. l.], vol. 14, no. 10, e2893, 2025.

VIANA, Simone Scatolon Menotti. **CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS ESTADUAIS DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP**. 2013. 216 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, 2013. Disponível em:: <http://hdl.handle.net/11449/105092>.

VOOGT, James A.; OKE, Timothy R. THERMAL REMOTE SENSING OF URBAN CLIMATES. **REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT**, [s. l.], vol. 86, no. 3, p. 370–384, 2003.

WARGOCKI, Pawel; WYON, David P. THE EFFECTS OF MODERATELY RAISED CLASSROOM TEMPERATURES AND CLASSROOM VENTILATION RATE ON THE PERFORMANCE OF SCHOOLWORK BY CHILDREN. **HVAC&R RESEARCH**, [s. l.], vol. 13, no. 2, p. 193–220, 2007.

WARGOCKI, Pawel; PORRAS-SALAZAR, Jose Ali; CONTRERAS-ESPINOZA, Sergio. THE RELATIONSHIP BETWEEN CLASSROOM TEMPERATURE AND CHILDREN'S PERFORMANCE IN SCHOOL. **BUILDING AND ENVIRONMENT**, [s. l.], vol. 157, p. 197–204, 2019.

WENG, Qihao. THERMAL INFRARED REMOTE SENSING FOR URBAN CLIMATE AND ENVIRONMENTAL STUDIES: METHODS, APPLICATIONS, AND TRENDS. **ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING**, [s. l.], vol. 64, no. 4, p. 335–344, 2009.

WENG, Qihao. **REMOTE SENSING FOR SUSTAINABILITY**. Boca Raton: CRC Press, 2016.

WHO – World Health Organization. **CLIMATE CHANGE, HEAT AND HEALTH**. Geneva: WHO, 2024.

WORLD BANK. **THE GLOBAL COST OF INCLUSIVE CLIMATE-PROOFING OF SCHOOLS**. Washington, DC: World Bank, 2020.

WORRELL, E. *et al.* CORRELATION OF AMBIENT AIR TEMPERATURE AND COGNITIVE PERFORMANCE: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS. **BUILDING AND ENVIRONMENT**, [s. l.], vol. 143, p. 701–716, 2018.

WYON, David Peter; WARGOCKI, Pawel. HOW INDOOR ENVIRONMENT AFFECTS PERFORMANCE. **ASHRAE JOURNAL**, [s. l.], vol. 55, no. 3, p. 46–52, 2013.

XAVIER, T. C.; OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO DA CIDADE DE VITÓRIA, ES. **REVISTA DO DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**, [s. l.], vol. 41, e172471, 2021. DOI 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.172471. Disponível

em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/download/172471/169751/474416>

ZEICHNER, Kenneth M. REPENSANDO AS CONEXÕES ENTRE A FORMAÇÃO NA UNIVERSIDADE E AS EXPERIÊNCIAS DE CAMPO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM FACULDADES E UNIVERSIDADES. **EDUCAÇÃO**, [s. l.], vol. 5, no. 3, p. 479–504, 2010.

ZHENG, S.; HE, C.; GULDMANN, J. M.; XU, H.; LIU, X. Heat Mitigation Benefits of Urban Trees: A Review of Mechanisms, Modeling, Validation and Simulation. **Forests**, [s. l.], vol. 14, no. 12, p. 1–17, 2023. Disponível em <https://doi.org/10.3390/f14122280>.

ZHOU, W. *et al.* URBAN TREE CANOPY HAS GREATER COOLING EFFECTS IN SOCIALLY VULNERABLE COMMUNITIES IN THE US. **ONE EARTH**, [s. l.], vol. 4, no. 12, p. 1764–1775, 2021.