

CONSTRUÇÃO DE MAPAS DE TEMPERATURA DO SOLO COMO UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE INVESTIGATIVA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

CONSTRUCTION OF SOIL TEMPERATURE MAPS AS A PROPOSAL FOR INVESTIGATIVE ACTIVITY IN ENVIRONMENTAL EDUCATION

Osnir Diogo Rocha¹
Camila Campêlo de Sousa²
Ariel Nonato Almeida de Abreu Silva²
Guillermo Lazar Mentech²
Rosivaldo Xavier Silva³

RESUMO

Relatórios internacionais têm apontado para o aumento das temperaturas médias globais. O processo de pavimentação dos espaços urbanos, com coberturas asfálticas e de concreto, a impermeabilização do solo e a eliminação da vegetação têm contribuído para o aumento de temperatura nas cidades e causado um agravamento na sensação térmica das cidades. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo apresentar uma sequência didática experimental com abordagem investigativa, utilizando dados de temperatura do solo e a construção de mapas de cores para evidenciar os efeitos da radiação solar incidente sobre as superfícies artificiais e espaços naturais. O estudo foi realizado no Centro de Ciências de Codó da Universidade Federal do Maranhão, município de Codó (MA) e aplicado aos discentes do Curso de Especialização em Educação Ambiental e Sustentabilidade da instituição. Por meio da construção dos mapas, os discentes foram instigados a responder questões discursivas, identificando os contrastes de temperatura nos ambientes estudados e refletindo sobre os impactos das construções urbanas e dos materiais empregados. Os espaços com presença de elementos naturais (árvores, arbustos e grama) e de concreto exibiram diferenças de temperatura de até 11°C. As menores temperaturas de superfície foram encontradas em ambientes sombreados, com presença de árvores, vegetação rasteira e umidade. Portanto, este trabalho contribui para a sensibilização acerca da importância da manutenção dos recursos naturais para a qualidade de vida e a conservação ambiental, destacando como uma abordagem investigativa no ensino de ciências pode promover reflexões práticas e relevantes sobre temas ambientais.

Palavras-chave: Conforto térmico; urbanização; educação ambiental, mapas de temperatura.

ABSTRACT

International reports have pointed to an increase in average global temperatures. The process of paving urban spaces with asphalt and concrete coverings, soil waterproofing and the elimination of vegetation have contributed to the increase in temperatures in cities and caused a worsening of the thermal sensation in cities. In view of this, this work aimed to present

¹ 1Coordenação de Ciências Naturais, Universidade Federal do Maranhão, Campus de Codó, 65400-000, Codó - MA, Brasil.

² 2Coordenação de Ciências Naturais, Universidade Federal do Maranhão, Campus do Bacabal, 65700-000, Bacabal - MA, Brasil. Telefone: (86)994998660; Email: camila.campelo@ufma.br

³ 3Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Feira de Santana, Bahia 44085-132, Brasil.

an experimental didactic sequence with an investigative approach, using soil temperature data and the construction of color maps to highlight the effects of incident solar radiation on artificial surfaces and natural spaces. The study was carried out at the Codó Science Center of the Federal University of Maranhão, in the city of Codó (MA) and applied to students of the institution's Specialization Course in Environmental Education and Sustainability. Through the construction of the maps, the students were encouraged to answer discursive questions, identifying the temperature contrasts in the environments studied and reflecting on the impacts of urban constructions and the materials used. Spaces with natural elements (trees, shrubs and grass) and concrete exhibited temperature differences of up to 11°C. The lowest surface temperatures were found in shaded environments, with the presence of trees, low vegetation and humidity. Therefore, this work contributes to raising awareness about the importance of maintaining natural resources for quality of life and environmental conservation, highlighting how an investigative approach in science teaching can promote practical and relevant reflections on environmental issues.

Keywords: Thermal comfort; urbanization; environmental education; temperature maps.

INTRODUÇÃO

O advento da primeira Revolução Industrial, ocorrida no final do século XVIII, trouxe consigo o aceleramento do crescimento demográfico e da exploração predatória dos recursos naturais; paralelamente, observou-se o aumento dos impactos ambientais negativos provocados por essas mudanças, prejudicando assim os ecossistemas e contribuindo com as mudanças climáticas (IPCC, 2021; Hinrichs, 2014). Os relatórios do Painel Intergovernamental sobre a Mudança do Clima têm apontado para um crescimento sucessivo das temperaturas registradas da superfície global em cada uma das últimas quatro décadas, sendo que os maiores aumentos de temperatura têm sido registrados nos continentes, cerca de 1,59 °C (IPCC, 2021).

A ação antropogênica tem sido apontada como principal causa para as mudanças climáticas, aumento da temperatura de superfícies, alteração nos padrões de precipitação, destruição parcial do ozônio atmosférico, entre outros. Em termos locais, o aumento gradativo da urbanização de forma desordenada e sem o devido planejamento que integre as demandas construtivas, proteção das áreas verdes e a concentração da população nos centros urbanos, tem resultado na diminuição excessiva da vegetação nas cidades (Bordim; Longo; Bordim, 2022; Alves; Carvalho, 2023), o que pode impactar drasticamente a temperatura dos ambientes urbanos.

De acordo com os dados do IBGE (2020), o Brasil apresenta mais de 80% de sua população vivendo em áreas urbanas e a expansão dessas áreas está vinculada ao dinamismo das cidades, que modificam o balanço de radiação da superfície, em virtude da substituição dos materiais naturais pelos urbanos. As cidades acentuam localmente o aquecimento antropogênico que juntamente com o adensamento urbano contribuem para o

aumento das ondas de calor, operando como um agente modificador do clima (Monteiro, 1976; Oke, 1978; Landsbergs, 1981; IPCC, 2021).

Como principais fatores relacionados a essas modificações ambientais, podemos citar as construções e os tipos de materiais nelas empregados (Rocha, 2011), o traçado das ruas, a circulação excessiva de veículos, a presença de atividade industrial, dentre outras atividades humanas, especialmente aquelas relacionadas à emissão de um maior volume de gases causadores do efeito estufa (GEE), os quais são lançados para a atmosfera a partir da queima de combustíveis fósseis.

Com o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, é esperado que nas próximas décadas a temperatura média global aumente 1,5°C, isso considerando-se um cenário no qual os acordos internacionais para a preservação das condições climáticas sejam cumpridos (IPCC, 2018). Esse aumento na emissão de CO₂ está diretamente relacionado com o consumo de combustíveis fósseis, que além de atender as necessidades dos transportes de carga e demandas industriais, têm sido extensivamente empregados para suprir a crescente demanda por energia elétrica, o que implica em grandes volumes de queima de carvão e gás natural (IPCC, 2021; Hinrichs, 2014).

O aquecimento global ocorre pela transferência de energia do sol, que chega ao nosso planeta através de ondas eletromagnéticas, com diferentes comprimentos de onda. Parcelas dessas radiações solares são agrupadas nos espectros visível, ultravioleta e infravermelha. Uma parte significativa da radiação visível emitida pelo Sol é absorvida pela Terra, que devolve para o espaço ondas com comprimentos de onda mais longos, a radiação infravermelha ou “onda de calor”, a qual por sua vez, pode ser absorvida pelos gases de efeito estufa. Após essa retenção de energia térmica, as ondas longas são reemitidas para a superfície do planeta, impedindo a perda da radiação infravermelha para o espaço e provocando o aumento da temperatura na atmosfera (Junges *et al.*, 2018).

As grandes transformações das áreas urbanas, como a diminuição de cobertura vegetal e impermeabilização das superfícies devido à pavimentação ou construções de concreto e asfálticas, favorecem a elevação das temperaturas locais. Além disso, alguns materiais e componentes usados na formação do espaço urbano podem apresentar diferentes graus de reflectância da energia incidente sobre sua superfície, resultando em impactos sobre a saúde física e mental da população como o desconforto respiratório, exaustão, insolação, entre outros problemas, quem atingem principalmente crianças, idosos

e pessoas com saúde debilitada (Moreira; Nóbrega, 2011; Habeeb; Vargo; Stone, 2015).

Os centros urbanos apresentam um clima local determinado pela quantidade de áreas densamente edificadas, variando de acordo com as diversas formas de cobertura do solo urbano. Em geral, quanto maiores as áreas construídas, maiores são as transformações climáticas no local em comparação as áreas que mantêm seus espaços naturais preservados (Leal; Biondi; Batista, 2014). Isso se verifica pelo comportamento térmico dos materiais aplicados nas construções dos espaços urbanos, que é definido pelas suas propriedades de absorvência (capacidade de absorver a radiação solar que chega à superfície) e a refletância (percentual de radiação solar que reflete ao entrar em contato com a superfície) (Doulos; Santamouris; Livada, 2004). De acordo com Pivetta (2023), o asfalto e o concreto retêm mais calor que a vegetação, e liberam essa energia térmica para o ambiente mais lentamente.

As plantas, por outro lado, absorvem energia solar através de tecido foliar para realização da fotossíntese, processo que transforma energia luminosa em energia química para a produção de compostos carbonados, além da captura do gás carbônico do ambiente e a liberação de oxigênio para a atmosfera (Evert; Eichhorn, 2014; Taiz *et al.*, 2017). Ademais, a vegetação assimila cerca de 90% da energia no espectro solar entre frequências de ondas ultravioleta e visível, e desempenha papel importante nos centros urbanos em relação à absorção e à dissipação do calor, reduzindo a quantidade de radiação que chega à superfície da Terra e fornecendo sombreamento as construções, pessoas, pavimentos; protegendo-os da radiação direta, garantindo superfícies mais frias e diminuindo a energia térmica transferida para ar atmosférico (Mota, 1983; Oliveira, 2008; Huang *et al.*, 2008). Desta forma, o processamento da energia luminosa, efetuado pelas áreas verdes, reduz o fluxo de calor sensível, diminuindo a radiação de ondas longas que será emitida (Lombardo, 1985).

A Educação Ambiental surge como uma importante ferramenta de sensibilização da população para as questões ambientais, e visa que cada indivíduo assuma um papel na reflexão sobre suas ações sobre o ambiente em que vivem, diante de um cenário marcado pela degradação continuada do meio ambiente. A Educação Ambiental vem resgatar essa interação socioambiental homem e natureza, na busca de alternativas sustentáveis e modificar atitudes perante essa problemática (Jacobi, 2003; Mello, 2017; Paião; Ebaid, 2017; Rocha, 2021).

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (Brasil, 1988) garante, no seu artigo 225, que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. A Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999 (Brasil, 1999), que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, reforça a obrigatoriedade de se trabalhar a Educação ambiental em todos os níveis de ensino, da Educação Infantil ao Ensino Superior.

Nesse contexto, apresentamos um experimento de Educação ambiental que permite abordar a problemática do aumento das temperaturas causado pela destruição de habitats naturais; visto que a experimentação científica, atrelada ao ensino, desempenha um papel fundamental, pois proporciona uma interação entre os saberes teóricos e práticos, concomitantemente possibilita uma associação com o cotidiano dos discentes, tornando o processo de ensino e aprendizagem mais dinâmicos e a aquisição de conhecimento mais significativa (Vieira; Ribeiro, 2021; Santos et al., 2023). Borges (2002) e Azevedo (2004) evidenciam que, entre as distintas abordagens experimentais, a investigativa se mostra mais vantajosa na construção do conhecimento, pois, conforme Araujo e Abib (2003) e Reis e Martins (2015), ela possibilita aos estudantes levantarem hipóteses, testarem hipóteses e desenvolverem a habilidade de observação, sistematizar e propor explicação para os fenômenos observados, auxiliando para melhor reflexão e progresso na construção do seu próprio conhecimento.

Assim, as atividades experimentais investigativas permitem ao discente assumir o papel de protagonista de seu conhecimento, competindo a ele manipular o experimento, fazer ajustes e formular hipóteses para explicar os fenômenos observados. Tais atividades práticas oportunizam uma sensibilização frente a seus problemas ambientais e a busca por soluções alternativas, integrando aspectos psicossociais, históricos, políticos, éticos e estéticos (Campos; Nigro, 1999; Dias, 2010). Portanto, os estudantes experienciam um processo de alfabetização científica no qual eles compreendem o entendimento das relações existentes entre Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (Sasseron, 2008; Sasseron, Carvalho, 2008).

Esse trabalho teve como objetivo apresentar uma sequência didática experimental investigativa a partir de dados de temperatura do solo e construção de mapas dos efeitos da radiação solar incidente sobre as superfícies artificiais e espaços naturais. Foi proposto um

experimento na área de Física no conteúdo de calor e temperatura, visando abordar a problemática a partir da coleta de dados de temperatura do solo e posterior criação de mapas de temperaturas em cores que realcem os contrastes dos efeitos da radiação solar incidente sobre as diversas superfícies artificiais e naturais, suscitando problematizações e reflexões acerca das questões ambientais.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Codó, nas dependências da Universidade Federal do Maranhão, localizada na Av. José Anselmo, 2008, Bairro São Benedito, na zona urbana do município de Codó. Este espaço está localizado na mesorregião do Leste Maranhense, entre as coordenadas geográficas: latitude 4°27'18" Sul e longitude: 43°52'44" Oeste (Cidade Brasil, 2021). De acordo com o IBGE (2022), o município de Codó possui área territorial de 4.361,606 km² e população residente de 114.275 habitantes. Apresenta clima definido como tropical quente semiúmido, com variações médias de temperatura de 26°C a 27°C e máxima de 36°C durante o ano. O verão consiste no período chuvoso com duração entre os meses de dezembro a maio e o inverno, dentre os meses de junho a novembro, com índices pluviométricos médio entre 1200 mm e 2000 mm (Correia-Filho, 2011).

A metodologia utilizada neste trabalho é de natureza do tipo quali-quantitativa. Essa abordagem constitui um importante método para esclarecer um problema pela análise, quantificação dos dados, relações entre suas variáveis, mas também pela interpretação e compreensão holística do fenômeno estudado (Minayo; Sanches, 1993; Lakatos; Marconi, 2003; Gil, 2008).

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica em artigos de revistas científicas, dissertações, livros, monografias e teses sobre a temática. Em seguida, foi realizada uma atividade experimental com viés investigativo, realizada no contexto da disciplina Física e Meio Ambiente para os estudantes do Curso de Especialização em Educação Ambiental e Sustentabilidade, que teve a participação de 28 discentes. A abordagem investigativa partiu de uma questão “problematizadora” ou “norteadora” direcionada aos discentes: “Como podemos utilizar mapas de temperatura de superfícies (artificiais ou naturais) para identificar áreas da universidade ou comunidade que necessitam de intervenção para melhorar o conforto térmico e reduzir os impactos das

mudanças climáticas?”. Para resolver essa pergunta os estudantes foram envolvidos em uma atividade prática experimental investigativa. A atividade consistiu no registro da temperatura de superfícies artificiais e naturais de espaços da UFMA, *Campus* de Codó.

A atividade experimental foi realizada em novembro de 2023, no período vespertino no horário das 15:00 às 16:00 horas, onde o céu se encontrava ensolarado limpo e sem nuvens. Para a medição das temperaturas das superfícies, foi utilizado o termômetro de álcool etílico colorido e um termômetro de infravermelho, ambos os termômetros com margens de erro de $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$. As áreas de interesse selecionadas foram a cantina, quadra poliesportiva e estacionamento. O mapeamento se deu pela divisão dos espaços selecionados em quadrantes de 1m^2 e as medidas realizadas em cada um dos seus vértices. Em seguida foi realizada a etapa de organização classificação das informações e geração do mapa de temperatura. Por fim, foi aplicado um questionário aberto de validação, contendo oito perguntas (Apêndice A) visando o levantamento de hipóteses e explicação dos fenômenos observados.

Os dados coletados das temperaturas de superfícies foram tabulados usando o *software* Microsoft *Excel* 2016, no qual foram distribuídos em planilha com os valores das temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) nas coordenadas (Y, X) em metros (m). Posteriormente, foi realizada a confecção dos mapas de cores para análise das temperaturas, utilizando *software* *Origin* 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

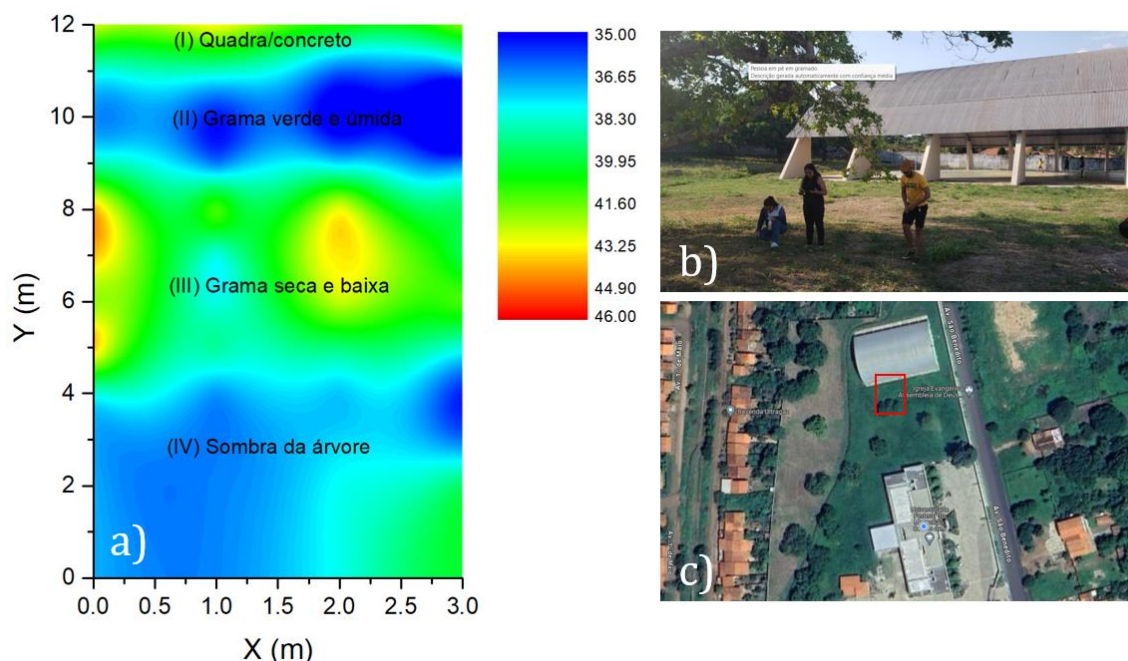
Durante as aulas teóricas do conteúdo calor e temperatura, foi abordado o tema de Energia Solar, seu uso em tecnologias de produção de energia limpa através de sistemas fotovoltaicos, principalmente no que diz respeito à importância da radiação solar no processo de aquecimento e manutenção da temperatura do planeta, assim com o uso dessa energia para controle da temperatura de ambientes, aquecimento da água para uso doméstico e até para produção de fornos solares. Foram discutidas as características espectroscópicas da radiação solar incidente, aspectos quantitativos da energia proveniente do Sol que é recebida pela terra diariamente e o balanço energético do sistema terra-atmosfera (efeito estufa). Os alunos também discutiram os processos de conversão de energia luminosa em energia térmica, as formas de propagação do calor e como essa

propagação depende da natureza dos materiais irradiados.

Os mapas de temperatura do solo foram construídos e analisados a partir de dois espaços, os quais possuíam coberturas mistas, ou seja, parte recoberta com concreto e parte com cobertura vegetal, como grama e pequenos arbustos, com diferenças em quantidade. A coleta dos dados para cada superfície foi realizada pelos participantes, os quais foram distribuídos em grupos de até seis componentes.

A Figura 1(a) mostra o mapa de temperatura obtido a partir das análises do primeiro espaço, uma área predominantemente verde localizada ao lado da quadra poliesportiva do Centro de Ciências de Codó da Universidade Federal do Maranhão. Nas Figuras 1(b) e (c), são apresentadas uma superfície com cobertura vegetal rasteira, um gramado amplo com áreas mais úmidas e outras mais secas, além da presença de uma árvore de médio porte, cajueiro (*Anacardium occidentale*) que sombreava parte significativa do solo. Além dos espaços verdes, foram realizadas medidas de temperatura de parte do piso da quadra, de concreto.

Figura 1: Mapa de temperatura da área predominantemente verde localizada ao lado quadra poliesportiva do CCCO/UFMA.



Fonte: Autoria própria (2023).

Após a realização das medidas físicas de temperatura do solo, e com a posse dos mapas de temperatura em cores, os discentes foram estimulados a refletir sobre o ambiente

investigado e a responder algumas questões visando suscitar as reflexões para as causas ambientais.

A primeira questão estava relacionada às condições do tempo no dia de realização dos experimentos e as respostas dos estudantes foram similares: *“O céu estava ensolarado e com poucas nuvens”*. Em relação ao questionamento sobre as diferenças de temperaturas entre as superfícies, eles apontaram com facilidade que as áreas que apresentaram as maiores temperaturas foram o piso da quadra (concreto) e área III (Figura 1(a)), correspondente a grama seca e baixa, onde as temperaturas variaram entre 37,0°C e 45,5°C. A área de grama úmida e de sombra apresentam as menores temperaturas, com gradientes de temperatura que impressionaram os discentes: *“A diferença entre a maior e a menor temperatura, considerando a superfície total da área pesquisada, foi de 10,5°C.”*

Os olhares também foram direcionados aos tipos de materiais do solo, ângulo da radiação incidente, a natureza das sombras, entre outros elementos. Foi observado que maiores temperaturas registradas estão relacionadas à incidência da radiação solar direta e intensa, a presença de vestígios de concreto (pedras e resíduos de construção) aonde foram registradas temperaturas mais elevadas, de até 45,5°C. E apontaram que: *“a diferença de temperatura entre as áreas se dá pela insolação direta no solo em algumas partes, pela presença da vegetação, em especial, uma árvore que proporcionou sombra e um microclima”*; alguns ainda complementaram: *“Claro que o concreto por seu material com grande potencial de absorção e retenção de calor foi onde se registrou maior temperatura.”*

Em estudos realizados por Alves e Vecchia (2012), foi salientado que as superfícies artificiais, como o concreto, apresentaram as maiores temperaturas. Além desse material ser um dos que mais que emitem radiação, resultando no aumento da temperatura do ar e, conseqüentemente, na formação das chamadas ilhas de calor (Landsberg, 1981). Frota e Schiffer (2001) e Lamberts, Dutra e Pereira (2014), ainda evidenciam que a capacidade dos materiais em absorver calor é aumentada dependendo da cor da superfície, sendo as cores escuras responsáveis pela retenção de calor no microclima, afetando diretamente o conforto térmico.

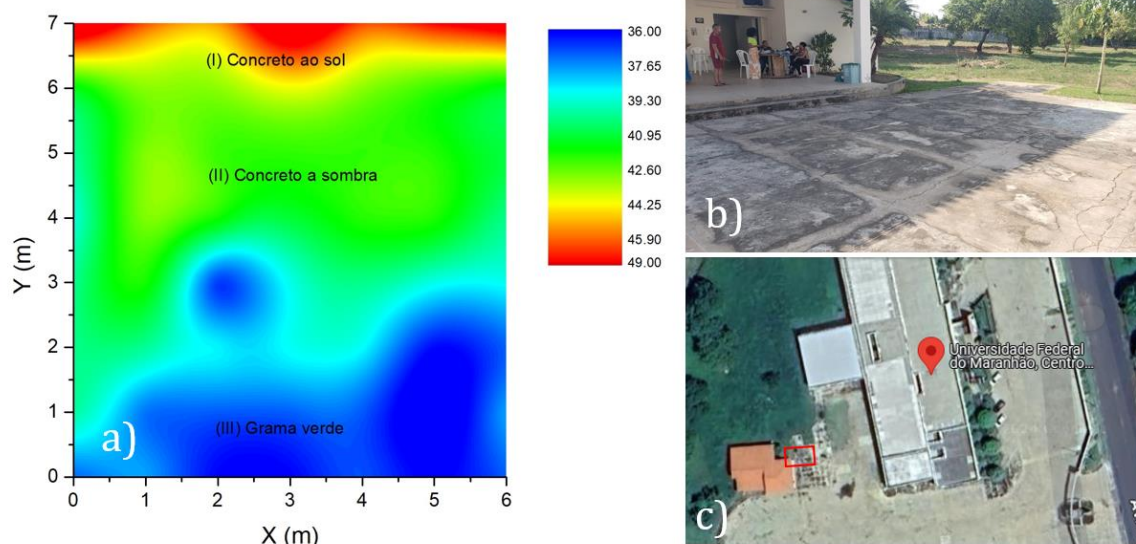
Uma vez observados os contrastes em relação aos materiais e a forma como a radiação solar atinge o solo, levantou-se as seguintes questões: Como você relaciona essas diferenças de temperatura com o processo de urbanização? Como você percebe a relação da presença de vegetação com as temperaturas dos ambientes? As equipes de estudantes

geraram respostas notavelmente assertivas, indicando que *“quanto maior o número de materiais com grande capacidade de absorção e retenção de calor, maiores serão as temperaturas nas proximidades”*, e conseguiram relacionar os temas abordados de forma interdisciplinar, fazendo o paralelo com questão da presença e preservação de áreas verdes nas cidades, indicando que: *“a presença da vegetação nas cidades proporcionaria melhores condições de temperaturas e qualidade de vida. Pois as mesmas são capazes de refrigerar o ar, reter umidade no ambiente, melhorar a respirabilidade para os indivíduos vivos por oxigenar a atmosfera com o processo final da fotossíntese.”*

Estudos realizados por Frota Júnior, Jesuíno e Martins (2018), confirmam que espécies arbóreas têm influência sobre a diminuição de temperatura, melhorando o conforto térmico. E segundo Barbosa (2005), a vegetação age não somente na temperatura, como na umidade e velocidade do ar e radiação. Já que a copa das espécies arbóreas reduz a incidência direta da radiação solar, auxiliando na melhoria do microclima (Resende, 2011).

A Figura 2(a) aponta o mapa de temperatura obtido a partir da análise do segundo espaço, uma área parcialmente recoberta com concreto e com área de vegetação localizada no entorno da cantina. Como podemos observar nas Figuras 2(b) e (c), trata-se de uma superfície predominantemente concretada, com presença de vegetação rasteira em uma pequena área lateral. Além disso, observa-se a projeção de sombreamento predial em parte significativa do concreto, e além dos espaços verdes, foram realizadas medidas de temperatura de parte do piso da cantina, que é de concreto polido, que é mais liso e reflexivo.

Figura 2: Mapa de temperatura da área uma parcialmente recoberta com concreto e vegetação localizada no entorno da cantina do CCCO/UFMA.



Fonte: Autoria própria (2023).

As medidas foram realizadas pelas equipes simultaneamente, portanto registraram as mesmas condições do tempo no momento do experimento, indicando como um momento de “sol limpo e direto, sem nuvens”. Quando instigados a registrar os tipos de superfície e as variações de temperatura do ambiente, identificando máximos e mínimos, registraram: “piso de cimento com maiores temperaturas chegando a 49°C e piso de mármore chegando a 38°C. Diferença de 11°C entre as superfícies”. Esse resultado é bastante interessante, pois trata-se de uma diferença expressiva de temperatura entre uma área concreto rugoso e exposto diretamente ao sol [área I da Figura 2(a)], e outra área de concreto liso (“mármore”), a sombra é próximo da área de jardim. O fato do concreto ser polido e até se assemelhar ao mármore é relevante, pois superfícies lisas ou mais espelhas tendem a refletir mais a luz incidente, absorvendo menos calor. Porém, quando em espaços abertos, também podem representar um problema ambiental com impacto na visão dos transeuntes pelo excesso de luz refletida.

Esse segundo espaço evidenciou contrastes importantes nas condições do ambiente, em especial para o conforto térmico das pessoas que frequentam o local, usado para a alimentação. Nesse novo contexto, os discentes foram incentivados a analisar e indicar quais foram os principais fatores que geraram essas diferenças de temperatura, e

como isso se relaciona com elementos ambientais, tais como tipo de cobertura do solo, a radiação incidente, e a presença de vegetal local ou próxima. Foi observado que as superfícies que apresentaram as menores temperaturas haviam presença de sombra predial, vegetação e umidade. E apontaram que: *“Os locais com as superfícies com menores temperaturas possuem a presença de sombra predial, vegetal e umidade, enquanto as superfícies com maiores temperaturas não possuíam nenhuma das características citadas anteriormente”*. As áreas sombreadas contribuem na diminuição das temperaturas das superfícies dos materiais, já que reduz a exposição direta da radiação solar, colaborando na criação de ambientes termicamente mais confortáveis (Maioli *et al.*, 2023).

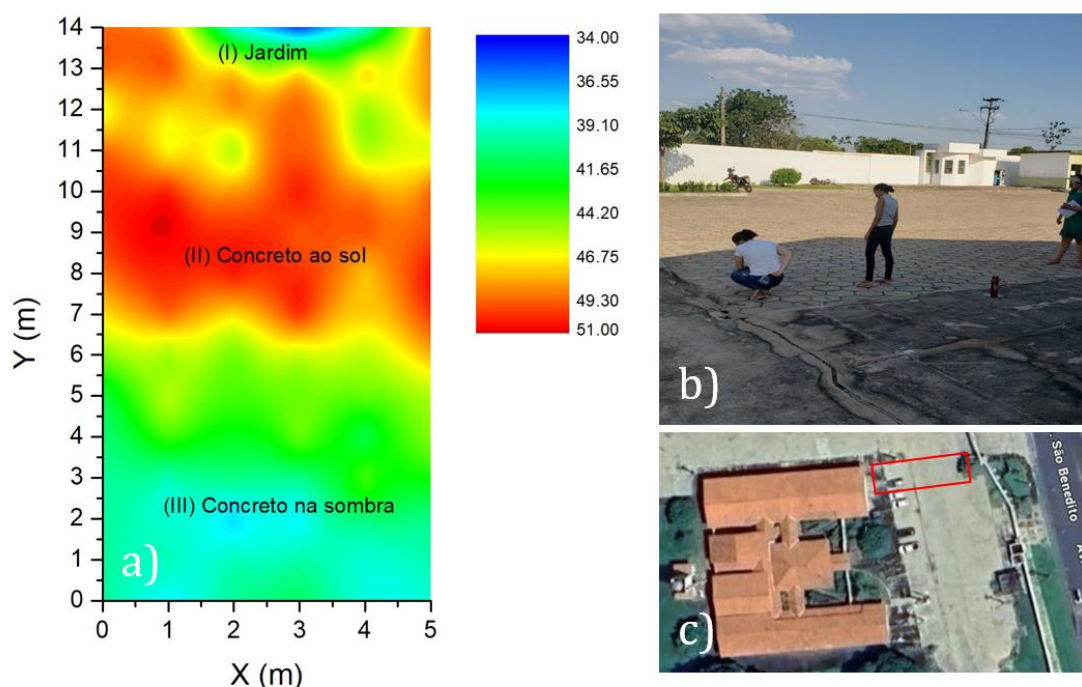
A partir das observações realizadas pelos discentes, que manifestaram preocupação com as temperaturas elevadas registradas no ambiente, foi levantado o questionamento sobre a relação entre esses registros de altas temperaturas em ambientes comuns e o processo de urbanização, em especial aquele que resulta na degradação de áreas verdes, eventualmente em torno de rios e lagos, e nos quais se observa uma completa ausência de vegetação. Os discentes destacaram que: *“O processo de urbanização, acarreta a degradação sobretudo ambiental, ocasionando aumento de temperatura, desconforto aos seres que ali convivem! em contrapartida a presença da vegetação, favorece o equilíbrio térmico, e o meio ambiente, e os seres vivos que convivem naquele determinado local. Com o processo de urbanização a população é quem mais sofre com os impactos ambientais, percebe que os locais que têm menos vegetais estão cada vez mais quente, e o principal responsável pela destruição da vegetação local, são a própria sociedade que habita nela”*.

A presença de vegetação em áreas urbanas contribui para a diminuição da temperatura ambiente por meio do sombreamento e da evapotranspiração, fornecendo climas mais agradáveis, além de proporcionar habitat para a avifauna, insetos e outros animais selvagens, beneficiando a biodiversidade em ambientes urbanos (Oliveira *et al.*, 2013; Mendes *et al.*, 2023).

O terceiro espaço como mostra a Figura 3(a), que apresenta o mapa de temperatura obtido da análise dos dados dessa área, composta principalmente por superfícies de concreto. As Figuras 3 (b) e (c) tratam-se de áreas formadas por blocos de concreto e presença de um pequeno jardim, constituído de vegetação rasteira e presença de um pequeno ipê localizado próximo ao muro, respectivamente. Além da existência de sombreamento predial projetado pelo prédio I do CCCO/UFMA em parte expressiva do

concreto.

Figura 3: Mapa de temperatura de uma área de concreto localizada no estacionamento do prédio I CCCO/UFMA.



Fonte: Autoria própria (2023).

Após as medições de temperatura de superfícies realizadas, os discentes se mostraram alarmados quanto aos registros encontrados em área predominantemente formada por concreto e com presença mínima de áreas verdeem seu entorno foram as altas temperaturas: “A calçada de cimento teve a maior temperatura com a máxima de 51°C, a menor temperatura ocorreu na parte onde tinha grama, com 36°C”. Como afirma Pivetta (2023), o concreto absorve mais calor que a vegetação e leva mais tempo para dissipar a energia térmica, como consequência, parte do calor absorvido durante o dia é dissipado somente a noite mantendo as temperaturas altas, contribuindo para formação das ilhas de calor.

Os discentes ainda foram desafiados a relacionar quais fatores poderiam estar influenciando nessa variação como o tipo de material, exposição direta de radiação, presença de vegetação, entre outros fatores. Santos (2019) afirma que o concreto quando exposto a elevadas temperaturas, emite calor na forma de radiação infravermelha (ondas

longas), capaz de atravessar o espaço vazio e aquecer corpos distantes sem a necessidade de meio material.

Com base nos registros feitos pelos discentes que ficaram impressionados com altas temperaturas nesse ambiente, foram questionados ainda quanto à relação das elevadas temperaturas em ambientes presentes no seu cotidiano e o processo de urbanização, em especial os centros urbanos, onde se observa a maior presença de pavimentação asfáltica e concreto e presença mínima de áreas verdes. Diante disso, os discentes relataram explicações relevantes, além de reforçar a importância da vegetação nesses ambientes: *“Assim como ocorreu no experimento onde a parte de cimento é muito mais quente do que a terra da grama, acontece também no processo de urbanização que destrói a vegetação para criação de prédios, casas, empresas, etc. A presença de vegetação com certeza diminui muito a temperatura no ambiente e a ausência aumenta, sentimos a diferença logo quando ficamos perto de uma árvore”*.

Maioli *et al.* (2023) e Martelli e Santos Jr. (2015), corroboram afirmando que a arborização contribui para a diminuição da temperatura ambiente, favorecendo o equilíbrio térmico, além de proporcionar saúde mental e bem-estar.

Portanto, como observado nos cenários analisados, o processo de urbanização promove a degradação ambiental, ocasionando aumento da temperatura, principalmente pela substituição dos elementos naturais pelos artificiais, como é o caso do uso do concreto nos mais diversos tipos de construções urbanas. Quanto maior o número de materiais empregados na urbanização com grande capacidade de absorção e retenção de calor, maiores serão as temperaturas nas proximidades. A predominância desses elementos tem como principal efeito a absorção da radiação solar e conversão dessa energia luminosa em energia térmica, gerando ilhas de calor, tornando o ar mais quente e, conseqüentemente, elevando a sensação térmica das áreas urbanas.

Em estudos realizados por Souza, Menim e Kowalski (2020), mostrou-se que o uso de tinta látex à base de água de colorações claras em pavimentos contribui significativamente na redução de até 1,6°C da temperatura de superfície. Além de Rodrigues e Pezzuto (2013) comprovaram que o uso de pigmentação de cor clara na produção de cimento apresentou valores na melhoria das condições ambientais.

É notório que a presença da vegetação favorece o equilíbrio térmico, fornecendo vários benefícios para o meio ambiente e qualidade de vida da população. A presença de

vegetação em áreas urbanas contribui para a diminuição da temperatura ambiente por meio do sombreamento e da evapotranspiração; fornecendo climas mais agradáveis. As árvores agem como filtros naturais do ar, removendo poluentes, refrigerando e retendo a umidade do ar, funcionam como barreiras acústicas contra ruídos e amenizando os sons urbanos, resultando em ambiente mais tranquilos e agradáveis. Além disso, esses espaços proporcionam saúde mental e bem-estar, a presença de áreas verdes e árvores possibilitam espaços de lazer, relaxamento e contato com a natureza (Oliveira *et al.*, 2013; Martelli; Santos Jr, 2015; Frota Júnior; Jesuino; Martins, 2018; Mendes *et al.*, 2023; Maioli *et al.*, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da sequência didática apresentada, pôde ser constatado que as áreas construídas, concretadas e expostas a radiação solar direta foram as que apresentaram as maiores temperaturas. As coberturas asfálticas de cimento ou concreto são ainda predominantes nos ambientes urbanos, sendo priorizados elementos artificiais em detrimento dos naturais, cobrindo grandes espaços com esses tipos de materiais. E como consequência, observa-se a presença de solos secos, degradados, e superfícies quentes por absorver demasiadamente calor durante o dia.

Com base nas reflexões realizadas em sala de aula, constatou-se que é pertinente a troca desses materiais por outros que modifiquem menos as dinâmicas naturais. As áreas que apresentaram menores temperaturas de superfície foram os ambientes sombreados, tanto pelo sombreamento predial quanto pelo sombreamento pelas árvores que tiveram influência na redução de temperatura, e consequentemente na melhoria do conforto térmico. Além disso, quanto a predominância predial e suas estruturas refletoras, é necessário o desenvolvimento de novas tecnologias mais ecológicas e sustentáveis.

A partir das discussões levantadas nesse trabalho, indicamos que é extremamente importante que essas questões sejam evidenciadas no contexto educacional, e que essas percepções sejam efetivamente abordadas no ensino de Ciências. Dessa forma, é importante fomentar a sensibilização das populações sobre a importância da manutenção dos recursos naturais para seu próprio bem-estar e qualidade de vida e, para o olhar crítico em relação ao desenvolvimento de políticas de incentivo ao uso de tecnologias sustentáveis,

redução do desmatamento e o planejamento adequado da ocupação desses espaços naturais, considerando o sombreamento natural e uso de materiais que amenizem impactos ambientais e a criação de ilhas de calor.

Pode-se perceber que os grupos de discentes alcançaram os objetivos de aprendizagem da atividade investigativa aplicada, evidenciadas pela presença de indicadores alfabetização científica, tais como: organização das informações, classificação, levantamento de hipóteses, e argumentações com um bom domínio dos conteúdos, uso do conhecimento científico e de sua linguagem e explicação. Além disso, a sequência didática possibilitou a reflexão e a sensibilização dos discentes quanto à importância da vegetação para a manutenção das melhores condições ambientais e conforto térmico. Assim, a abordagem de ensino por investigação mostrou-se ser uma importante estratégia de ensino, cujos resultados alcançados pelos discentes facilitam o processo avaliativo do professor.

REFERÊNCIAS

ALVES, P. A. S. S.; CARVALHO, L. R. Fatores condicionantes para formação de ilha de calor no bairro Residencial Florença, Sinop (MT). **Revista Geoaraguaia**, v.13, n. Esp. da Travessia à Resiliência, Cad. 2, 2023.

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental. **Ambiência Guarapuava** (PR), v.8, n.1, p. 101 – 111, 2012.

ARÁUJO, M. S. T; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.2, 2003.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: A. Carvalho (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira, p. 19-33, 2004.

BARBOSA, R. V. R. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos**: estudo em microclimas de Maceió (AL). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005. (Dissertação de mestrado). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-03062006-142516/ptbr.php>>. Acesso em: 24 jul. 2024.

BORDIM, M. H. S.; LONGO, R. M.; BORDIM, B. S. Sustentabilidade ambiental urbana: análise da influência da vegetação em parâmetros ambientais. **Revista Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS**, v.11, n. 1, p. 1-24, e19447, 2022.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.3, 2002.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. 1988. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 24 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999** - Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm>. Acesso em: 18 jul. 2024.

CAMPOS, M. C. C; NIGRO, R. G. **Didática de ciências**:o ensino-aprendizagem como investigação. São Paulo: FTD, 1999.

CIDADE BRASIL. **Município de Codó**. 2021. Disponível em:<<https://www.cidadebrasil.com.br/municipio-codo.html>> Acesso em: 15 dez 2023.

CORREIA FILHO, F. L.; GOMES, É. R.; NUNES, O. O.; LOPES FILHO, J. B. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão**: relatório diagnóstico do município de Codó. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental**: princípios e práticas. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2010.

DOULOS, L.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. Passive coolingof outdoor urbanspaces. The role of materials. **Solar Energy**, v. 77, n. 2, p. 231–249, 2004.

EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Raven** - Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**: arquitetura, urbanismo. 5. ed. São Paulo: Nobel, 2001.

FROTA JÚNIOR, J. I.; JESUINO, I., MARTINS, M. C. Análise do modelo de arborização em praças públicas do Município de Fortaleza (Estado do Ceará, Nordeste do Brasil) e sua influência no conforto térmico e estruturas urbanas. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 11, p. 883-896, 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**.6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HABEEB, D.; VARGO, J.; STONE, B. Rising heat wave trends in large US cities. **Natural Hazards**, v. 76, n. 3, p. 1651–1665, 2015.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e Meio Ambiente**. 5. ed. Cengage Learning, 2014.

HUANG, L, L. I. J.; ZHAO, D., ZHU J. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. **Building and Environment**, v. 43, p. 7–17, 2008.

IBGE. **População Urbana** 2020. Disponível em: < <https://atlascolar.ibge.gov.br/mundo/3002-estrutura-e-dinamica-da-populacao/populacao/21637-populacao-urbana-2020.html>>. Acesso em: 22 maio 2024.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados** – Codó. 2022. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/codo.html>>. Acesso em: 22 maio 2024.

IPCC- Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. **Mudança do Clima 2021- A Base Científica**. 2021. Disponível em: < https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/IPCC_mudanca2.pdf>. Acesso em: 22 maio 2024.

JACOBI, P. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-205, 2003.

JUNGES, A. L.; SANTOS, V. Y.; MASSONI, N. T.; SANTOS, F. A. C. Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.13, n. 5, p. 126-15, 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Florianópolis: Eletrobrás, 2014. 382 p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LANDSBERG, M. E. **The urban climate**. New York: Academia Press, 1981. 276p.

LEAL, L.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Influência das florestas urbanas na variação termohigrométrica da área intraurbana de Curitiba-PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p.807-820, 2014.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Editora Hucitec, 1985. 244p.

MAIOLI, R. N.; SILVA, D. E. G.; RICARTE, P. M.; SILVA, F. T. Análise da influência da vegetação em praças na mitigação de ilhas de calor urbano. In: V Encontro Latino-Americano e Europeu Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis- Euro Elecs, 2023, Salvador-BA, Brasil. **Anais [...]**. Salvador: UFBA, p. 1-10, 2023.

MARTELLI, A.; SANTOS JR, A. R. Arborização Urbana do município de Itapira – SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1018-1031, 2015.

MELLO, L, G. **A importância da Educação Ambiental no ambiente escolar**. 2017.

Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2017/03/14/importancia-da-educacao-ambiental-no-ambiente-escolar-artigo-de-lucelia-granja-de-mello/>>. Acesso em: 18 jul. 2024.

MENDES, S. S.; LIMA, E. D. C. N.; LOUZEIRO, G. L. M.; SOUSA, M.; PORTO, F. R. Levantamento Arbóreo do Parque de Exposição Alberto Tavares Silva, Corrente, Piauí. In: XIV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Natal/RN, 2023, Natal, RN, Brasil. **Anais** [...]. Natal: RN, p. 1-6, 2023.

MINAYO, M. C. S.; SANCHES, Ó. Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade? **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 9, n.3, p. 239-262, 1993.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p.

MOREIRA, E. B. M.; NÓBREGA, R. S. Uso de imagens multiespectrais aplicada à análise espaço-temporal dos padrões de temperatura e albedo da superfície. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba, PR, Brasil. **Anais** [...]. Curitiba: INPE, p. 0776-0782, 2011.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen& Ltd. A. Halsted Press Book,
John Wiley & Sons, New York, 1978, 372p.

OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; SANCHES, L.; NOGUEIRA, J. S. Variáveis Meteorológicas e Cobertura Vegetal de Espécies Arbóreas em Praças Urbanas em Cuiabá, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p. 389 - 400, 2013

PAIÃO, O. S.; EBAID, A. A. W. A importância da educação ambiental na sociedade contemporânea. **Colloquium Socialis**, v. 01, n. Especial, p.459-465, 2017.

PIVETTA, M. Efeito das ilhas de calor urbanas aumenta a temperatura até em municípios de médio e pequeno porte. **Revista Pesquisa FAPESP**, Edição 331, 2023. Disponível em: < https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2023/08/018-019_calor_331-parte-2.pdf>. Acesso em: 22 maio 2024.

REIS, W. F; MARTINS, M. I. Experimentos em livros didáticos de física: Uma análise comparativa de duas edições do PNLD. **Imagens da Educação**, v.5, n.3, 2015.

RESENDE, O. M. **Arborização urbana**. Barbacena: Universidade Presidente Antônio Carlos, 2011. (Monografia de bacharelado). Disponível em: <<https://ri.unipac.br/repositorio/wp-content/uploads/2019/07/Ot%C3%A1via-Melina-de-Resende.pdf>>. Acesso: 24 jul. 2024.

ROCHA, L. M. V.; SOUZA, L. C. L.; CASTILHO, F. J. V. Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 161-175, 2011.

ROCHA, E. S. S. **Educação ambiental** – conceitos, princípios e objetivos. 2021. Disponível em:< <http://www.gestaouniversitaria.com.br/artigos/educacao-ambiental-conceitos-principios-e-objetivos>> Acesso em: 18 jul. 2024.

Rodrigues, G. K.; Pezzuto, C. C. Medição da refletância e análise de sua influência nos materiais construtivos da envoltória da edificação. In: XVIII Encontro de Iniciação Científica e III Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, 2013, PUC- Campinas, SP, Brasil. **Anais [...]**. São Paulo, PUC-Campinas, ISSN 1982-0178, ISSN 2237-0420, 2013.

SANTOS, S. **Fenômeno térmico do concreto– fundamentos e aplicações práticas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2019.

SANTOS, M. A. V.; CAMPELO, A. S. L.; LIMA, G. S.; ROCHA, R. S.; PEREIRA, G. J. S. A.; CHAGAS, J. F. B. Estudando calor específico na prática com materiais de fácil acesso. In: IX Congresso Nacional de Educação-CONEDU, 2023, João Pessoa- PB, Brasil. **Anais [...]**. João Pessoa: UFPB, ISSN: 2358-8829, 2023.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores desse processo em sala de aula**. São Paulo, 2008. Tese. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e procura de indicadores do processo. **Investigação em Ciências**, v. 13, n.3, p.333-352, 2008.

SOUZA, J. A. P.; MENIM, B. F.; KOWALSKI, L. F. Influência do albedo na temperatura desuperfície de pavimento asfáltico urbano. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v. 26, p. 60-75, 2020.

VIEIRA, I. C. B.; RIBEIRO, E. A. W. Da experimentação ao mundo: práticas ambientais aplicadas como perspectiva de integralidade. **Revista Ciências & Ideias**, v. 12, n. 4, 2021.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.