



DOI: 10.5380/abclima

O USO DE MICROCONTROLADORES PARA O ESTUDO DA CLIMATOLOGIA URBANA NO ENSINO BÁSICO

The use of microcontrollers for the study of urban climatology
in primary education

El uso de microcontroladores para el estudio de la
climatología urbana en educación primaria

Gabriela Freire Portugal
gabrielafreireportugal@gmail.com

André Costa Castilhano
andrcosta72@gmail.com

Izabela Scremin
izabelascremin@ufpr.br

Resumo: O artigo aborda a integração do estudo do clima urbano no ensino básico, explorando as complexas interações entre as dinâmicas urbanas e climáticas. A pesquisa propõe atividades práticas que incentivam a participação dos estudantes na pesquisa de campo, utilizando tecnologias acessíveis, como o microcontrolador ESP 32 e o sensor DHT11, para monitorar parâmetros climáticos em diferentes pontos da cidade. A análise ressalta a importância de entender a cidade como um sistema complexo, onde as intervenções humanas moldam a dinâmica natural e impactam diretamente o clima. Ao combinar os dados coletados com as experiências cotidianas dos estudantes, busca-se promover uma educação que contribua para uma formação mais horizontalizada e crítica, capacitando os alunos a compreender e atuar sobre os desafios apresentados pela Climatologia Urbana.

Palavras-chave: Educação. Climatologia Urbana. Microcontrolador.

Abstract: The article addresses the integration of urban climate studies into basic education, exploring the complex interactions between urban dynamics and climate. The research proposes practical activities that encourage student participation in field research, utilizing accessible technologies such as the ESP 32 microcontroller and the DHT11 sensor to monitor climatic parameters at different points in the city. The analysis emphasizes the importance of understanding the city as a complex system where human interventions shape natural dynamics and directly impact the climate. By combining data with students' everyday experiences, the aim is to promote an education that contributes to a more inclusive and critical formation, empowering students to understand and address the challenges presented by Urban Climatology.

Keywords: Education, Urban Climatology, Microcontroller.

Resumen: El artículo aborda la integración del estudio del clima urbano en la educación básica, explorando las complejas interacciones entre las dinámicas urbanas y climáticas. La investigación propone actividades prácticas que fomentan la participación de los estudiantes en la investigación de campo, utilizando tecnologías accesibles como el microcontrolador ESP 32 y el sensor DHT11 para monitorear parámetros climáticos en diferentes puntos de la ciudad. El análisis destaca la importancia de entender la ciudad como un sistema complejo, donde las intervenciones humanas moldean la dinámica natural e impactan directamente el clima. Al combinar los datos recogidos con las experiencias cotidianas de los estudiantes, se busca promover una educación que contribuya a una formación más horizontalizada y crítica, capacitando a los alumnos para comprender y actuar sobre los desafíos que presenta la Climatología Urbana.

Palabras clave: Educación, Climatología Urbana, Microcontrolador.

Submetido em: xx/xx/20xx

Aceito para publicação em: xx/xx/20xx

Publicado em: xx/xx/20xx

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.vxxxx>

1. INTRODUÇÃO

“O movimento da reprodução da realidade justifica a necessidade da produção renovada do conhecimento. O ato de conhecer, portanto, depara-se constantemente com o novo.”

(Ana Fani Alessandri Carlos, 2018)

O trecho retirado do livro “Geografia urbana crítica: teoria e método” (2018), da geógrafa Ana Fani Alessandri Carlos, precisa a dificuldade da apreensão da realidade em sua totalidade, dada às suas complexas dinâmicas e sobreposição de fatores diversos. Ademais, a autora reitera a importância de equiparar a velocidade da renovação do conhecimento à reprodução da própria realidade.

Através de uma perspectiva social, influenciada pela abordagem da Geografia Crítica, o presente artigo propõe a inserção do estudo do clima urbano no ensino básico por meio de atividades e materiais que despertem a interação dos estudantes à prática da pesquisa. A superação das abordagens tradicionais evidenciam a importância dos saberes populares e experiências cotidianas dos estudantes. Para tanto, o planejamento redigido busca centrar as atuais temáticas de mudanças climáticas e desigualdades sociais a partir da captação de dados e percepção dos alunos acerca da cidade.

Apesar de direcionado ao estudo do clima urbano, pretendemos entender a cidade não como um organismo fragmentado, a fim de evitar “[...] particularismos que pouco contribuem para a revelação da realidade social” (CARLOS, 2018), mas enfatizar a sua complexidade e vigor essenciais de um espaço vivo, “[...] apontando a produção do espaço como imanente à produção da vida.” (CARLOS, 2018). Dessa maneira, o estudo não se resume à proposição de levantamento de dados para fins exclusivamente estatísticos, mas objetiva, primordialmente, o reconhecimento do comportamento das estruturas urbanas e a integração da comunidade na obtenção de informações pouco acessíveis.

2. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo é fundamentada em uma perspectiva crítica e integradora, que se alinha aos princípios da Geografia Crítica, visando a compreensão das

complexas interações entre as dinâmicas urbanas e o clima. O objetivo central é inserir o estudo do clima urbano no ensino básico por meio de atividades práticas que estimulem a interação dos estudantes com a pesquisa, promovendo uma educação que transcenda as abordagens tradicionais e fragmentadas.

Inicialmente, a pesquisa apoia-se em uma contextualização teórica interdisciplinar, embasada em autores que discutem a complexidade das dinâmicas urbanas e suas relações com o clima. A fundamentação teórica inclui a obra de Ana Fani Alessandri Carlos, cuja análise sobre a dificuldade de apreensão da realidade urbana em sua totalidade serve como ponto de partida. Ademais, são incorporados conceitos desenvolvidos por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, em especial a metodologia do Sistema Climático Urbano (SCU), que propõe uma visão holística e integradora dos fenômenos climáticos urbanos, associada à Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig Von Bertalanffy.

No desenvolvimento das atividades práticas voltadas à formação docente, optou-se por uma intervenção pedagógica que envolve o uso de tecnologias acessíveis, como o microcontrolador ESP 32, para a medição e análise de parâmetros climáticos em diferentes pontos da cidade. Somado a isso, as atividades foram planejadas para serem realizadas em três etapas: pré-campo, campo e pós-campo, com o intuito de proporcionar uma integração entre teoria e prática (Paz e Frick 2018). Na etapa de pré-campo, a atividade será organizada em duas horas aulas. A primeira delas será dedicada à revisão dos conceitos de climatologia em sala de aula, contextualizando os fenômenos atmosféricos em áreas urbanas. Na segunda hora aula, propõe-se que os estudantes reconheçam a estrutura e montagem, incluindo uma sessão prática para a calibração dos sensores e criar um climograma com os dados preliminares, evidenciando as diferenças microclimáticas nos pontos determinados.

Na etapa de campo, os educandos, acompanhados do docente, se deslocam até os locais de instalação dos sensores, a fim de observar e descrever em materiais pessoais detalhes acerca do espaço, com intenção de registrar informações para análise futura. Assim, os estudantes deverão verificar tanto as características ambientais quanto as construídas (como a vegetação, o solo e as edificações e intervenções). Posteriormente, no retorno à escola, na etapa pós-campo, os dados obtidos serão analisados em conjunto com as observações registradas, permitindo que os alunos avaliem como as características do ambiente influenciam os microclimas. Este exercício culminará em uma discussão sobre as particularidades estruturais e culturais produzidas no espaço urbano e seus impactos

desiguais no dossel urbano. Durante a movimentação de análise, a participação daquele que educa se torna indispensável, para garantir a mediação de conhecimentos entre os conteúdos já trabalhados e as novas descobertas dos estudantes.

O uso de sensores de temperatura e umidade DHT11, acoplados a microcontroladores ESP32, configurados para enviar dados automaticamente via protocolo MQTT, permite a coleta contínua e precisa de informações climáticas. A escolha por tecnologias de baixo custo e acessíveis é um aspecto central da metodologia, alinhando-se aos princípios da Geografia do Custo Zero.

Por fim, os resultados serão interpretados com base nas teorias exploradas na fundamentação teórica, buscando identificar padrões nos dados climáticos que evidenciem a influência das características urbanas sobre os microclimas. Considerando os desafios e potencialidades do uso de tecnologias emergentes no ensino de Geografia. A discussão dos resultados será orientada para destacar a importância da integração entre saberes populares e científicos, contribuindo para uma educação climática mais inclusiva e conectada à realidade dos estudantes.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Contextualização do Espaço e Clima Urbano

As condições naturais de um determinado ambiente, desafiadoras ou brandas, requerem a adequação da população que por ali permanece, mas, ao mesmo tempo, as intervenções humanas modernas exercem um impacto significativo na reorganização e transformação da dinâmica da natureza. Em uma longínqua relação dialética, “A história da humanidade é a história da adaptação do homem e de sua sociedade às condições do ambiente físico-natural terrestre; é também, a história da transformação deste pelas atividades humanas.” (MENDONÇA, 2001).

Atribui-se à segunda revolução industrial o rápido avanço tecnológico e o aumento da produtividade decorrente do novo modo de produção (TILIO NETO, 2009), induzindo a aceleração da urbanização e o adensamento populacional nesses centros. Segundo Mendonça (2019) apud Choay (1979), podemos “[...] conceber o século XX como aquele da urbanização e, o XXI, como o século da cidade.”, e concomitante às novas estruturas, a modernidade revela um novo estilo de vida da população, marcado por um conjunto de

hábitos excepcionalmente consumistas. O homem colocou-se em posição antagônica, substituindo a dialética "homem-natureza" pela dualidade "artificial-natural", onde a natureza é reduzida ao seu potencial mercadológico e o homem assume a tarefa de dominá-la.

No Brasil, o aumento do crescimento demográfico e a intensificação da urbanização na década de 1960, estimularam a preocupação em compreender esse fenômeno (MENDONÇA, 2004). Conforme o censo do IBGE, no ano de 2010, a população urbana equivalia a aproximadamente 84% da população total brasileira, crescimento esse, acompanhado desde a década de 1940. Em uma escala global, estima-se ainda que no ano de 2050, os espaços urbanos abriguem 68% da população do planeta (UNESCO, 2022).

Autores como Monteiro (1976), Amorim e Cardoso (2014) estabelecem a cidade como o lugar em que se circunscreve mais efetivamente o apogeu da interação entre a natureza e a humanidade “[...] constituem a maior transformação da paisagem natural, apresentando diferentes formas de poluição do ar, água, solo e subsolo, incluindo modificações na morfologia e estrutura do ambiente urbano” (CARDOSO; AMORIM, 2014).

Dentre os elementos componentes do meio natural que instigam a adequação da humanidade, o clima é um fator de extraordinária influência (MENDONÇA, 2001). Considerando que a modificação resultante do “[...] processo de urbanização altera o balanço de radiação da superfície devido à substituição dos materiais naturais pelos materiais urbanos.” (AMORIM, 2009), o espaço urbano concebe particularidades que demandam um minucioso estudo das respostas climáticas devido a interação entre a superfície terrestre e a atuação antrópica.

[...] para se compreender os fenômenos climáticos integralmente, é necessário recorrer à composição e dinâmica da atmosfera, e também a sua interação com a superfície, o que envolve não apenas as características físicas do meio, mas também os elementos socialmente construídos, as formas de construção, e também o jogo de interesses por traz da forma como as sociedades materializam seu modo de vida no espaço através da técnica. (UGEDA JUNIOR; AMORIM, 2016).

A fim de compreender a complexa sobreposição de fatores atuantes no clima urbano, o Professor e Geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro propôs no ano de 1975, a metodologia intitulada Sistema Clima Urbano (S.C.U.), “baseada na Teoria Geral dos Sistemas (TGS), criada por Ludwig Von Bertalanffy, associada ao princípio do holismo – holon – de Arthur Koestler” (LIMA et al., 2012). A perspectiva holística e integradora propõe o estudo do

clima da cidade enquanto um sistema complexo, aberto e adaptativo resultante da coparticipação do homem e da natureza.

Em resumo, o Sistema Climático Urbano (S.C.U.) se divide em três principais subsistemas para a sua análise: Termodinâmico, Físico-Químico e Hidrometeorológico. Esses subsistemas estão associados, respectivamente, aos canais de percepção humana: Conforto Térmico, Qualidade do Ar e Efeitos Meteorológicos (LIMA et al., 2012). A transposição desses elementos para sensações facilmente percebidas pela população, auxiliam na apuração prática das mudanças climáticas em situações cotidianas.

Conforme o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da Organização das Nações Unidas (2023), “Human activities, principally through emissions of greenhouse gases, have unequivocally caused global warming, with global surface temperature reaching 1.1°C above 1850–1900 in 2011–2020.”. A alteração das dinâmicas atmosféricas na cidade, ocasionadas em prol dos pressupostos da sociedade urbano-industrial - seja pela emissão de gases poluentes, o aumento da temperatura da superfície ou a substituição da cobertura vegetal dos solos por camadas de materiais impermeáveis -, resultam em impactos para a população dessa mesma localidade.

O processo de urbanização por si só produz alterações no meio ambiente que tendem a acentuar esses impactos. Ondas de frio e de calor, alteração na intensidade e no regime de chuvas, ventos fortes e granizo costumam trazer consequências como alagamentos, enchentes, inundações, deslizamentos, períodos de estiagem, desconforto térmico, queda de árvores, dentre inúmeros outros eventos. (PLANCLIMA, 2020)

Além do consenso entre a comunidade científica da influência antrópica e do processo de urbanização na ocorrência de eventos climato-meteorológicos extremos, estima-se que os fenômenos decorrentes dessa interação se tornem cada vez mais frequentes “Many changes in the climate system, including extreme events, will become larger in the near term with increasing global warming” (IPCC, 2023). Na contextualização urbana brasileira, vale ressaltar que as desigualdades sociais acentuam as adversidades recorrentes da incidência de eventos extremos, as populações que ocupam áreas suscetíveis a alagamentos e/ou deslizamentos por exemplo, serão mais intensamente afetadas “[...] a ocorrência de desastres não está condicionada somente a fatores climáticos, mas também às vulnerabilidades locais.” (BRASIL, 2016).

Entendendo a estrutura basilar da produção do espaço como a relação entre a natureza e o humano, a apreensão deste sistema complexo em sua totalidade é desafiadora, porque a assimilação da sua realidade imediata deve considerar não somente fatores naturais e antrópicos diversos, mas a sobreposição de acontecimentos históricos e sociais, como ressalta a geógrafa Maria Encarnação Beltrão Sposito (1988) “[...] o espaço é história e nessa perspectiva, a cidade de hoje, é o resultado cumulativo de todas as outras cidades de antes”.

O espaço urbano revela em suas dinâmicas, particularidades que tornam-se imprescindíveis para a sua compreensão. Em um emaranhado de simultaneidades, as relações humanas e a cidade interagem entre si, transformando uma à outra, - isso porque o espaço é a condição, meio e produto das relações sociais. O terceiro fator essencial, além da espacialidade e das relações sociais, é a temporalidade, que adiciona a dimensão histórica ao estudo.

“Portanto, o espaço como produção emerge da história, da relação do homem com a natureza, processo no qual o homem se produz a si próprio, como ser genérico, numa natureza apropriada que é condição (meio e produto) de sua produção.” (FANI, 2018).

Compreender a cidade é também entender o ritmo do cotidiano urbano, onde a pressa é quem dita as relações e, por consequência, se transcreve no espaço “Do tempo visto como sinônimo da pressa. De um tempo social diferencial construído por relações produtivistas.” (CARLOS, 2003). Esse cotidiano desenfreado é característico das relações modernas procedentes do modo de produção capitalista, o espaço é transformado a partir de interesses econômicos, que priorizam determinadas estruturas responsáveis pela manutenção desse *modus operandi* “[...] é assim que a vida cotidiana é, para o Estado e para as forças capitalistas, fonte de exploração e espaço a ser controlado, organizado e programado” (CARVALHO, 2011).

Dessa maneira, a cidade se adequa constantemente às demandas do capital. As infraestruturas urbanas são moldadas para maximizar a eficiência e a produtividade, muitas vezes em detrimento das necessidades humanas básicas e acentuando as desigualdades sociais. Apesar da veloz influência neoliberalista nas disparidades sociais, o contexto histórico brasileiro as associa a um arranjo antigo e perpetuado por séculos “não se pode responsabilizar a globalização e as políticas neoliberais pela segregação e pela pobreza [...]

elas são estruturais de um país cuja esfera social é profundamente desigual” (MENDONÇA, 2020 apud DAVIS, 2006).

Portanto, conforme proposto por Fani (2018), além da fundamentação teórica, propõe-se a aplicação prática desse conhecimento. Reiterando a dialética teoria-prática, propusemos no tópico a seguir, uma atividade que incentive a participação da educação básica na compreensão das mudanças climáticas, o espaço urbano e a maneira pela qual as desigualdades sociais permeiam essas temáticas.

3. 2 Proposta de atividade

Entre as principais discussões atuais no ensino da Geografia, podemos elencar como uma das principais, a maneira pela qual os conteúdos são mediados pelos professores nas escolas - especialmente no que se refere à Geografia física. A repartição da Geografia em humana e física já é por si só uma perda imensurável à ciência, mais ainda são suas subdivisões que tendem a abordá-las em fragmentos, como no caso da climatologia, limitada à métodos de memorização de conceitos, sem quaisquer conexões das experiências diárias dos estudantes.

De acordo com o Grupo de Trabalho em Saúde e Natureza da Sociedade Brasileira de Pediatria (BECKER et al., 2019), apesar de diversos marcos legais que atestam o acesso à natureza e ambientes saudáveis como direitos essenciais para o desenvolvimento saudável das crianças, o que se observa é uma tendência contrária. O modo de vida de crianças e adolescentes tem se restringido cada vez mais a espaços fechados, e as oportunidades de lazer e aprendizado na natureza têm diminuído drasticamente, especialmente nos grandes centros urbanos.

Essa realidade contradiz as diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais, que destacam a importância da percepção como elemento norteador para os "primeiros diálogos com as noções geográficas", partindo do espaço vivido (Furlan, 2011, p.140). Segundo Furlan (2011, p.145), é necessário "superar as dificuldades para aprender e ensinar processos da natureza, particularmente no âmbito da Geografia".

Assim, como Sant'Anna Neto (2008) afirma, a produção de conhecimento sobre os aspectos atmosféricos não deve ser encarada como um fim em si mesmo na Geografia; a relação do clima com o espaço geográfico é indissociável. A rugosidade criada por uma

grande cidade, como demonstra Oke (1987), pode ter efeitos que vão além dos topos dos edifícios mais altos. A cidade é um excelente laboratório onde se pode experimentar, de forma relativamente simples, os mecanismos complexos desencadeados pela ação humana sobre o clima, as modificações que se produzem como consequência dessas ações e as influências que tais modificações podem ter sobre o homem. Essas diferenças estruturais e culturais, juntamente com os atributos do sítio urbano, influenciam diretamente a ocorrência de microclimas dentro de um mesmo espaço intraurbano e tem a prioridade de serem discutidas em sala de aula visando uma formação cidadã e a alfabetização climato-meteorológica”, termo cunhado por Alves (2012, p.112).

Nesse contexto, a atividade proposta visa um projeto de montagem de um termo-higrógrafo de baixo custo através da utilização do microcontrolador ESP 32 e o módulo DHT 11, um sensor que capta as informações atmosféricas de umidade e temperatura. Não somente a sua montagem, motiva investigação das problemáticas urbanas e climato-meteorológicas atuais em um conjunto de atividades de campo, com a metodologia do pré-campo, campo e pós-campo.

Na climatologia escolar, a atividade em campo é essencial para conectar a teoria, aprendida em sala de aula, e a prática, vivenciada pelos alunos em seu cotidiano, promovendo uma melhor assimilação dos conceitos já estudados anteriormente. Contudo, Da Paz e Frick (2018) destacam que, apesar de sua importância, as propostas de aulas de campo muitas vezes não refletem a realidade da maioria das instituições de ensino básico público. Portanto, é necessário desenvolver práticas de aulas de campo que estejam de acordo com a realidade dos professores da rede pública, que geralmente possuem tempo e recursos financeiros limitados.

A abordagem se alinha com as propostas da Geografia do Cotidiano (GC) e da Geografia do Custo Zero (GCZ). O conceito de GC valoriza o espaço de vivência dos estudantes nas aulas de Geografia (Kaercher, 2009), enquanto a GCZ defende práticas pedagógicas de baixo custo e alto impacto no processo de ensino e aprendizagem (Kaercher, 2009). Além disso, no contexto contemporâneo, é vital incorporar tecnologias ambientais de maneira crítica, reconhecendo seus contextos históricos e interesses econômicos, evitando tratá-las como soluções absolutas para a crise ambiental. Essa preocupação emerge principalmente do atual cenário da educação no Paraná, caracterizado pela implementação de projetos tecnocráticos e neoliberais. As novas estratégias tendem a priorizar a busca pelo

lucro nas instituições de ensino, em detrimento da função primordial das escolas públicas brasileiras: garantir o acesso à educação.

A atividade aqui apresentada é direcionada ao primeiro ano do Ensino Médio, considerando a complexidade da inserção da linguagem de programação, que requer uma maturidade cognitiva mais avançada para seu entendimento. Além disso, essa proposta está alinhada com o conteúdo programático do 1º série do Ensino Médio na habilidade EM13CHS303 da BNCC (Base Nacional Comum Curricular), que propõe debater e avaliar o papel da indústria cultural e das culturas de massa no estímulo ao consumismo, bem como seus impactos econômicos e socioambientais.

Para isso, a aplicação da atividade sugere ao docente a escolha de dois pontos de coleta de dados com características contrastantes no entorno da escola, preferencialmente um em uma área de maior adensamento urbano e outro próximo a uma área verde, para a instalação dos termohigrógrafos e o registro das temperaturas ao longo de pelo menos uma semana. Vale ressaltar que, apesar do equipamento registrar a umidade e a temperatura, a atividade proposta considera somente os dados de temperatura.

Partindo para a etapa de pré-campo, recomenda-se que o professor divida a atividade em duas aulas. Na primeira aula, sugere-se a retomada dos conceitos de climatologia e clima urbano, contextualizando-os para os alunos. Já na segunda aula, o docente abordará as geotecnologias aplicadas à climatologia, com ênfase na introdução dos microcontroladores, em especial o ESP 32, explicando seu funcionamento e utilidade. Para uma melhor precisão dos sensores, o professor deve aferir e calibrar o equipamento, utilizando de demonstrações em laboratório ou visitas técnicas à estação meteorológica oficial de sua cidade.

Utilizando os dados previamente registrados pelos sensores de temperatura, oriente os educandos na elaboração de um climograma com as temperaturas das duas localidades ao redor da escola, assim evidenciando, nessa primeira etapa, os diferentes microclimas na escala local, dos quais as características atmosféricas variam no tempo-espaço.

Durante a etapa de campo, os alunos visitarão os locais onde os sensores foram instalados. Utilizando de cadernetas de campo (Figuras 1 e 2) como suporte para registrar suas observações sobre as características dos locais, os estudantes podem descrever, indicar e desenhar as suas sensações e perspectivas no recorte estabelecido, como a presença de áreas verdes, tipos de construções e materiais utilizados.

Figura 1 - Caderneta de campo (frente)¹.

Caderneta de Campo

REPRESENTE AS CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS TANTO POR MEIO DE DESENHOS QUANTO POR DESCRIÇÕES ESCRITAS.

	Ponto 1	Ponto 2
Pesquisador (a):		
Colégio:		
Ano/Série:		
Local visitado:		
Cidade:		
Data: ____/____/____		

Figura 2 - Caderneta de campo (verso).

COMO ESTÁ O TEMPO?

☐ Nublado ()
☐ Chuvoso ()
☐ Sol e Nuvens ()
☐ Ensolarado ()

QUAL O PONTO DA CIDADE VOCÊ SE ENCONTRA

TRACE O TRAJETO QUE VOCÊ SEGUIRÁ

COMO SE ENCONTRA O ENTORNO DA ESCOLA ATÉ OS PONTOS VISITADOS?

IDENTIFIQUE EM QUAIS PONTOS (1 E/OU 2)

calçamento sem grama ()	Pavimentação ()
calçamento com grama ()	Poluição ()
Bueiros e galerias pluviais ()	Erosão ()
presença de automóveis ()	Tem lixeiras ()
Tem vegetação? ()	Sinal de enchente ()
	Animais ()
	Indústrias/ área predial ()

Em qual ponto você sentiu mais desconforto térmico ?

1 E/OU 2

Quais cheiros você sentiu?

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Uma vez coletados, os dados climáticos serão analisados e comparados em uma atividade de pós-campo, averiguando as distinções dos dois pontos com suas anotações das cadernetas de campo. Eles avaliarão como as características e materiais dos locais escolhidos

¹ Para acessar e fazer o download do material, acesse o link: <https://l1nk.dev/wsagl>

influenciam os microclimas da cidade. Por fim, é recomendado para a conclusão do estudo, a discussão sobre as mudanças climáticas e potenciais vulnerabilidades decorrentes das desigualdades sociais.

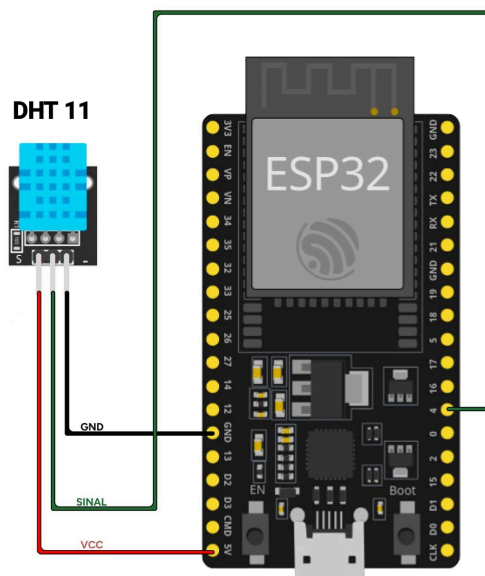
3.3 Desenvolvimento do material

A partir de uma problemática central, o material desenvolvido foi planejado para facilitar a compreensão dos estudantes do ensino básico e, mais ainda, adequado à valores menores do que os usuais para a compra de equipamentos de observação meteorológica. Portanto, além da estrutura simplificada, o levantamento de preços nas lojas de equipamentos eletrônicos da cidade de Curitiba, consideraram as situações econômicas diversas, mas principalmente, a possibilidade de maior acesso com a redução desse custo.

O orçamento total para a montagem dos medidores de temperatura foi de cento e quarenta e sete reais e seiscentos centavos (R\$ 147,60), cada um com o custo unitário de setenta e três e oitenta (R\$ 73,80). A placa de desenvolvimento ESP 32 custou cinquenta e nove reais e noventa centavos (R\$ 59,90), e o módulo de temperatura e umidade DHT11 treze reais e noventa centavos (R\$13,90). Apesar do presente trabalho limitar-se à obtenção de dados de temperatura somente, a vantagem da utilização de microcontroladores é a possibilidade de módulos/sensores de baixo custo que podem ser acoplados neste dispositivo para estudos diversos.

O modelo da imagem a seguir serve para a melhor visualização de sua montagem, explicada em tópicos específicos posteriormente.

Figura 2 - Esquema de ligação do sensor ao microcontrolador.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O primeiro pino (VCC) do DHT11 é responsável pela alimentação positiva do sensor que foi associado ao pino 5 Volts do ESP32. O segundo pino (Sinal) é responsável pelo envio de informações e está associado ao pino 4 que está configurado com entrada de dados. O terceiro pino (GND) é responsável pela alimentação negativa do sensor e está associado ao pino Ground.

PLACA DE DESENVOLVIMENTO ESP32

As principais motivações para o uso do microcontrolador ESP32 foram seu baixo consumo de energia, alto desempenho, versatilidade e confiabilidade nos resultados. Para a programação do ESP32 utilizamos o Wiring, uma linguagem de programação baseada em C++, ideal para propostas que objetivam métodos sucintos e de fácil aprendizagem.

Conforme as especificações encontradas no próprio *datasheet* do microcontrolador, o ESP32 possui dual-core Tensilica Xtensa 32-bit LX6, contém como principais tecnologias módulo Wifi e de Bluetooth e memória flash, o que permite o compartilhamento imediato de seus registros.

MÓDULO DE TEMPERATURA E UMIDADE DHT 11

O sensor de temperatura e umidade utilizado foi o modelo DHT11, um sensor digital pelo qual as informações são passadas em 8-bits para o microcontrolador. Sua estrutura é formada por um sensor capacitivo para medição de umidade e um termistor NTC para temperatura. A faixa de medição de temperatura é entre 0°C a 50°C, de umidade é de 20% a 90%, a margem de erro para temperatura é +- 2°C e para umidade de +-5%.

O sensor capacitivo é formado por duas placas com um substrato que retém umidade: conforme a alteração de umidade no ar, a resistência elétrica é alterada, sendo possível captar os dados atmosféricos.

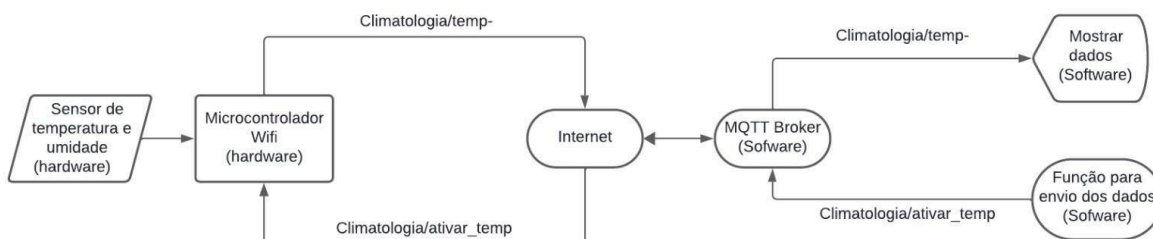
Já o termistor NTC varia sua resistência conforme a temperatura, a nomenclatura NTC refere-se ao comportamento inversamente proporcional do instrumento, quanto maior a temperatura em contato com o termistor, menor é sua resistência elétrica - e essa reação é traduzida numericamente para os graus de temperatura.

MQTT - Protocolo de comunicação

O MQTT é um protocolo de comunicação criado pela International Business Machines Corporation (IBM), cujo modelo é baseado em Assinatura e Publicação (Subscribe/Publish). As principais entidades para a comunicação de dados são o Broker e os clientes, sendo o Broker um servidor por onde são enviadas todas as mensagens dos clientes e posteriormente distribuídas para as rotas onde estão inscritos. Já o cliente é a entidade que pode interagir com o broker para enviar e receber as mensagens.

Para uma melhor compreensão da interação entre o MQTT e as demais estruturas previamente contextualizadas, desenvolvemos o seguinte diagrama:

Figura 3 - Diagrama de estrutura.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Descrevendo o funcionamento do diagrama, o microcontrolador é inscrito no tópico “Climatologia/ativar_temp”, responsável pelo acionamento da leitura do sensor de temperatura, devidamente integrado com uma função específica de enviar um sinal a cada hora completa para realizar a leitura. O intervalo definido a cada hora convém à comparação dos seus registros aos dados oficiais, também obtidos de hora em hora. Assim que o sinal é enviado, o microcontrolador faz a leitura do sensor e logo envia para o tópico “Climatologia/temp-”, os dados podem ser visualizados e são armazenados no banco de dados do Adafruit.

A principal vantagem entre o MQTT e outros tipos de protocolo de comunicação é o seu baixo consumo de banda larga. Enquanto os demais protocolos exigem uma quantia mínima de consumo de internet e alta estabilidade, o MQTT consegue operar sob o uso de bandas largas baixíssimas e instáveis, cooperando para a obtenção de dados em localidades diversas.

SOFTWARE EMBARCADO

O software foi desenvolvido pela plataforma Arduino IDE, compilador e gravador para sistemas embarcados.

A seguir é possível observar o algoritmo em alto nível, ou seja, a descrição do funcionamento do código para o funcionamento ESP32 estruturada para a compreensão humana. Já o algoritmo de baixo nível, aquela linguagem programada para a compreensão da máquina, está disponível no Github (https://github.com/andrezinc/climatologia_esp32).

Define o usuário e senha do Adafruit;

Define o nome e senha do wifi;

Variável reboot recebe 0;

Variável leitura recebe 0;

Função Conexão MQTT:

Se estiver não estiver conectado faça:

Criação de nome do cliente;

Se conseguir conexão com nome, usuário e senha do Adafruit faça:

Pública Ligado em Climatologia/esta-on;

Inscribe em Climatologia/reboot;

Inscribe em Climatologia/ativa-temp-umid;

Se não conseguir:

Exibe a falha pela comunicação serial;

Função Retorno Mensagem:

Se for enviado mensagem no tópico Climatologia/reboot:

Variável reboot recebe 1;

Se for enviado mensagem no tópico Climatologia/ativar-temp:

Variável leitura recebe 1;

Função Configuração Wifi:

Wifi recebe ssid_wifi e senha_wifi;

Enquanto não estiver conectado:

Exibe “conectando” pela comunicação serial;

Se conectou:

Exibe “conectou” pela comunicação serial;

Função Enviar Mensagem:

Envia Temperatura para o tópico Climatologia/temp;

Enviar Umidade para o tópico Climatologia/umid;

Configura o acesso wifi;

Configura o acesso ao MQTT pelo adafruit;

Configura o DHT11;

Faça infinitamente:

Se estiver desconectado do MQTT:

Use Função Conexão MQTT;

Mantenha Conexão MQTT;

Se leitura for 1:

Faça a soma de temperatura e umidade 10 mil vezes;

Divida temperatura e umidade por 10 mil;

Use a Função Enviar Mensagem para enviar temperatura e umidade;

Se reboot for 1:

Reinicie Esp32;

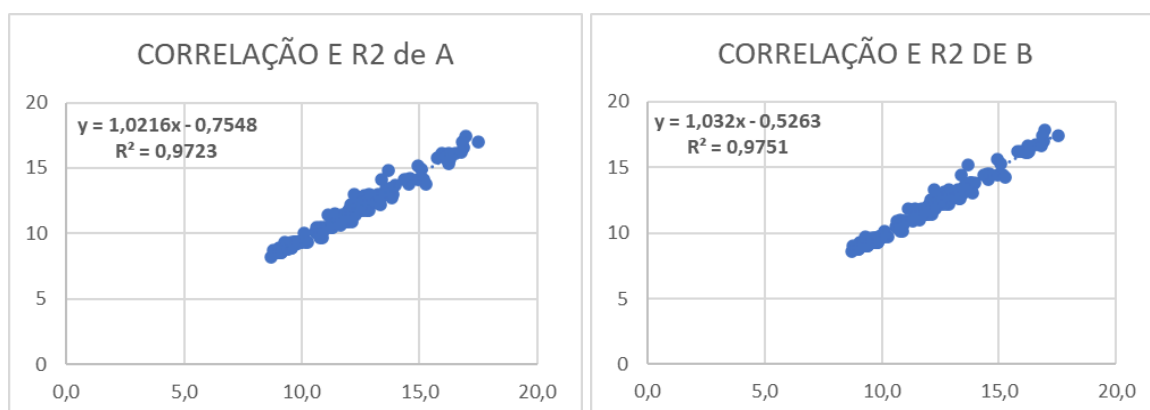
CALIBRAGEM DO EQUIPAMENTO

Para a calibração do equipamento, os microcontroladores ESP32 e o sensor DHT11 já devidamente conectados e programados, coletaram os dados de temperatura por sete dias no cercado meteorológico localizado no bairro Jardim das Américas onde encontram-se as estações do INMET e SIMEPAR, responsáveis pela captação dos dados oficiais.

Ao fim da coleta, os dados obtidos foram comparados aos dados oficiais do SIMEPAR. Através da média da diferença das temperaturas registradas nos sensores em comparação à estação meteorológica do SIMEPAR, verificou-se que os dois sensores deveriam ser ajustados. O sensor A demandou uma reprogramação de acréscimo de 0,5°, enquanto o sensor B foi acrescido 0,2°.

Ambos os sensores obtiveram uma alta correlação de Pearson e um bom resultado do erro quadrático médio, aproximado do valor 1.

Figura 4 - Gráfico correlação de Pearson e R^2 .



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

ABRIGO METEOROLÓGICO

Para a coleta de dados meteorológicos, é essencial considerar parâmetros universais que assegurem condições uniformes para determinados equipamentos. As diversas localidades ao longo do planeta e suas respectivas condições climáticas exigem uma padronização que permita métodos consistentes e comparáveis.

Conforme a Organização Meteorológica Mundial (2008), é necessária a proteção do instrumento contra as intempéries climáticas para a captação de dados de temperatura.

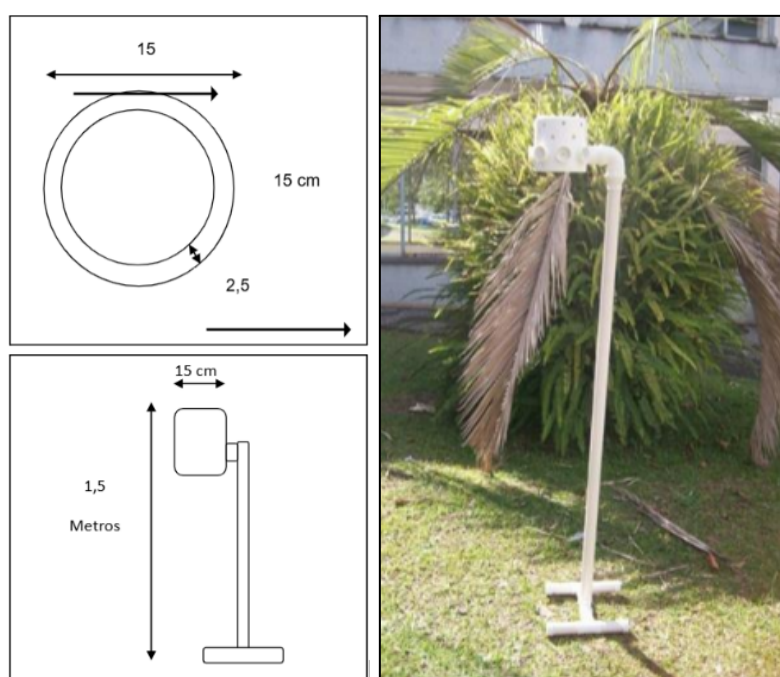
Therefore, in order to ensure that the thermometer is at true air temperature it is necessary to protect the thermometer from radiation by a screen or shield that also serves to support the thermometer (OMM, 2008)

Em concordância às propostas didáticas anteriormente apresentadas, a cerne da realização dessa atividade ainda considera a acessibilidade econômica do produto enquanto um fator determinante na educação brasileira. Dessa maneira, utilizamos um mini-abrigo meteorológico de baixo custo, idealizado por Castelhana e Roseghini (2001). Para a construção do mini-abrigo, são utilizadas peças de policloreto de vinila (PVC) em sua construção e, apesar do material pouco usualmente utilizado na climatologia, seu resultado comparativo aos registros oficiais do INMET foram similares.

Os resultados alcançados mostraram-se favoráveis à aplicação do PVC para a confecção de mini-abrigos e uso em pesquisa de campo, evidenciando uma grande similaridade com os dados oficiais registrados pela estação automática do INMET, referendando assim a confiabilidade dos mesmos. (CASTELHANO; ROSEGHINI, 2011)

Sua estrutura é simples e de fácil montagem (imagem x), facilitando o transporte de suas peças. Além disso, os autores responsáveis se certificaram de cumprir os demais parâmetros estabelecidos pela OMM, que consistem na adequação da cor, altura e ventilação do abrigo.

Figura 5 - Estrutura do abrigo meteorológico de PVC.



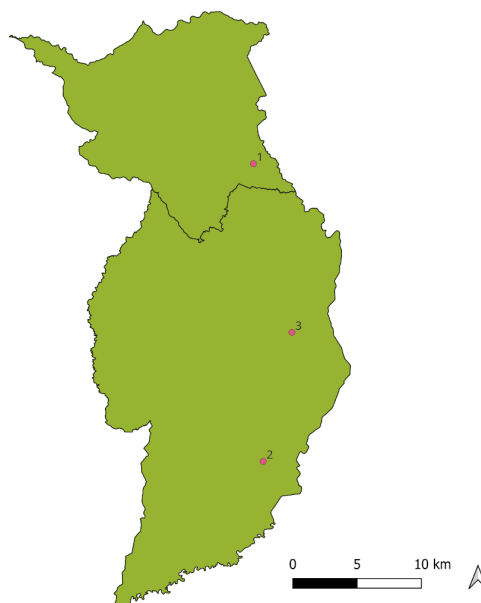
Fonte: CASTELHANO, ROSEGHINI (2011)

LEVANTAMENTO DE DADOS

A comparação de temperatura dos espaços urbanos da região de Curitiba e Almirante Tamandaré contou com o levantamento de dados de três sensores. O sensor A, localizado em Almirante Tamandaré (Ponto 1), o sensor B localizado no bairro Sítio Cercado (ponto 2) e os dados oficiais da estação automática do INMET, no Jardim das Américas (ponto 3).

Para evidenciar melhor a interferência das estruturas urbanas na temperatura da atmosfera, os locais escolhidos são propositalmente contrastantes. O ponto 1, localizado no bairro Cachoeira, em Almirante Tamandaré, representa a porção norte e uma área de alta concentração vegetativa. O ponto 2, localizado no Sítio Cercado, representa a porção sul, caracterizada por alta densidade de construções. Por fim, o ponto 3, localizado no Jardim das Américas, representa a porção central.

Figura 6 - Pontos de coleta de dados.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

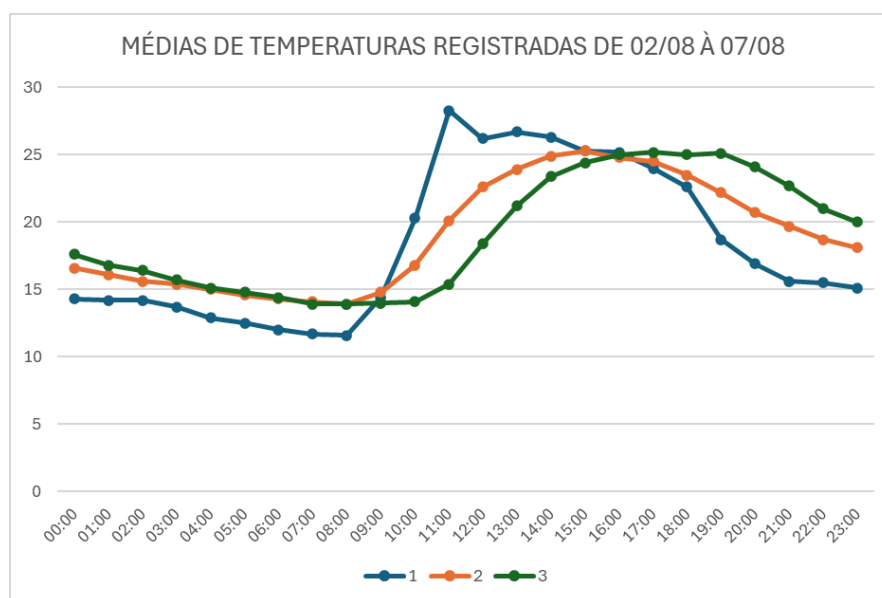
Devido ao período curto disponível para a conclusão do estudo, os dados de temperatura foram registrados durante o curto intervalo de cinco dias, o que pode comprometer a qualidade da amostra.

RESULTADO DAS MEDIÇÕES

Conforme esperado, o ponto 1, localizado na região norte, apresentou uma média de temperatura mais baixa em relação aos outros sensores, isso acontece devido ao albedo do seu entorno composto por árvores e vegetação. Enquanto os pontos 2 e 3, nas áreas mais urbanizadas, apresentaram um aumento significativo de temperatura, mas de comportamento bastante similar.

Vale ressaltar que os dados obtidos no ponto 1 devem ser desconsiderados durante o intervalo das 11h às 16h devido a um problema técnico na instalação do abrigo meteorológico. A sua proximidade com a parede comprometeu os dados registrados, mas ainda revelando a influência dos materiais antrópicos na retenção de calor.

Figura 7 - Gráfico média de temperaturas registradas no período.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Integrar as dinâmicas naturais às análises espaciais na educação geográfica é imperativo para a formação de indivíduos capazes de enfrentar os desafios ambientais contemporâneos. A Geografia Física, com suas bases teóricas e metodológicas, fornece as ferramentas necessárias para compreender as complexas interações entre Natureza e Sociedade, especialmente em contextos urbanos onde os riscos associados a eventos naturais extremos são exacerbados.

A utilização de sensores térmicos, conforme explorado, representa uma ferramenta pedagógica essencial que, ao ser aplicada de forma crítica, permite uma aproximação prática dos estudantes com os fenômenos climáticos urbanos. Esses dispositivos possibilitam uma compreensão mais acurada das variações microclimáticas e suas consequências para o ambiente urbano, promovendo uma educação que alia teoria e prática no espaço de socialização primária dos educandos: o entorno da escola.

Todavia, o emprego de tecnologias como os sensores térmicos deve ser visto como um complemento ao ensino, e não como uma solução definitiva para as lacunas educacionais, até porque, se não caímos na lógica primitiva da reprodução sistêmica e segregatória do espaço urbano, mas muito pelo contrário disso, a cidade deve e é de todos, os sistemas podem e são feitos para uso coletivo e a verdadeira significância desse projeto reside na tentativa de enfatizar que a cidade não é apenas um cenário físico, mas um espaço vivo.

6. REFERÊNCIAS

CARLOS, A. F. A. Geografia crítica-radical e a Teoria Social. In: CARLOS, Ana F. A.; SANTOS, César S.; ALVAREZ, Isabel P. (orgs). **Geografia Urbana Crítica: Teoria e método**. São Paulo: Editora Contexto, 2018. p.15-34.

SPOSITO, M. Encarnação Beltrão. A urbanização pré-capitalista. In: **Capitalismo e urbanização**. 14ª. ed. São Paulo: Contexto, 1988. p. 11-41.

MENDONÇA, F. **Clima e Criminalidade**: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência da criminalidade urbana. Curitiba: Editora UFPR, 2001.

CARLOS, A. F. A. **A cidade**. São paulo: Contexto, 2003.

CARVALHO, M. C. B. (2011). O conhecimento da vida cotidiana: base necessária à prática social. In: NETTO, J. P.; CARVALHO, M. C. B. (Eds.), **Cotidiano: conhecimento e crítica** (pp. 13-63). São Paulo: Cortez.

MENDONCA, F. A.. S.A.U. - Sistema sociambiental Urbano: Uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: Francisco Mendonca. (Org.). Impactos Socioambientais Urbanos. Curitiba: Editora da UFPR, 2004, v. 1, p. 185-208.

United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). **Urban Climate Actions The urban content of the NDCs**: Global review 2022.

TILIO NETO, Petronio De. **Ecopolítica das Mudanças Climáticas**: o IPCC e o Ecologismo dos Pobres. São Paulo: Plêiade, 2009. 255p .

DE SOUZA PAZ, Otacílio Lopes; DE LIMA FRICK, Elaine de Cacia. **Aula de campo como um encaminhamento metodológico no processo de ensino-aprendizagem**: aplicações a partir da geografia do cotidiano e do custo zero. Revista Brasileira de Educação em Geografia, v. 8, n. 16, p. 242-267, 2018.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Da climatologia geográfica à geografia do clima**: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. Anpege, São Paulo, v. 4, 2008. Disponível em: < <http://anpege.org.br/revista/ojs-2.4.6/index.php>>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2015.

FURLAN, S. A. **Natureza e ambiente no ensino de Geografia**. In: CALVACANTI, L. de. S.; BUENO, M. A.; SOUZA, V. C. (Org.) A produção do conhecimento e a pesquisa sobre ensino de Geografia. Goiânia: Editora da PUC, 2011. p.139-48

BECKER, Daniel et al. **Benefícios da natureza no desenvolvimento de crianças e adolescentes**. S.l. : SBP; Instituto Alana, 2019.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen & Co. 2nd edn. 1987,435p.

ALVES, O. A. **Estratégias de ensino e mobilização dos conteúdos do clima na geografia escolar: possibilidades de ação didática por meio de materiais didáticos**. Revista Anekumene, Bogotá, n.4, p.107-22, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**.

KAERCHER, NESTOR ANDRÉ. **A GEOGRAFIA ESCOLAR: GIGANTE DE PÉS DE BARRO COMENDO PASTEL DE VENTO NUM FAST FOOD?**. Terra Livre, v. 1, n. 28, p. 27-44, 2007.

O.M.M. **Guide to Meteorological Instruments and Observing Practices**. Organização Meteorológica Mundial, Geneve, 2008.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Reports. **15: Human Health: Impacts, Adaptation, and Co-Benefits**. IPCC, Sixth Assessment Report, March 2023.

PlanClima - **Plano de Ação Climática de Curitiba**. 2020.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima** – Estratégia Geral/ Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudança do Clima e Florestas. – Brasília, DF: MMA, 2016.