



Proposta de Estação Meteorológica baseada em Internet das Coisas de Código Aberto e Baixo Custo como Ferramenta para Articulação entre novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação no Ensino de Ciências/Física na Educação Básica

João Paulo Mannrich – SESI SC / PPGET UFSC
joao.mannrich@sesisc.org.br / jpmannrich@yahoo.com.br
<https://orcid.org/0000-0003-0860-2535>
Othon da Rocha Neves Jr – SESI SC
othonrnj@sesisc.org.br / othonrnj@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0678-0461>

Resumo

Neste trabalho propomos a construção e utilização de estações meteorológicas de baixo custo baseadas na tecnologia de Internet das Coisas por meio de plataformas de código aberto. No estudo utilizamos o microcontrolador NodeMCU ESP8266 12E, o protocolo MQTT e o servidor Mosquitto Client. Comparamos e analisamos os dados de temperatura e umidade relativa do ar de dois protótipos com dados de uma estação padrão. Validamos o processo de leitura e coleta de dados por meio de diferentes plataformas (Windows, Raspbian e Android). Com base nesses estudos, apontamos possibilidades pedagógicas de aplicação do projeto no Ensino de Ciências/Física considerando diferentes abordagens e contextos com foco no ensino fundamental (anos finais) e médio.

Palavras-chave: INTERNET DAS COISAS, NODEMCU ESP8266, ESTAÇÃO METEOROLÓGICA, ENSINO DE CIÊNCIAS, TDIC.

Propose of an Open Source and Low Cost based on Internet of Things Meteorological Station as a Tool for Articulation between new TDIC in Science Teaching/physics in Basic Education

Abstract

In this work we propose the construction and use of low-cost weather stations based on Internet of Things technology through open source platforms. In the study we used the NodeMCU ESP8266 12E microcontroller, the MQTT protocol and the Mosquitto Client server. We compared and analyzed the temperature and relative humidity data from two prototypes with data from a standard station. We validate the reading and data collection process across different platforms (Windows, Raspbian and Android). Based on these studies, we point out pedagogical possibilities for the application of the project in Science/Physics Teaching, considering different approaches and contexts with a focus on elementary (final years) and high school.

Keywords: INTERNET OF THINGS, NODEMCU ESP8266, WEATHER STATION, SCIENCE EDUCATION, TDIC.

INTRODUÇÃO



Nas últimas décadas testemunhamos o crescimento exponencial de novas tecnologias físicas e digitais e o seu impacto na vida em sociedade. O mundo físico nunca esteve tão conectado com o mundo digital. Schwab (2016) indica que vivemos “A Quarta Revolução Industrial”. Para o autor isso se deve a três megatendências categorizadas em física, digital e biológica, tais como tecnologias vinculadas à impressão 3D, robótica avançada, Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT), computação em nuvem e biologia sintética. A falta de conhecimento a respeito da tecnologia é uma preocupação de Schwab (2016) com destaque para duas dimensões. A primeira diz respeito à disponibilidade e inclusão. Para o autor é evidente a necessidade dos governos promoverem e apoiarem a implantação do acesso à internet à sua população, sob pena de haver exclusão digital e consequentes problemas associados à falta de participação em uma sociedade digital e novas formas de engajamento cívico. Outra dimensão está na produção de assimetrias de poder:

Na sociedade da informação atual, as assimetrias de informações podem levar a grandes assimetrias de poder, pois aquele que detém o conhecimento necessário para operar a tecnologia também detém o poder para operá-la. Uma entidade com acesso root (acesso total) é quase onipotente. No entanto, dada a complexidade para a plena compreensão dos aspectos técnicos subjacentes e potenciais das tecnologias modernas, é possível que surjam desigualdades crescentes entre indivíduos conhecedores da tecnologia – que compreendem e controlam essas tecnologias – e aqueles que a conhecem menos – os usuários passivos de uma tecnologia que não entendem. (Schwab, 2016, p. 17)

É consenso da necessidade de se trabalhar uma educação crítica que permita aos indivíduos não serem programadas pelas máquinas, mas programá-las. Uma educação em que os indivíduos sejam capazes de perceber as diferentes dimensões e implicações das tecnologias em suas vidas e na própria sociedade, e que tenham condições de tomar consciência e agir de forma benéfica para si e para os outros. Esta visão é corroborada pela competência geral cinco da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a qual os indivíduos devem capazes de:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (Brasil, 2017, p. 7, grifo nosso)

Destaca-se que oportunizar o desenvolvimento da competência supracitada pelos estudantes deve se dar de forma transversal a todas as áreas do conhecimento e etapas da educação básica. Podemos ainda verificar que nas áreas do conhecimento e componentes específicas da BNCC, tais como a competência específica três da área de ciências da natureza e a competência específica cinco da componente curricular de geografia dos anos finais do ensino fundamental, há o reforço da necessidade de apropriação de conhecimentos científicos e tecnológicos (incluindo digitais) de modo que os estudantes sejam capazes de:

Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem



entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza. (Brasil, 2017, p. 320, grifo nosso)

Desenvolver e utilizar processos, práticas e procedimentos de investigação para compreender o mundo natural, social, econômico, político e o meio técnico-científico e informacional, **avaliar ações e propor perguntas e soluções (inclusive tecnológicas)** para questões que requerem conhecimentos científicos da Geografia. (Brasil, 2017, p. 362, grifo nosso)

Para completar destacamos que a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), no Art. 32 inciso II, estabelece que a etapa do ensino fundamental tem como um dos objetivos básicos “a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade” (Brasil, 1996). Os enxertos citados corroboram que, compreender e utilizar conhecimentos científicos valendo-se também da tecnologia como meio de produção de sentidos, conhecimentos e objeto de reflexão nos tempos atuais, envolve o desenvolvimento de competências fundamentais para a formação cidadã.

Além do desenvolvimento das competências supracitadas, verificamos a necessidade de se abordar temas científicos envolvendo áreas como termodinâmica, clima e tempo no ensino fundamental, o que fica mais especificado em habilidades da área de ciências da natureza (EF07CI02; EF07CI03; EF07CI04; EF07CI06; EF07CI08; EF07CI13; EF08CI14; EF08CI15; EF08CI16) e da componente curricular geografia da área de ciências humanas (EF06GE03; EF06GE05). Já no ensino médio, podemos elencar habilidades da área de ciências na natureza vinculadas à realização e interpretação de previsões sobre sistemas termodinâmicos, bem com investigar fenômenos em perspectivas científicas e tecnológicas (EM13CNT102; EM13CNT205; EM13CNT301; EM13CNT308). A área de ciências humanas também prevê a construção de argumentos na compreensão de fenômenos socioambientais (EM13CHS103) (Brasil, 2017), o que pode ser explorado por meio do estudo e análise de dados provenientes de estações meteorológicas.

Um aspecto que estimula apropriações de novas estratégias pedagógicas, aliando tecnologias digitais na educação básica, está no fato de que o nível de desenvolvimento tecnológico, associado ao fenômeno das sociedades e economias globalizadas, produziu uma redução acentuada no custo das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), assim como das tecnologias digitais de fabricação (TDF), o que permitiu que muitas dessas novas tecnologias se espalhassem pelo mundo e impactassem, também, contextos educacionais (Blikstein, 2017), tais como impressoras 3D, cortadoras a laser e microcontroladores como Arduino e NodeMCU (ESP8266 e ESP32).

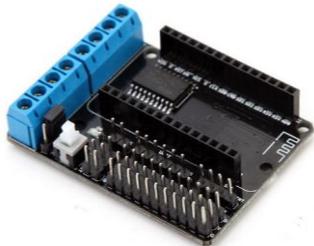
Do cenário supracitado emerge o objetivo deste trabalho: propor e validar a construção de uma estação meteorológica IoT de baixo custo que possa ser apropriada por professores e estudantes e utilizadas em diferentes disciplinas/áreas como ciências da natureza e ciências humanas (componente curricular de geografia) no que diz respeito a fenômenos climáticos, termodinâmicos e tecnológicos nos ensinos fundamental e médio.

MATERIAIS E MÉTODOS

As estações meteorológicas são instrumentos utilizados para medição de variáveis climatológicas como pressão atmosférica, temperatura, precipitação, radiação, velocidade

e direção do vento, evaporação e umidade relativa do ar. Elas podem ser convencionais, em que são feitas medições e observações analógicas, ou automáticas, em que são utilizados sensores e softwares capazes de realizar as leituras e registrar os dados utilizando tecnologias digitais. Como nosso objetivo é, além de discutir variáveis climatológicas e termodinâmicas, abordar questões vinculadas às novas tecnologias no ensino, optamos pelo desenvolvimento de protótipos para construção de uma estação automática. Os primeiros testes e protótipos foram realizados utilizando os seguintes equipamentos:

Quadro 1 - Dispositivos utilizados para a construção da estação meteorológica IoT e seus custos aproximados.

Item	Função	Valor	Imagem
Módulo Wi-Fi NodeMCU Esp8266 12E	Microcontrolador utilizado para coletar os dados dos sensores e enviá-los ao servidor responsável por publicar os dados na nuvem.	R\$ 60,00	
<i>Motor Shield</i> para Módulo WiFi ESP8266 NodeMcu	Placa acoplável ao microcontrolador que permite a reconfiguração dos pinos de entrada/saída do NodeMCU, possibilita o uso de mais sensores simultâneos deixando o projeto organizado e seguro.	R\$ 31,00	
Fonte 5V	Fonte proveniente de sucata eletrônica para alimentação do sistema.	-	
Sensor DHT11	Medição de temperatura e umidade do ar	R\$ 15,00	
Resistor 1k Ohm	Para ligação no sensor DHT11	R\$ 0,10	
Jumpers fêmea-fêmea	Para conectar os sensores ao <i>Motor Shield</i>	R\$ 10,00	

A ligação do sensor DHT11 no NodeMCU ESP8266 deve ser feito de acordo com a lógica apresentada no esquema a seguir. Note que no esquema utilizamos uma

V. 19 N° 2, Dezembro, 2021 RENOTE
 DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.121355>

protoboard para facilitar a indicação das ligações. Na Figura 2 fazemos a ligação diretamente na *Motor Shield*.

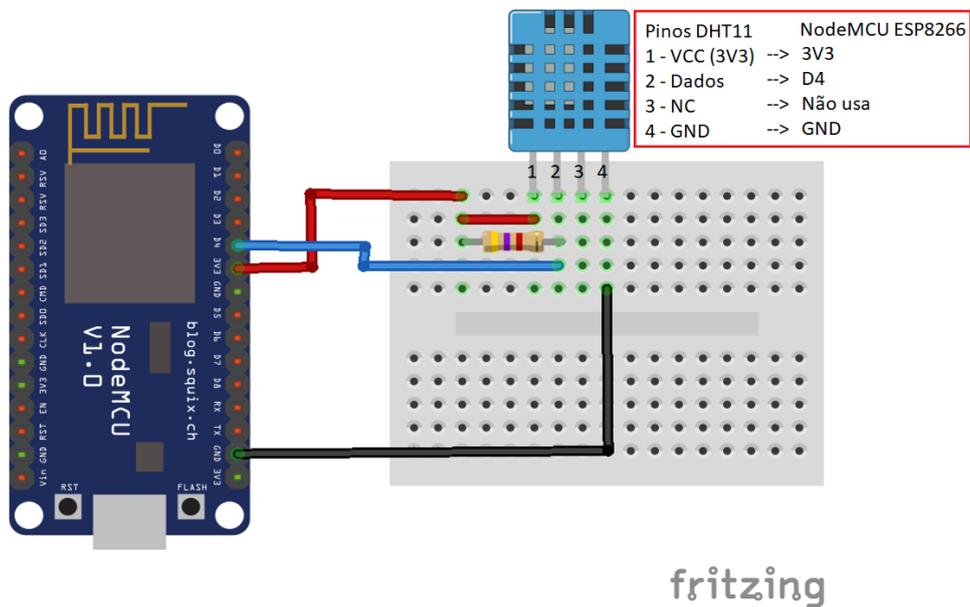


Figura 1 - Ligação dos pinos do sensor DHT11 ao NodeMCU ESP8266.

Fonte: Adaptado de Cintra (2017).

O sensor DHT11, apesar de apresentar bons desempenhos em leituras de temperatura e umidade relativa do ar (Ritter *et al.*, 2020), pode apresentar problemas, o que demanda uma aferição prévia de sua confiabilidade (Pereira *et al.*, 2017). No caso do protótipo da estação IoT, as leituras de temperatura foram comparadas com leituras em um termômetro analógico apresentando resultados similares entre ambos. Quanto à leitura de umidade relativa do ar, as comparações entre os dois protótipos usados e dados da estação de referência, como apresentado adiante, sempre mantiveram o padrão. Desta forma, acreditamos que o sensor que usamos apresenta boa confiabilidade nas leituras.

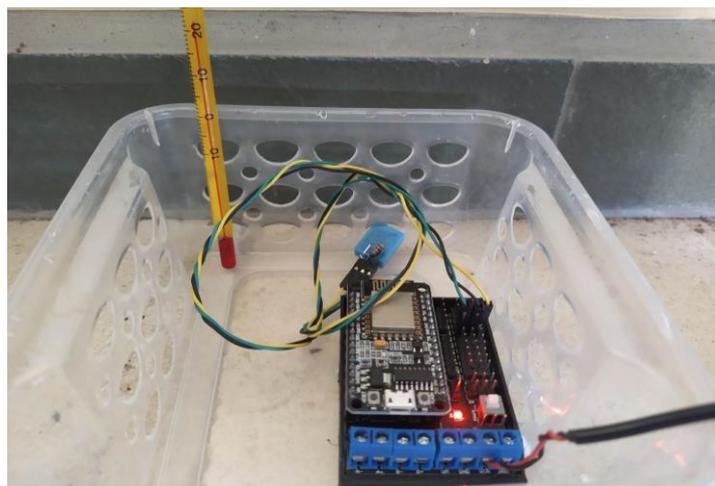


Figura 2 - Arranjo utilizado para comparar a temperatura medida pelo sensor DHT11 e por um termômetro analógico comum. Os fios vermelho e preto no canto inferior direito são os conectores positivo (5V) e negativo (GND) da fonte que alimenta o sistema.

INTERNET DAS COISAS, CÓDIGOS E DATA LOGGING

A Internet das Coisas (IoT) diz respeito a possibilitar a conexão de coisas à internet, como veículos, prédios, processos produtivos e logísticos, dispositivos eletroeletrônicos, e tudo o mais que houver interesse em se coletar e transmitir algum tipo de dado. Monitoramentos meteorológicos, por exemplo, são áreas que se beneficiam destas tecnologias. Hoje em dia todos os *smartphones* com acesso à internet têm condições de receber dados de estações meteorológicas de todo o mundo.

A conexão de coisas na internet demanda protocolos digitais específicos como o MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport* - transporte de telemetria de enfileiramento de mensagens) que permite a troca de mensagens no modelo Publicador-Subscriber demandando pouca estrutura de rede e hardware. O protocolo MQTT está entre os mais utilizados por profissionais, amadores e educadores devido a sua estrutura simplificada e grande disseminação de conhecimento na rede. O esquema a seguir demonstra o processo de captura e envio de dados utilizando o NodeMCU ESP8266 e o protocolo MQTT:

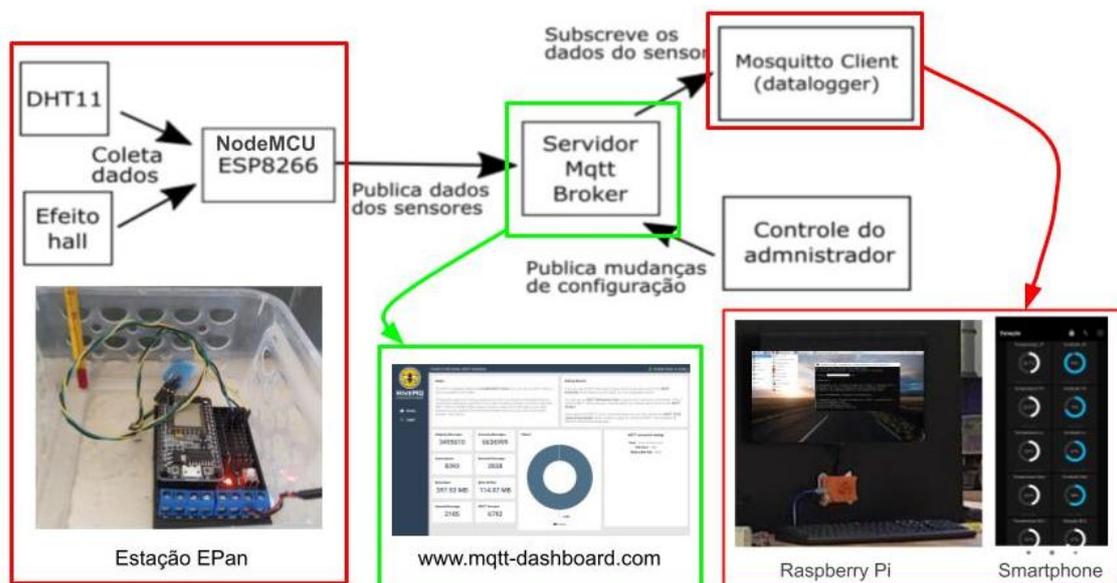


Figura 3 - Captura de envio de dados por meio do protocolo MQTT.

Fonte: adaptado de Yuan (2021).

No esquema indicado temos os sensores DHT11 (temperatura e umidade) conectados ao NodeMCU ESP8266 programado para: conectar-se à internet; realizar a leitura dos sensores; publicar os dados coletados (temperatura, umidade, data e hora) no servidor MQTT Broker (broker.hivemq.com). O servidor MQTT recebe os dados e é capaz de enviá-los a dispositivos que consultam e demandam as informações. Em nosso protótipo utilizamos o Mosquitto Client instalado em um notebook com o sistema operacional Windows 10 e em um Raspberry Pi rodando o sistema Raspbian baseado em Linux. Ambos são capazes de coletar, visualizar e registrar os dados enviados pelo MQTT Broker de modo independente. O registro dos dados é feito de forma automática em arquivo “.txt” (bloco de notas) que é ativado via o *prompt* de comandos do Windows/Raspbian. Isso permite que tenhamos um *data logger* (registrador de dados) e que possamos fazer uma análise *a posteriori* deles.

Além disso, utilizamos um visualizador de leituras no próprio *smarthphone* por meio do aplicativo MQTT Dash. Quanto conectado à internet, o aplicativo consulta o MQTT Broker e publica o dado conforme especificação do *dashboard* (painel de

visualização) configurado pelo usuário¹. Nesse caso, basta cadastrar o endereço do servidor (broker) e o nome do tópicos que envia o dado ao servidor.



Figura 4 – Painel de visualização do aplicativo MQTT Dash no smartphone Android.

A atualização dos dados no painel de visualização se dá a cada 60 segundos em acordo com a configuração do programa que roda no NodeMCU ESP8266.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros testes realizados com os protótipos estação meteorológica IoT, a partir de leituras de temperatura e umidade, foram feitos simultaneamente em dois bairros da cidade de Florianópolis e comparadas com as leituras de uma estação referência instalada no Aeroporto Hercílio Luz (*ERef*), em Florianópolis, a partir do site *tempo.com*. Um deles (*EPan*) foi instalado no bairro Pantanal na sacada do autor. O segundo (*Elta*) foi instalado no bairro Itacorubi na sacada do outro autor. As localizações são apresentadas na Figura 5. Os protótipos das estações IoT ficaram alocadas na varanda dos pesquisadores, abrigadas da incidência direta do sol e da chuva, mas de modo a terem contato direto com as alterações no tempo em ambiente semiaberto.

Os computadores com o servidor Mosquitto Client instalados coletam dados desde o final de julho de 2021. A análise dos dados coletados é realizada por meio de uma planilha do Google de modo a criar gráficos considerando o eixo das abscissas (eixo x) com o tempo (em horas) e o eixo das ordenadas (eixo y) com os valores de temperatura (°C) e umidade relativa (%). A Figura 9 apresenta os dados do dia 1/08/2021.



Figura 5 - Alocação geográfica dos protótipos das estações IoT indicadas nas bolinhas vermelhas.

Fonte: adaptado do Google (2021).

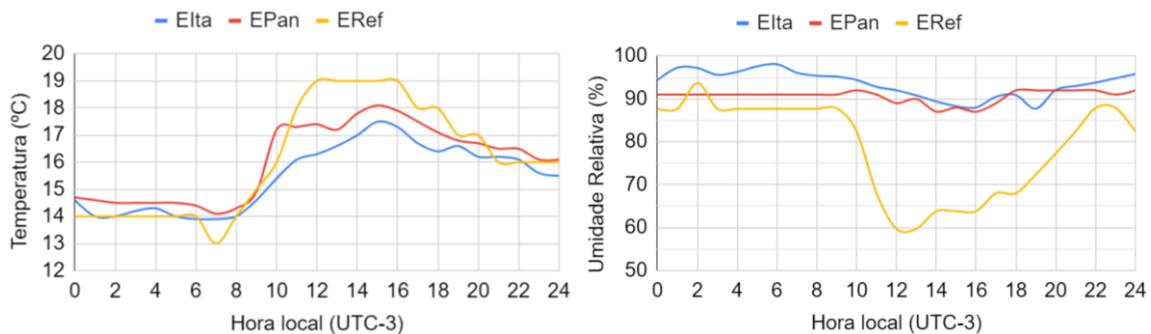


Figura 6 - Gráficos comparando os dados de temperatura e umidade relativa no dia 1/08/2021.

De modo geral, percebemos que o padrão de comportamento, tanto para o caso da variação da temperatura, quanto para a umidade relativa, se mantém. Notamos que há uma maior variação nas leituras de *ERef* quando comparado à *EPan* e *Elta*. Atribuímos essas diferenças a três fatores principais: associadas aos microclimas locais (1), às características da posição de disposição dos protótipos *EPan* e *Elta* comparados à *ERef* (2) e às características dos utilizados (3). O segundo fator implica que *ERef* está instalada em acordo com recomendações padrões, enquanto *EPan* e *Elta* não. Desta forma temos ciência de que não é possível realizar comparações diretas entre nossos protótipos e *ERef*.

Conscientes das limitações das comparações, verificamos que a temperatura máxima registrada é cerca de 1 °C maior em *ERef* do que em *EPan*. Já no caso da umidade relativa, a diferença registrada foi bem maior em comparação de *EPan* e *Elta* com *ERef*.



Neste caso parece que os fatores (1) e (2) têm maior impacto nas leituras. Outro ponto de destaque é que nas comparações entre *EPan* e *Elta* as variações são bem menores, resultado da similaridade entre os fatores (1), (2) e (3) implicando na maior confiabilidade da comparação. Observamos também o padrão de relação inversa entre temperatura e umidade relativa, mais evidenciado em *ERef*, mas *EPan* e *Elta* apresentam a mesma tendência. A Figura 7 apresenta os dados do dia 2/08/2021 que nos permite tecer outras conclusões.

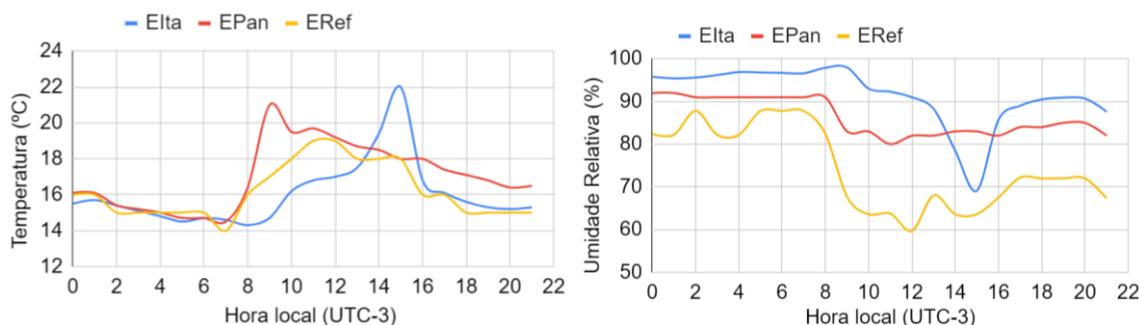


Figura 7 - Gráficos comparando os dados de temperatura e umidade relativa do dia 2/08/2021.

No dia 2/08/2021 também percebemos similaridades no padrão de comportamento da temperatura e umidade relativa. Neste caso, a variação entre as leituras das estações foi menor, em especial em relação à *ERef*. Notamos uma diferença interessante entre os dias 1 e 2/08/2021. Sabemos que a nebulosidade também afetará as medições. No dia 1 havia bastante nebulosidade sob o céu de Florianópolis, enquanto no dia 2 o céu estava limpo. Essa diferença afeta as medições nas estações *EPan* e *Elta* em função da posição que as varandas estão quanto aos pontos cardeais. Apesar do Sol não incidir diretamente sobre os sensores, *EPan* fica na varanda que aponta para a direção nordeste, direção alinhada ao nascimento do Sol. Já *Elta* fica na varanda que aponta para a direção oeste alinhada ao pôr do Sol. Isso implica que, no período da manhã, a face da varanda de *EPan* recebe Sol diretamente durante algumas horas da manhã e a face da varanda de *Elta* recebe Sol diretamente no período da tarde. Estas diferenças são evidenciadas nos picos de temperatura do gráfico, mais um indicativo da importância da escolha do local a se instalar uma estação para obtenção de dados mais fidedignos do microclima a ser monitorado. Também é possível verificar a relação inversa entre temperatura e umidade: quando a temperatura aumenta, a umidade relativa do ar diminui; quando a temperatura diminui, a umidade relativa do ar aumenta.

POTENCIAIS PEDAGÓGICOS

O processo de construção e validação do protótipo nos permite ter ideias para articular ciência e tecnologia em situações de ensino. A seguir apresentamos algumas possibilidades pedagógicas conectadas a habilidades descritas na BNCC mesmo cientes de que muitas outras abordagens podem ser realizadas.

Explorar conceitos científicos vinculados a grandezas meteorológicas: a construção do protótipo envolve a medição de temperatura e umidade relativa do ar. Além do estudo dos conceitos e investigação da influência de uma grandeza na outra (o que fica evidente na análise gráfica - o aumento da temperatura implica a diminuição da umidade relativa do ar), é possível investigar relações de causa e efeito: o que faz a temperatura aumentar/diminuir? O que faz a umidade relativa aumentar/diminuir? Especificamente,



variáveis como temperatura, umidade, pressão, densidade, massa de ar quente e frio, entre outras, estão intimamente relacionadas. Portanto, o protótipo pode iniciar a discussão a partir da temperatura e umidade, mas tem potencial de ser ampliado para outras variáveis com a construção de novos módulos IoT incluindo barômetro, luxímetro, pluviômetro, anemômetro, entre outros.

Estudar, investigar e comparar microclimas locais: o protótipo pode ser usado em projetos de iniciação científica no estudo de variações de microclimas locais, em particular na realização de comparações com outras estações construídas pelos estudantes ou disponibilizadas por outras instituições. A implantação de estações em diferentes locais de uma mesma cidade/localidade tais como zonas urbanas, rurais, industriais, mais ou menos arborizadas, permite a comparação de dados e o estudo das causas que os diferenciam, o que tem potencial de dar consciência aos estudantes dos fatores que impactam os microclimas analisados tais como tipos de solo, relevo, formações vegetais, construções e atividades produtivas.

Coleta, tratamento e análise de dados: os dados podem ser anotados manualmente a partir de leituras diretas no *smartphone*/computador ou serem coletados de forma automática (*data logger*). No último caso, utilizando o Mosquitto Client, é possível registrar uma quantidade grande de dados. A análise dos dados implica em pensar nas perguntas que se pretende responder (estudar o microclima local durante um dia, mês ou ano; comparar microclimas; investigar períodos específicos; entre outros). Uma vez que se determine qual análise será realizada, os dados de interesse precisam ser selecionados e podem ser usados na construção e interpretação de gráficos. Envolver os estudantes nesses processos permite que aprimorem sua compreensão a respeito de instrumentos científico-tecnológicos e do próprio processo de fazer ciência.

Criar instrumentos tecnológicos para explorar fenômenos: os estudantes podem se envolver no processo de construção e programação do protótipo não se restringindo ao módulo de temperatura e umidade relativa do ar. Nos tempos atuais existem muitas informações na internet que podem ser exploradas. Por exemplo, ao pesquisarem, copiarem e alterarem projetos e códigos já disponibilizados na internet para aprimorarem sua própria estação, os estudantes têm oportunidade de vivenciar características do que podemos chamar de educação hacker (Pretto, 2015). Implica que os estudantes podem não só compreender aspectos específicos de tecnologias que envolvem Internet das Coisas como também participarem da cultura de produção de conhecimento e colaboração digital em rede.

Para além da sala de aula: na literatura da área encontramos abordagens significativas ao envolver os estudantes em projetos para além da escola. Por exemplo, Brandão (2015) relata possibilidades de interação com agricultores, haja vista que monitorar variáveis meteorológicas é de grande valia neste contexto. Já Silva *et al.* (2015) discute a criação de redes colaborativas associados a projetos de ciência cidadã com instrumentos similares. Esse tipo de interação auxilia na produção de outros sentidos uma vez que o projeto não se restringiria a um trabalho escolar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Propomos a construção e validação de um protótipo de estação meteorológica IoT como estratégia para abordar conceitos científicos e tecnológicos no ensino de ciências. Desenvolvemos um protótipo para variáveis de temperatura (termômetro) e umidade relativa do ar (higrômetro). Validamos o processo de construção do projeto IoT de modo que podemos ler os dados em diferentes dispositivos como computadores e *smartphones*, desde que conectados à internet, ao mesmo tempo em que podemos salvar os dados e



realizar análises posteriores. O processo mostra potencial para aproximar os fenômenos climáticos e termodinâmicos, as novas TDIC e o ensino de ciências à educação básica, de modo a fazer com que os estudantes se envolvam no processo de desenvolvimento de instrumentos científicos, análise e interpretação dos dados.

Destacamos que o custo do protótipo apresentado fica em torno de R\$ 100,00 e o potencial pedagógico e científico associado aos equipamentos desenvolvidos justifica o investimento. Uma vez que a tecnologia de desenvolvimento da estação IoT estiver dominada pela comunidade escolar, o potencial de utilização é perene e pode auxiliar no ensino de disciplinas/áreas específicas.

Reconhecemos ainda as limitações do protótipo e das análises que apresentamos, mas, do ponto de vista educacional, discussões a respeito dessas diferenças podem ser profícuas para explorar conceitos científicos, padrões e protocolos de medição e análise de dados, bem como características envolvendo a validação das medições e as limitações inerentes às análises realizadas. Novas validações precisam ser realizadas, mas acreditamos que tais verificações podem também ser objeto de discussão durante o próprio processo de desenvolvimento do projeto com escolas.

Vislumbramos que outras variáveis climáticas podem e devem fazer parte de uma estação meteorológica mais completa, tais como pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, precipitação e radiação solar. Estas implementações permitem o desenvolvimento de novos módulos, tanto por parte dos autores, quanto por parte dos professores e estudantes envolvidos em outras etapas. Acreditamos que uma vez que dominem os conceitos e tecnologias, os usuários desenvolvem condições para criar possibilidades e atuar com liberdade de adaptar o projeto da maneira que desejarem, seja incluindo outras variáveis de captura e análise, seja em diferentes abordagens e aplicações.

Notas

¹Detalhes técnicos do desenvolvimento do protótipo podem ser encontrados em <https://www.cienciahackeada.com.br/estacao-meteorologica-v1-0>

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, LDB. 9394/1996.

_____. **Base Nacional Comum Curricular**. Versão Final. Brasília: MED; UNDIME; CONSED, 2017. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79601-anexo-texto-bncc-reexportado-pdf-2&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192> Acesso em: 20 jul. 2021.

BRANDÃO, E. H. S. **Estação Meteorológica: Uma Proposta de Articulação Entre Escola e Comunidade**. Brasília, 2015. 155p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18723/1/2015_EduardoHenriqueSoaresBrand%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 23 de jul. 2021.

BLIKSTEIN, P. Maker movement in education: History and prospects. In: De Vries M. (ed.) **Handbook of technology education**. Springer, Cham: 419–437, 2018.



CINTRA, J. **ESP8266 e Bancos de Dados – Requisições WEB com PHP**. Blog do José Cintra, 21 de janeiro de 2017. Disponível em: <<https://jsecintra.com/blog/esp8266-bancos-dados-requisicoes-http/>>. Acesso em: 27 de jun. de 2021.

GOOGLE. **Google Earth website**. <http://earth.google.com/>, 2021.

PEREIRA, T. S. S. *et al.* Confiabilidade de Sensores Utilizados com o Arduino e Ruído da Entrada Analógica. **Anais [...] III ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFSUL CAMPUS BAGÉ**. 2017. Disponível em: <<http://www2.bage.ifsul.edu.br/encif2017/inscricao/pdf/20170729201200000000.pdf>>. Acesso em 21 de jul. de 2021.

PRETTO, N. Hackear a educação: como a cultura hacker pode servir de inspiração para um novo, e necessário, modelo de ensino. **Facta #3**, 2015. Disponível em: <<http://www.facta.art.br/hackear-a-educacao/>> . Acesso em 5 de dez. 2021.

RITTER, G. S. *et al.* Medidas de temperatura em ambiente interno usando a Plataforma Arduino. Universidade Federal de Santa Maria. **Ci. e nat.**, Santa Maria, V. 42, Special Edition, e35, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/rt/printerFriendly/40637/html>>. Acesso em: 21 de jul. de 2021.

SILVA, R.B. *et al.* Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. **Revista Brasileira de Ensino de Física [online]**. 2015, v. 37, n. 1 [Acessado 20 Junho 2021] , 1505. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11173711685>>. Acesso em 20 abr. 2021.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. Trad. Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

YUAN, M. **Conhecendo o MQTT**. **IBM Developer UC**, 4 de novembro de 2017. Disponível em: <<https://developer.ibm.com/br/technologies/iot/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>>. Acesso em: 20 de jun. 2021.