

Ensino

Desenvolvimento de uma estação agroclimatológica de baixo custo para apoio a cursos da área agrícola

Development of a low cost agrometeorology station to support courses in the agricultural area

Everton Lima Horst¹ , Andre Zanki Cordenonsi¹ 

¹Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

RESUMO

Atualmente, a tecnologia está cada vez mais presente no cotidiano, impactando nas relações sociais e na vida das pessoas, e isso se reflete também na educação. Com as estratégias de ensino mais inovadoras e ferramentas e/ou artefatos podendo ser criadas contribuindo com a comunidade escolar. Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um artefato, uma estação agroclimatológica automática de baixo custo, para que os alunos de cursos da área agrícola poder resolver, na prática, problemas propostos com a utilização dos dados da estação. A metodologia utilizada na pesquisa é a Design Science Research, que norteia a criação de produtos que venham a contribuir com o mundo real. O artefato foi desenvolvido, de acordo com os requisitos levantados, por professores da área agrícola. A avaliação foi realizada por meio de questionários, utilizando o método SUS (System Usability Scale). Espera-se que essa pesquisa contribua para o ensino e aprendizagem e, ao mesmo tempo, traga motivação aos alunos para o desenvolvimento de produtos semelhantes, através de projetos multidisciplinares.

Palavras-chave: Estação agroclimatológica; Tecnologia agrícola; Ferramenta educacional

ABSTRACT

Nowadays, technology is increasingly present in everyday life, impacting social relationships and people's lives and this is also reflected in education. More innovative teaching strategies and tools and/or artifacts can be created contributing to the school community. This research aims to develop an artifact, a low-cost automatic agrometeorology station, so that students from agricultural courses will be able to solve, in practice, problems proposed with the use of data from the station. The methodology used in the research is Design Science Research, which guides the creation of products that will contribute to the real world. The artifact was developed according to the requirements raised by professors in the agricultural area. The evaluation was carried

out through questionnaires, using the SUS (System Usability Scale) method. It is expected that this research will contribute to teaching and learning and, at the same time, bring motivation to students for the development of similar products, through multidisciplinary projects.

Keywords: Agrometeorology station; Agriculture technology; Educational tool

1 INTRODUÇÃO

Além de informar as condições climatológicas de um determinado local, a agrometeorologia é responsável por indicar o tipo de atividade agrícola que é viável em uma determinada região conforme dados das variáveis climatológicas da região, permitindo, assim, ao agricultor escolher o melhor período para o cultivo de determinadas culturas (Carnevskis, 2019).

As atividades agrícolas presentes no ensino do curso de Tecnologia em Produção de Grãos do Instituto Federal Farroupilha – Campus Júlio de Castilhos, demandam a utilização de recursos hídricos para o cultivo e que, por questões de preservação ambiental, se faz necessário o uso de técnicas para ajudar na economia e evitar o desperdício da água (Carvalho *et al.*, 2011). Por exemplo, uma das técnicas abordadas no curso e que utiliza vários dados climatológicos que são fornecidos por meio de estações agroclimatológicas é a evapotranspiração de referência que, como explica Fiorin e Ross (2015), é o processo conjunto da evaporação do solo mais a transpiração das plantas que dependem de fatores climáticos como ventos, radiação solar, umidade relativa do ar e temperatura.

Nos dias atuais, a tecnologia está presente em nosso cotidiano, impactando nas relações sociais e afetando diretamente o modo de vida das pessoas. Na educação não é diferente, considerando uma grande variedade de recursos tecnológicos disponíveis, como computadores, tablets, smartphones, softwares e aplicativos, juntamente com a Internet. Além disso, com alunos cada vez mais ativos, conectados e imersos nessas tecnologias, torna-se evidente o impacto no processo de aprendizagem, o que pode contribuir positivamente na criação de estratégias inovadoras para o ensino (Oliveira, 2013).

Diante deste cenário, a tecnologia pode contribuir também para o desenvolvimento de ferramentas que venham ajudar a comunidade escolar como um todo. Professores e alunos podem criar objetos e/ou dispositivos que possam auxiliar no processo de ensino e que utilizem materiais alternativos. Com base nos conceitos abordados, esta pesquisa tem como objetivo geral/desenvolver um artefato tecnológico constituído de uma estação agroclimatológica automática de baixo custo, onde os alunos poderão resolver na prática, problemas propostos com a utilização dos dados da estação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Estações Meteorológicas

As Estações meteorológicas, na visão de Perazzi *et al.* (2021), são equipamentos que possuem um conjunto de sensores capazes de coletar e registrar dados como a temperatura do ar, velocidade e direção do vento, umidade do ar, radiação solar, chuva, pressão atmosférica e outras variáveis. As estações meteorológicas geralmente são classificadas como convencionais e automáticas.

As estações convencionais são instaladas em um abrigo construído em madeira, possuindo venezianas nas laterais inclinadas de maneira oposta de um lado para o outro, com uma pintura interna e externa utilizando tinta de cor branca e que seja de alta refletividade. No seu interior, são colocados todos os instrumentos de medição, que são mecânicos e de leitura direta, necessitando a presença de um observador, ou meteorologista, para coletar os dados manualmente, no mínimo três vezes ao dia. A padronização da coleta dos dados é definida pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), onde os horários estabelecidos são 6h, 12h, 18h e 00h do Tempo Médio de Greenwich (TMG) e isso pode tornar alto o custo para manter este tipo de equipamento diante da necessidade de manter até mais de um meteorologista para coletar os dados (Alvarenga; Azevedo; Moraes, 2015).

Já as estações automáticas tem como principal vantagem trabalhar de forma autônoma, armazenando os dados climatológicos de acordo com a configuração realizada, isso inclui também a frequência de tempo em que os dados são capturados, podendo ser de minutos até horas. Estas estações possuem sensores que convertem os eventos físicos em sinais elétricos que serão enviados para um datalogger (dispositivo eletrônico que registra dados ao longo de um tempo de algum instrumento ou sensor ligado a ele) que armazena os dados gerados pelos sensores e tem a capacidade de transmiti-los via Internet. (Braga; Braga; Fernandes, 2011).

Já as estações agroclimatológicas representam um tipo de estação voltada para atividades agrícolas e pecuária, com um diferencial em relação às outras estações, a capacidade de realizar pesquisas fenológicas, como condições ambientais, tais como: temperatura do solo, umidade do solo, entre outros. (Alvarenga; Azevedo; Moraes, 2015).

Segundo André e Marques (2015, p. 44), podem conter equipamentos como: abrigo termométrico com termômetros de máxima, de mínima e psicrômetro; heliógrafo, termômetros de solo sob três tipos de cobertura, pluviômetro, anemômetro e piranômetro, evapotranspirômetro, orvalhógrafo, termo higrógrafo, pluviógrafo e tensiômetro.

2.2 Minicomputador Raspberry Pi

O Minicomputador Raspberry Pi é um projeto de hardware e software livres desenvolvido pela fundação Raspberry Pi Foundation, com sede no Reino Unido. Ele é um minicomputador de placa única, de baixo custo e alto desempenho, que utiliza software livre, voltado para o ensino e criação digital. Esse pequeno hardware, que utiliza software livre como sistema operacional, é o principal componente integrante desta pesquisa, pois como cita Heinen (2015), "o minicomputador Raspberry Pi atua simultaneamente como hospedeiro da aplicação web, acessível por wi-fi, e controlador dos componentes". Com a Raspberry Pi, é possível interagir com os mais diversos tipos

de sensores por meio de seus pinos de entrada e saída de uso geral (GPIO - General-Purpose Input/Output) que podem ser configurados via software. É possível conectar à Raspberry Pi outros hardwares como teclado e mouse em suas portas USB, além de um monitor de vídeo na porta HDMI, sendo possível utilizá-lo como um computador, incluindo acesso à internet pelo seu wi-fi embarcado.

Existem vários sistemas operacionais desenvolvidos com base nos processadores ARM e que podem ser instalados na Raspberry Pi, porém a própria fabricante disponibiliza um sistema operacional de código aberto e baseado na distribuição Linux Debian, desenvolvido por ela para ser utilizado junto do hardware. Anteriormente, ele era chamado de Raspbian e, agora, nas últimas atualizações, passou a se chamar Raspberry Pi OS.

3 METODOLOGIA

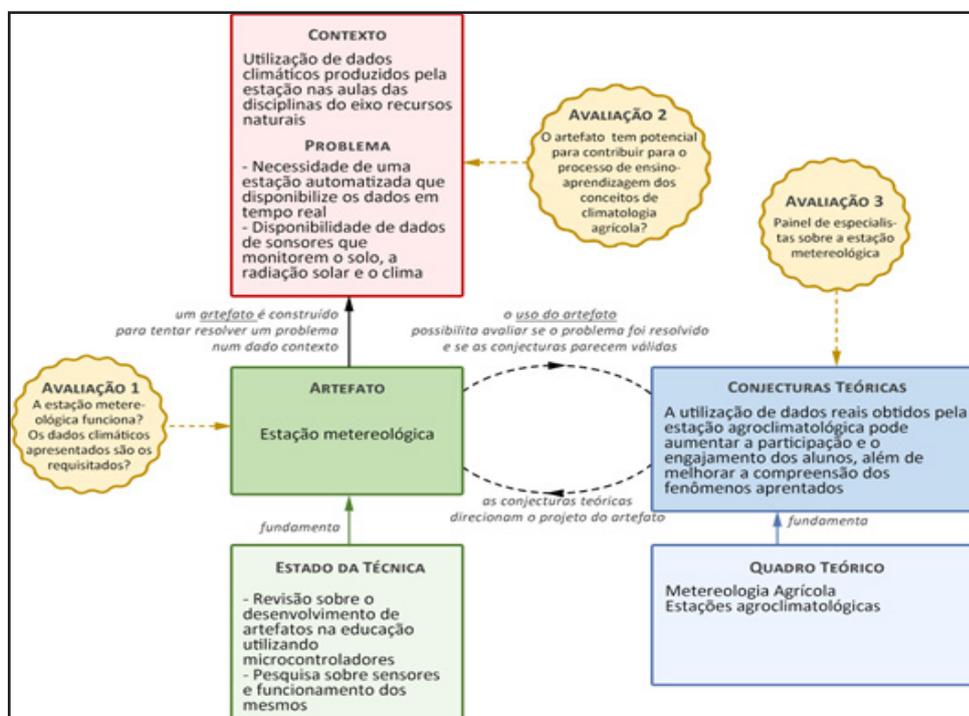
A DSR vem sendo amplamente utilizada nos cursos da área da computação, embora ainda não se tenha um consenso entre os autores sobre a DSR no que diz respeito a ser uma metodologia ou um paradigma epistemológico-metodológico. Nesta pesquisa, será utilizado o termo método, como mencionam os autores Hevner e Chaterjee (2010).

Para Pimentel, Filippo e Santoro (2020) “o processo de criação de um artefato adequado e a investigação sobre o seu uso num dado contexto se caracterizam como um meio para produzir conhecimento [...]”, dessa maneira os autores traçam os objetivos que todo pesquisador precisa se comprometer na DSR: a) resolver um problema prático em um determinado contexto com a utilização de um artefato. b) gerar conhecimento científico com o processo. Com isso, dois ciclos são fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa na DSR: o ciclo que trata do projeto do artefato (Design ou Engenharia) e o ciclo que trata da elaboração das conjecturas teóricas relacionados ao comportamento humano (Rigor ou Empírico). Existe uma relação mútua entre os ciclos, o projeto do artefato recebe

a contribuição das conjecturas teóricas que, por meio da utilização do artefato, podem ser investigadas (Pimentel; Filippo; Santoro, 2020, p. 6).

Com base nos ciclos mencionados anteriormente, os autores identificaram a necessidade da realização de três avaliações em pesquisas que utilizam DSR: 1 – se o artefato satisfaz aos requisitos; 2 – se o problema foi resolvido de forma satisfatória; e 3 – se as conjecturas teóricas parecem válidas. A Figura 8 demonstra o modelo e as avaliações no contexto da pesquisa proposta.

Figura 1 – Modelo DSR proposto



Fonte: adaptado de Pimentel, Filippo e Santoro, 2020

4 DESENVOLVIMENTO DA ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA

4.1 Hardware

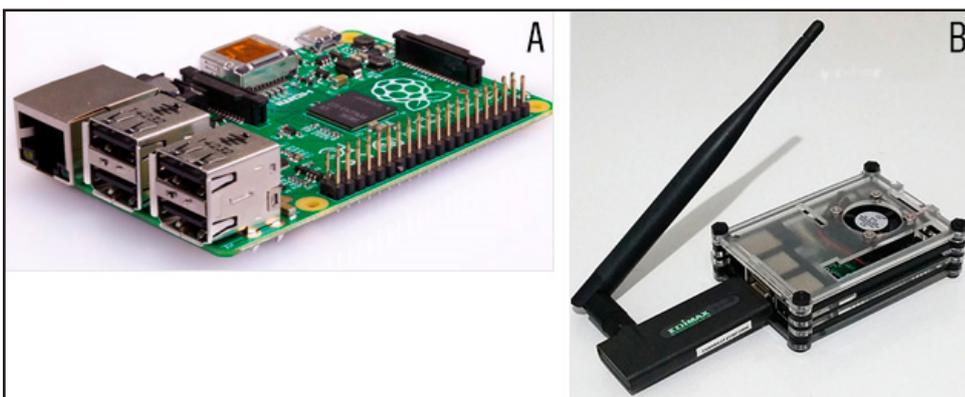
Nessa seção será detalhado o percurso metodológico para o desenvolvimento do protótipo da estação agroclimatológica, que vai desde a montagem do hardware, bem como a configuração dos mesmos de modo a gravar os dados na base de dados

que, por sua vez, alimentar a interface web; até a preparação do servidor web, que irá hospedar a interface, que disponibilizará os dados aos usuários por meio de gráficos.

Os sensores utilizados para capturar os dados climatológicos foram selecionados de acordo com as necessidades dos docentes dos cursos do eixo recursos naturais do Instituto Federal Farroupilha – Campus Júlio de Castilhos que são: temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação de chuva, índice de radiação solar, temperatura do solo e umidade do solo. Esses dados são um conjunto de informações, que foram coletados através de entrevistas com os docentes da área agrícola.

O minicomputador utilizado nesta pesquisa foi a Raspberry Pi 1 modelo B+ (ver figura 2 - A), que possui a seguinte configuração: Chipset SoC Broadcom modelo BCM2835 (Processador ARM1176JZFS – 700MHz); memória RAM de 512MB; placa de vídeo com resolução 1080p; 01 saída HDMI; 04 portas USB 2.0; 01 Porta Ethernet 10/100Mbit; 01 saída de 3.5mm para áudio e vídeo componente; 01 barra com 40 pinos GPIO; entrada para cartão de memória microSD.

Figura 2 – Raspberry Pi 1 Modelo B+



Fonte: RaspberryPi.org

O modelo foi selecionado para a utilização na pesquisa por se tratar de uma versão com um hardware compatível com as necessidades do projeto. O único requisito não cumprido pela placa era a conexão sem fio, o que foi resolvido com o acoplamento de uma placa wi-fi através de uma porta USB. E por se tratar de um

protótipo que funciona em ambiente externo, mesmo que a placa esteja protegida dentro de uma caixa hermética, ela está suscetível aos eventos climáticos diversos. Dessa forma, a placa Raspberry Pi foi inserida dentro de uma case de acrílico (figura 2 – B) que contém um cooler para resfriamento, o que facilita a instalação e manuseio da mesma, sem que isso possa ocasionar algum defeito ou avaria.

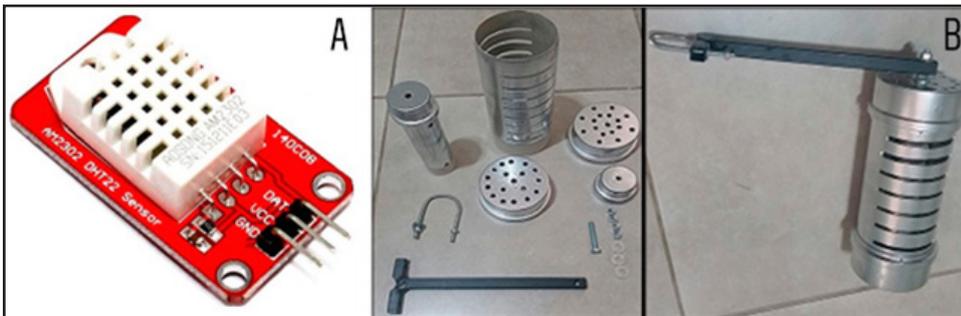
Os sensores utilizados para capturar os dados climatológicos são para fins pedagógicos; eles possuem uma calibragem do fabricante e, por se tratar de materiais de baixo custo, possuem uma taxa de precisão inferior aos sensores utilizados em equipamentos profissionais de alto desempenho, fato esse que não prejudica o aprendizado dos alunos que utilizarão a estação. Alguns sensores que possuem uma estrutura mecânica além da eletrônica, como é o caso do anemômetro, pluviômetro e direção do vento, foram adquiridos comercialmente pela falta de tempo hábil para construção dos mesmos; porém os que foram adquiridos foram desenvolvidos com base em projetos existentes na Internet que utilizam materiais de baixo custo especificamente para utilização com microcontroladores do tipo Arduino e Raspberry Pi.

O sensor utilizado para medição da temperatura e umidade relativa do ar é o AM2302 (DHT22) da fabricante chinesa Aosong (figura 3 - A). Trata-se de dois sensores em um único módulo, com saída de sinal digital para comunicação com o microcontrolador, sendo um sensor capacitivo para medir a umidade e um termistor para medição da temperatura do ar (Teixeira, 2019).

Para que fosse possível utilizar o sensor no projeto, foi desenvolvido um abrigo com canos de PVC, de forma experimental, com pintura na cor cinza metálico na parte externa para refletir os raios ultravioletas do sol e pequenos furos para que haja circulação do ar pelo sensor. O sensor foi instalado dentro do cano de PVC menor e esse vai fixado dentro do cano de PVC maior. Na Figura 3 (B), é possível observar o abrigo na parte esquerda da imagem uma visão da peça desmontada e, na parte direita, a visão da peça montada. (idealmente, seria

interessante ter isso em anexo também, com o esquema de montagem e todas as peças utilizadas, bem no formato de faça você mesmo, com um passo a passo).

Figura 3 – Sensor AM2302 / Abrigo para os sensores AM2302 – DHT22



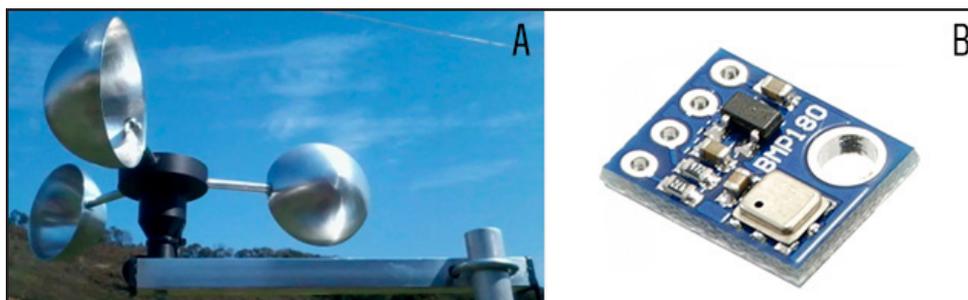
Fonte: Usinainfo.com.br / Acervo particular dos autores (julho de 2022)

O anemômetro utilizado é chamado de “anemômetro de conchas” (figura 4 - A) por possuir conchas que são presas a um rolamento bem sensível que, por sua vez, está fixado em um eixo. Assim, as rajadas de vento, quando atingem as conchas, movem o rolamento em torno do eixo, e quanto mais voltas ele der em um determinado período, maior é a velocidade do vento que o atinge.

Já o sensor que mede a pressão atmosférica, também conhecido como barômetro (figura 04 - B), é o BMP180, fabricado pela empresa Bosch. Este sensor foi instalado no mesmo local de instalação da placa Raspberry Pi, colocado próximo ao duto de ventilação da caixa para que seja possível fazer a leitura.

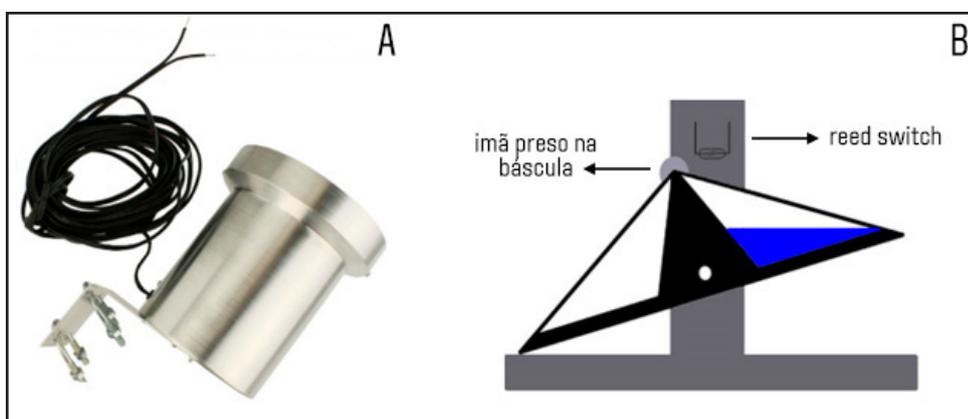
Para medir a precipitação de chuva, foi utilizado um pluviômetro de balsa, que tem formato cilíndrico com um funil na parte superior (figura 05 - A) e, internamente, há um sensor e uma gangorra (balsa) contendo um ímã preso no centro da mesma (Braga *et al.*, 2008). O funil capta a água da chuva e conduz a mesma até a balsa; essa funciona como uma espécie de gangorra (figura 05 - B). Toda vez que a água cai em um lado da mesma, atingindo uma determinada quantidade, ela muda de posição, dessa forma o ímã que está fixo na gangorra aciona o sensor Reed Switch que envia, então, o sinal para o microcontrolador.

Figura 4 – Anemômetro de conchas / Sensor BMP180



Fonte: Usinainfo.com.br / Filipeflop.com

Figura 5 – Pluviômetro de báscula / Funcionamento do pluviômetro



Fonte: Usinainfo.com.br

Cada movimento da gangorra representa a quantidade de 0,25mm de precipitação, sendo esse valor adicionado ao cálculo utilizado na programação da Raspberry Pi. O movimento da báscula, após acionar o sensor, derrama a água no copo do pluviômetro que a elimina através de furos que possui na extremidade, elevando a outra parte que, então, começa a encher para fazer a próxima contagem.

Para analisar o ndice de radiação ultravioleta, foi utilizado o sensor Gsens UVM-30A. Este sensor trabalha com uma tensão de entrada de 3V a 5V e emite um sinal analógico na sua saída, sinal este que basicamente  uma tensão que varia de 0V a 1V (figura 06 – A). O funcionamento do sensor consiste em emitir um sinal analógico de acordo com a intensidade dos raios solares que está recebendo,

convertido para tensão em milivolts (mV) que representa o índice de radiação que a superfície terrestre está recebendo (Thomsen, 2015).

Figura 6 – Sensor Gsens UVM-30^a / Indicador da Direção do Vento



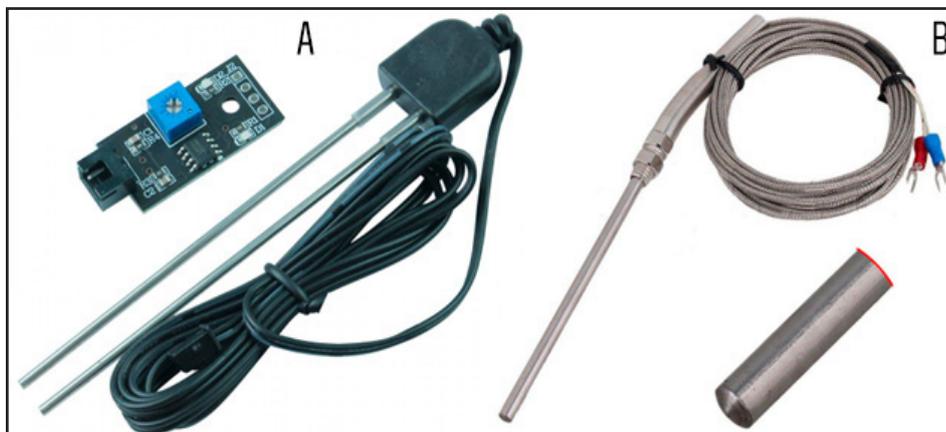
Fonte: Filipeflop.com / Usinainfo.com.br

O componente apresentado na figura 6 (B) utiliza uma combinação de sensores Reed Switch e resistores, para descobrir qual é a direção do vento. Com a estrutura de alumínio e plástico, os oito sensores presentes estão conectados a resistores ligados em série. De acordo com a soma dos valores dos resistores, o valor de tensão de saída é modificado (Straub, 2019).

A umidade do solo utiliza um sensor do tipo resistivo, modelo S12, sendo que a sonda é fabricada em aço inoxidável, o que garante a durabilidade por mais tempo. Este sensor é composto por uma ponta de prova e o módulo amplificador que utiliza o circuito comparador de tensão LM393 (figura 7 – A). Com os eletrodos da sonda inseridas no solo, é aplicada uma determinada corrente sobre a mesma que, dependendo da umidade que existe no solo, emite um valor referente à condutividade (Almeida, 2017).

Para aferir a temperatura do solo é utilizado o sensor termopar tipo K (figura 7 – B), juntamente com o módulo para tratamento dos sinais recebidos. Esse sensor suporta uma variação grande de temperatura, entre -200°C a 1370°C; além disso, ele pode ser utilizado em lugares úmidos sem sofrer oxidação, pois possui uma cápsula de alumínio que envolve o seu núcleo e a isolamento com resina e fita de auto fusão (Vieira *et al.* 2020).

Figura 7 – Módulo e ponta de prova sensor de umidade do solo / Sonda sensor termopar tipo K com cabo isolado



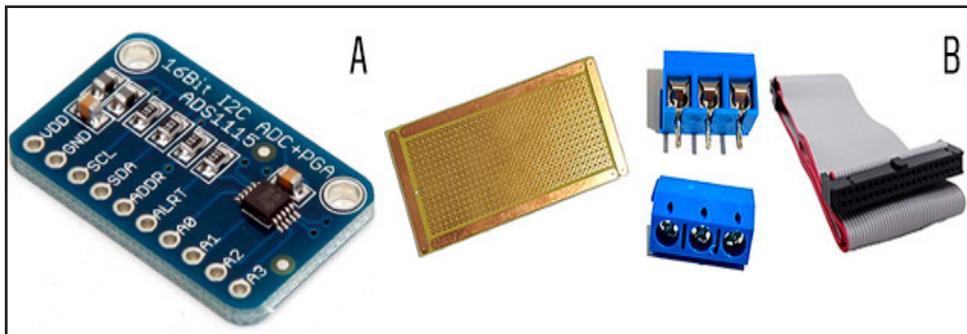
Fonte: Usinainfo.com.br / Cellmaster.com.br

Para tornar possível a utilização de sensores que trabalhem com o sinal analógico, como o piranômetro, o higrômetro e a biruta, foi necessário a utilização de um conversor analógico-digital. O conversor utilizado nesta, foi o ADS1115 (figura 8 - A), que possui 4 portas analógicas e uma resolução de 16bits; sua comunicação com o microcontrolador é por meio do protocolo I2C contendo quatro endereços disponíveis em sua configuração (Texas Instruments, 2009).

A ligação entre os sensores e a Raspberry Pi foi construída por intermédio de uma placa de circuito impresso de fenolite, cobreada e perfurada (figura 8 - B). A placa perfurada serve como base para soldagem de todas as ligações, incluindo os bornes que foram utilizados para conectar fisicamente os cabos que vem de cada sensor. Já a ligação entre a Raspberry Pi e a placa de fenolite foi realizada por meio de um cabo flat IDE de 40 vias, que comumente é utilizado para ligação de discos rígidos e unidades de CD/DVD que utilizam o padrão IDE (Integrated Drive Electronics) de conexão.

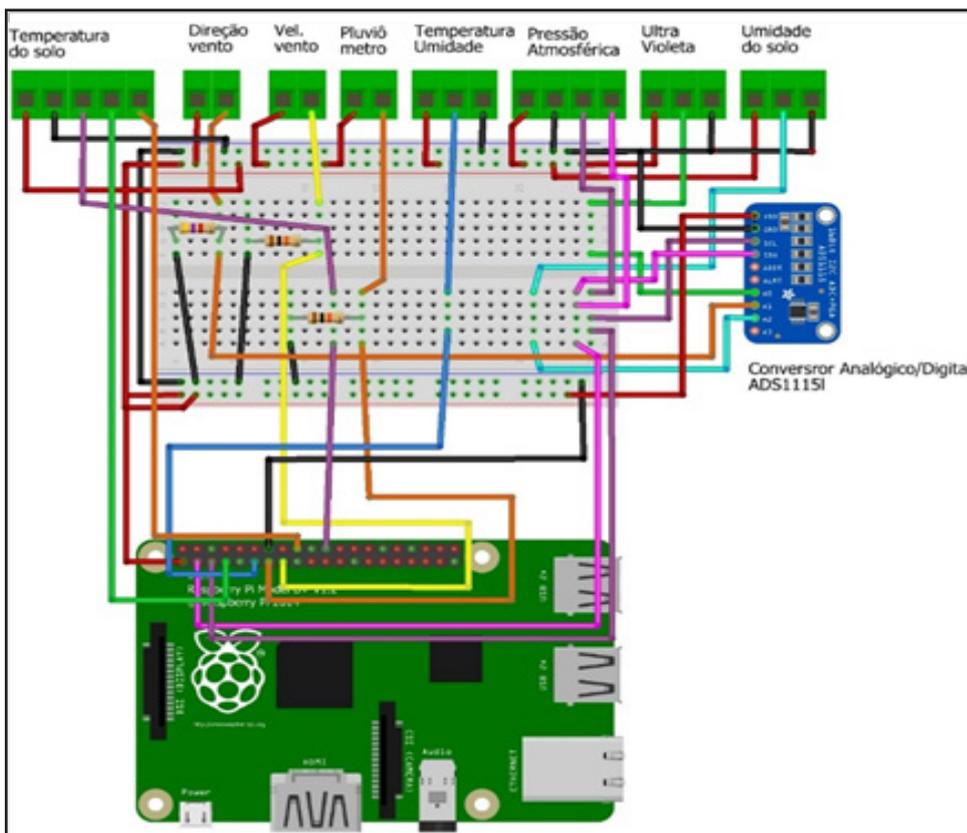
O esquema elétrico foi desenhado utilizando o software Fritzing (<https://fritzing.org/>), para servir como modelo na montagem das conexões que foram realizadas na placa de fenolite. Na Figura 9, é possível visualizar o esquema de ligação, onde as trilhas são criadas com fios de cobre que são utilizados para redes de computadores.

Figura 8 – Conversor analógico-digital ADS1115 / Placa de fenolite, born de ligação e cabo flat



Fonte: Filipeflop.com / Cellmaster.com.br

Figura 9 – Esquema de ligação dos sensores à placa



Fonte: Acervo particular dos autores (julho de 2022)

A alimentação dos sensores foi realizada pela placa Raspberry Pi, que tem a opção de saída de tensão de 3.3V (a qual será utilizada) e 5V. Para a alimentação

de energia da placa Raspberry Pi, foi utilizada uma fonte de alimentação de 5V que é utilizada como carregador de aparelhos celulares.

4.2 Software

O sistema web desenvolvido é o responsável pela exibição dos dados armazenados e foi desenvolvido em linguagem de programação PHP, juntamente com a linguagem HTML e JavaScript para criação de formulários de busca dos dados. Para gerar os gráficos, foi utilizada a biblioteca JpGraph, que foi desenvolvida para ser utilizada com scripts em linguagem PHP. Já a parte do sistema que fica no backend e é responsável pela leitura dos dados dos sensores, foi desenvolvida utilizando a linguagem Python.

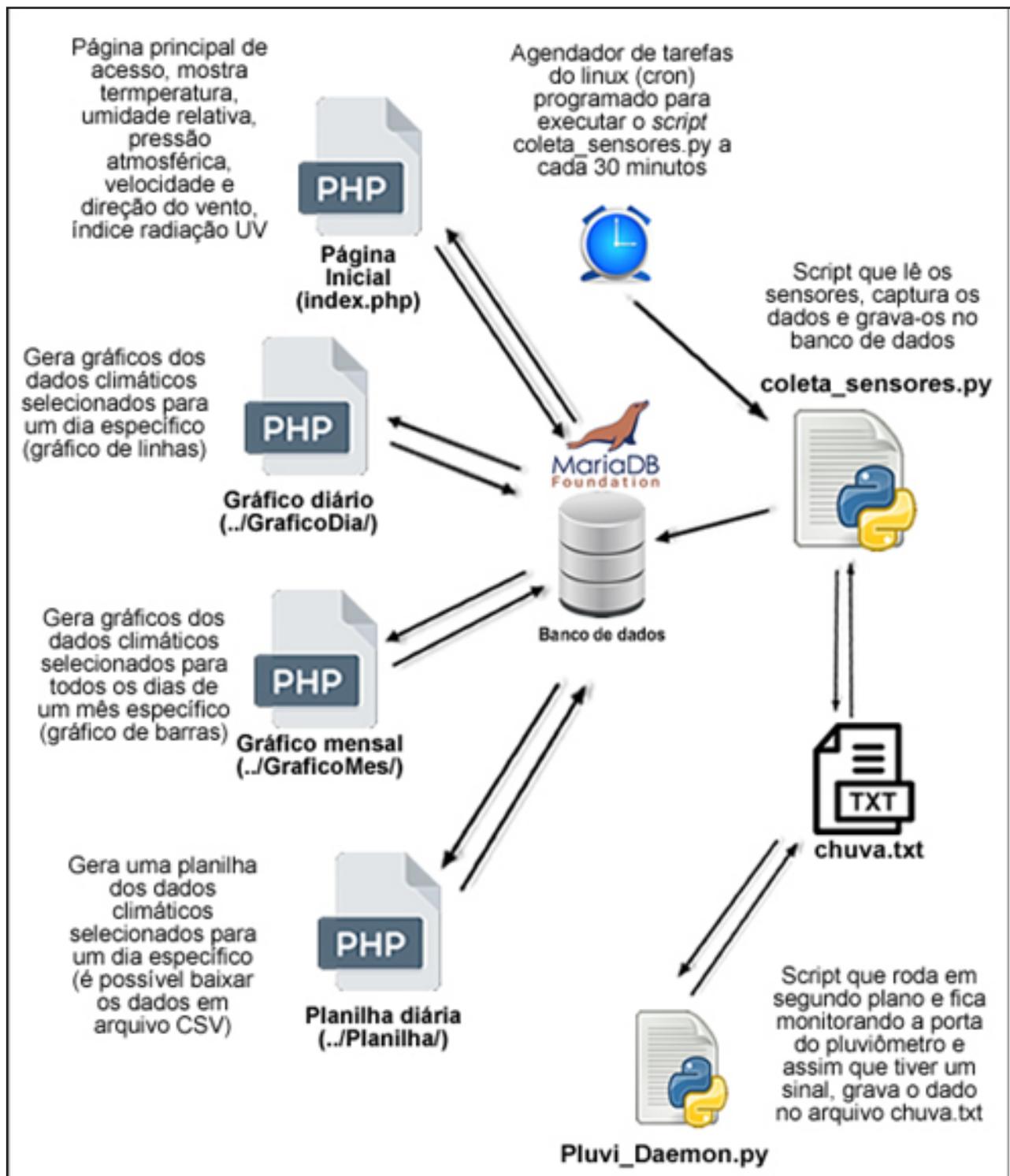
A parte operacional compreende a execução em linha de comando de um que é responsável por realizar a leitura de todos os sensores, armazenando os dados em variáveis, que posteriormente são gravados no banco de dados; assim, os dados climatológicos são armazenados no banco de dados a cada 30 minutos, o intervalo de tempo que foi definido juntamente com os docentes que farão uso da estação.

O pluviômetro, responsável por armazenar os dados da precipitação de chuva, possui um script separado para a leitura dos dados, que é executado em segundo plano, e está sempre ativo. Isso ocorre porque, ao chover, a estação precisa estar monitorando o sensor e ir contabilizando cada vez que marcar um valor acumulado da chuva. O script grava esse dado em um arquivo de texto para, posteriormente, o script que coleta todos os sensores faça a leitura deste arquivo para a gravação no banco de dados.

A interface web, por sua vez, faz a consulta no banco de dados de acordo com as informações solicitadas pelos usuários, executando a consulta na linguagem SQL da base e com os resultados gerando um gráfico com a biblioteca JpGraph.

A Figura 10 demonstra o esquema de funcionamento de todo o sistema da estação, que vai da coleta dos dados, gravação no banco de dados, até a interface web que é o ponto de interação com o usuário.

Figura 10 – Esquema de funcionamento do sistema da interface



Fonte: Acervo particular dos autores (julho de 2022)

A figura 11 apresenta a página principal da interface web, onde é possível visualizar alguns dados climatológicos, indicando a última atualização, e o menu para as demais funções, como gráficos e planilha com os dados.

Figura 11 – Layout da interface web da estação (tarjas vermelhas inseridas para a manutenção do anonimato)

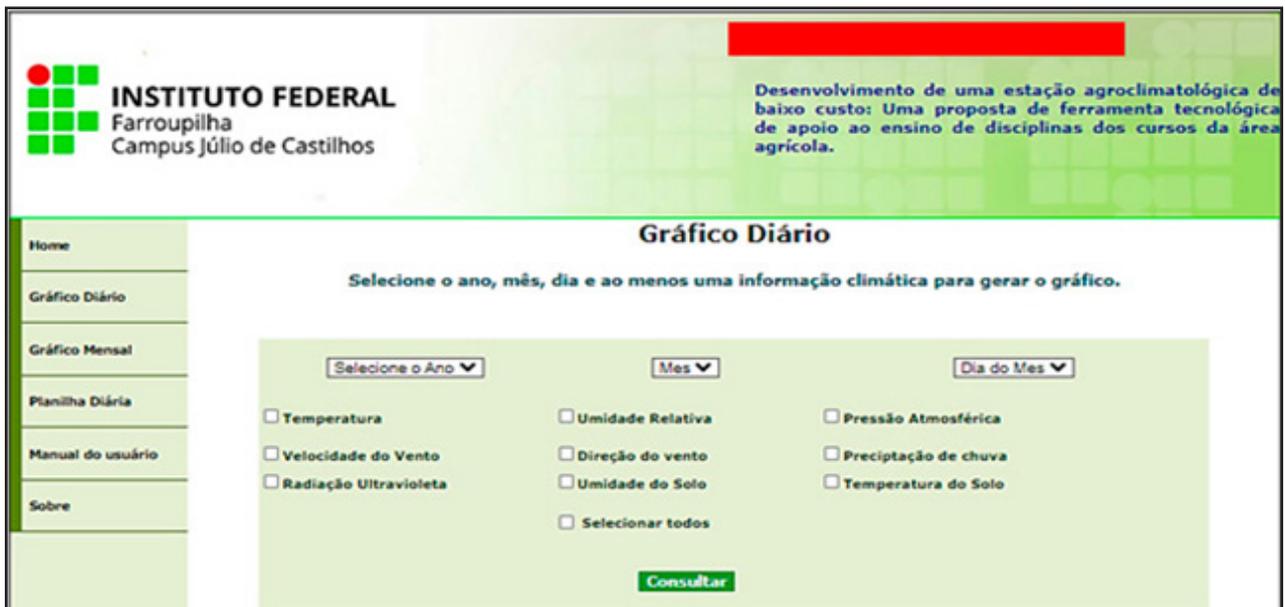


Fonte: Acervo particular dos autores (julho de 2022)

A Figura 12 mostra o funcionamento da interface onde o usuário pode selecionar o período e o dado que deseja exibir; nesse caso, o gráfico é gerado com dados do dia selecionado, da 00h às 23h.

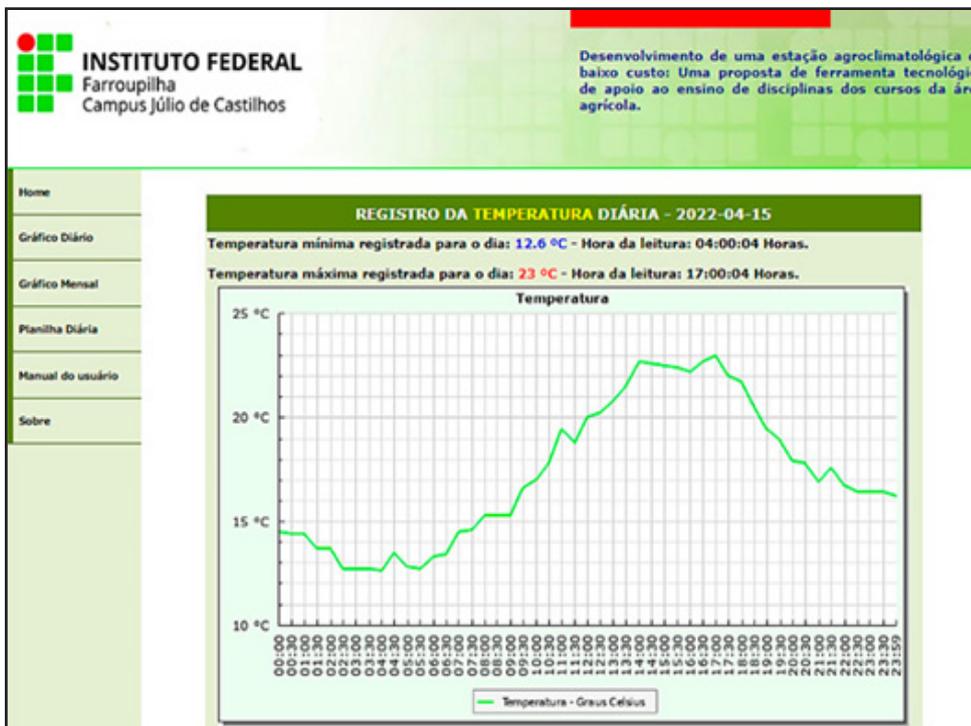
A figura 13 mostra o funcionamento da interface gerando um gráfico da temperatura de um dia selecionado e a figura 14 demonstra um gráfico mensal com o dado da umidade relativa do ar, exibindo a mínima, média e máxima por dia. A interface informa também qual o dia que teve a menor umidade e o dia que registrou a maior umidade dentro do mês selecionado.

Figura 12 – Tela de seleção do dia e o dado para exibir na forma de gráfico



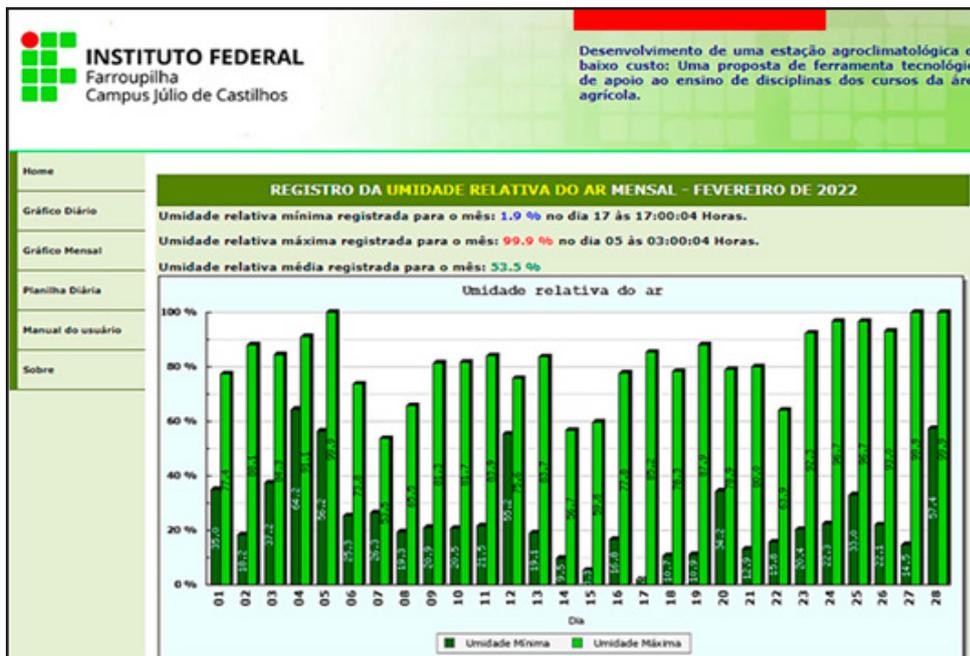
Fonte: Acervo particular dos autores (julho de 2022)

Figura 13 – Exibição da temperatura diária em forma de gráfico de linha



Fonte: Acervo particular dos autores (julho de 2022)

Figura 14 – Exibição da umidade relativa mensal em forma de gráfico de barras



Fonte: Acervo particular dos autores (julho de 2022)

5 AVALIAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A primeira parte da avaliação utilizou o método SUS (System Usability Scale), desenvolvido por Brooke (2013). Esse método foi utilizado para avaliar tanto a usabilidade do sistema web quanto o desenvolvimento do protótipo da estação. Por meio de uma página na internet, foram disponibilizadas as informações da montagem da estação, um resumo da pesquisa e também um acesso à interface do usuário, de forma que os participantes pudessem analisar e realizar a avaliação. Foram convidados professores e técnicos das áreas de tecnologia da informação que atuavam nos institutos federais do Rio Grande do Sul.

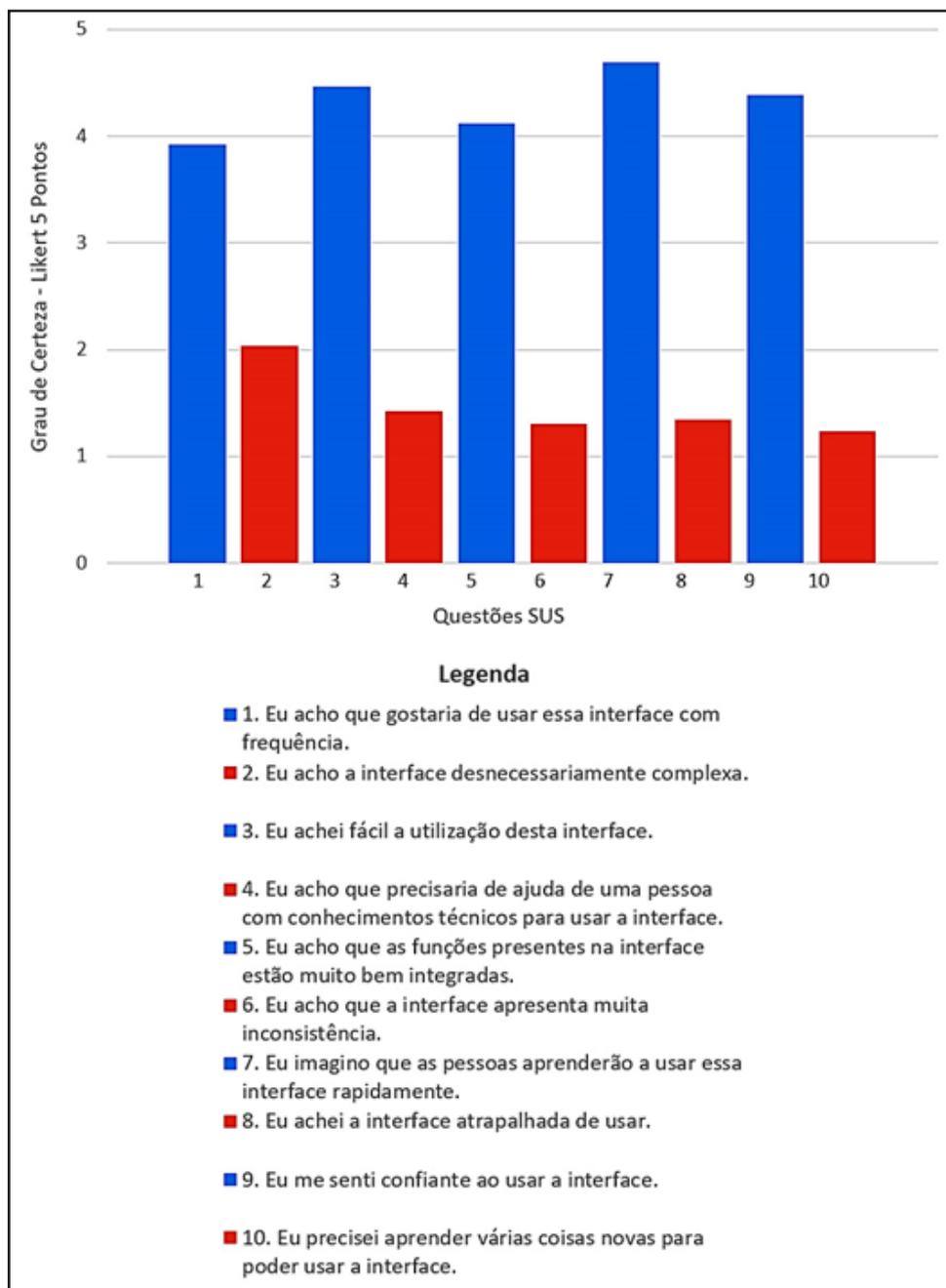
Em relação ao perfil dos avaliadores, dos vinte e seis que responderam aos dois questionários com dez perguntas em cada, vinte e cinco tinham formação na área de Tecnologia da Informação e um engenheiro eletricista; havia um apenas com a graduação, sete especialistas, treze com mestrado e cinco com doutorado. Dez dos respondentes eram técnicos de tecnologia da informação, três eram

analistas de tecnologia da informação e os demais eram docentes atuantes em cursos técnicos, tecnológicos ou bacharelados. Em relação ao tempo de atuação profissional, 31% (8) tem entre 5 a 9 anos, 31% (8) atuam entre 10 e 14 anos, 35% (9) atuam entre 15 a 25 anos e apenas um atua há mais de vinte e cinco anos.

O primeiro conjunto de perguntas avaliava a usabilidade da interface da estação (figura 15). A escala SUS utiliza uma métrica, que para cada questão possui uma pontuação podendo variar de zero (0) a quatro (4). Para chegar ao resultado final, utiliza-se um cálculo onde as questões ímpares (1, 3, 5, 7, 9), que são afirmações positivas (em azul na figura 14), são contabilizadas a partir da resposta menos um (resposta - 1). Para as questões pares (2,4,6,8,10), que são afirmações negativas (em vermelho na figura 14), o valor é calculado a partir da fórmula 5 menos a resposta (5 - resposta). Para obter o valor geral SUS, soma-se todas as pontuações das questões e multiplica-se por 2.5. A pontuação do SUS pode variar de 0 (zero) a 100 (cem), e para poder avaliar a usabilidade, com base nesse resultado, utiliza-se alguns adjetivos propostos pelo autor, como “pior imaginável”, “pobre”, “ok”, “bom”, “excelente” e “melhor imaginável”.

Um ponto a discutir sobre os resultados desta avaliação é que a questão dois, “Eu acho a interface desnecessariamente complexa”, que é uma pergunta negativa, de acordo com o SUS, recebeu uma pontuação mais alta; três participantes concordaram totalmente ou parcialmente com esta afirmação, e tal resultado contribuiu para baixar um pouco a média total do resultado. Por outro lado, ao observarmos o resultado da questão sete, “Eu imagino que as pessoas aprenderão a usar esta interface rapidamente”, que é uma questão positiva e contrária à questão dois, a maioria dos participantes respondeu concordando totalmente ou parcialmente.

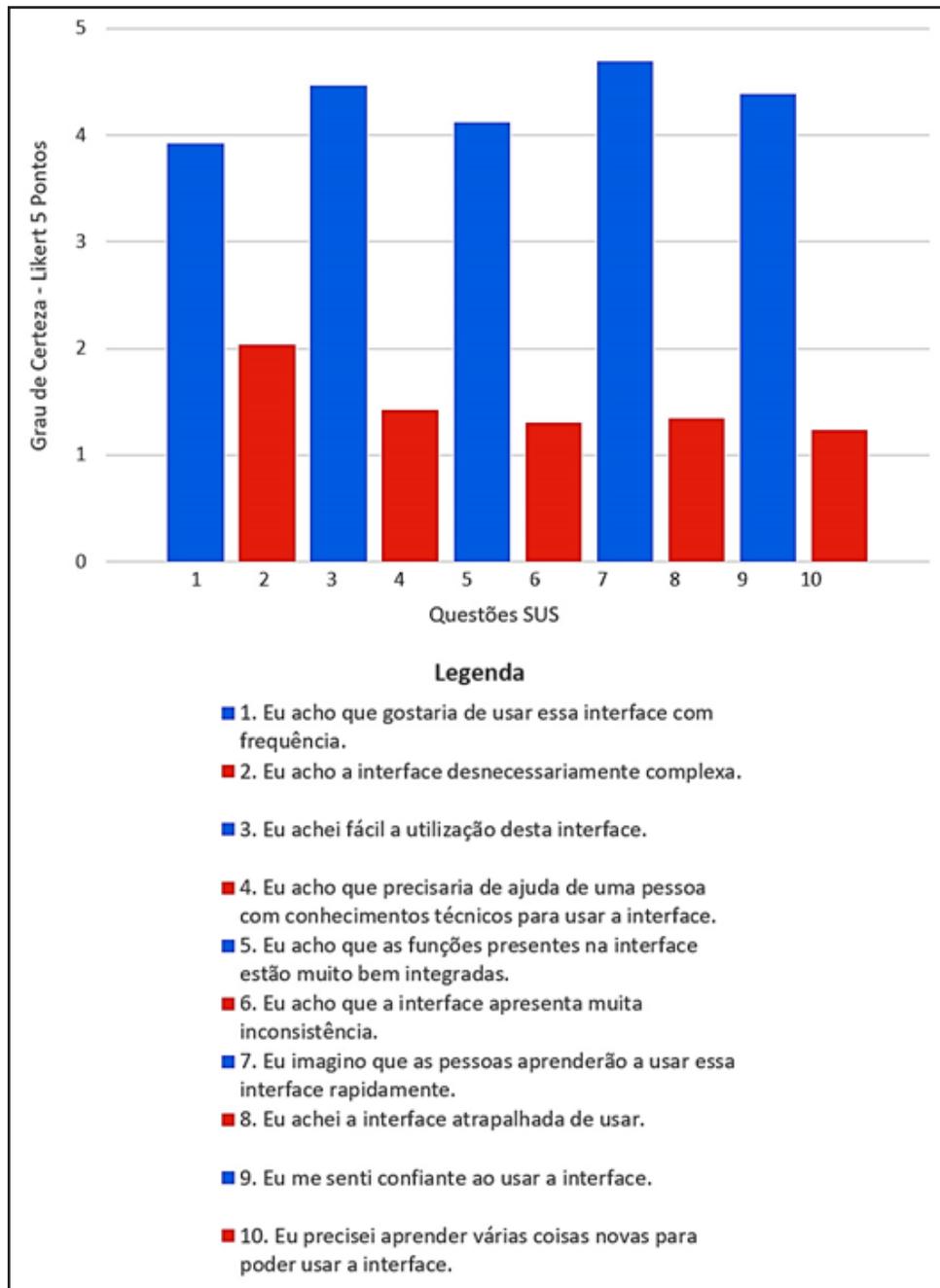
Figura 15 – Avaliação SUS da Interface da Estação



Fonte: Acervo particular dos autores (julho de 2022)

Já o segundo conjunto de perguntas estão relacionadas com o desenvolvimento da estação e as perguntas SUS foram adaptadas para avaliar a implantação do hardware (figura 16).

Figura 16 – Avaliação SUS do Desenvolvimento da Estação



Fonte: Acervo particular dos autores (julho de 2022)

O resultado obtido após a contabilização das respostas utilizando a métrica adotada pelo SUS foi uma média no valor de 75,6 e uma mediana no valor de 75, que é um valor aceitável e classificado como “bom”. Duas questões (4 e 10), consideradas negativas, tiveram uma pontuação mais alta, o que significa a presença de respostas que concordaram total ou parcialmente. Na questão quatro, “Eu acho que precisaria de ajuda

do desenvolvedor para poder instalar o protótipo e o sistema”, sete (7) participantes responderam que concordavam parcialmente, fato que pode ser discutido com base na área de formação dos mesmos, visto que todos os respondentes são formados em áreas da computação. No entanto, diversos cursos como Sistemas de Informação, Ciência da Computação e Análise de Sistemas, por exemplo, não possuem disciplinas voltadas para a eletrônica, requisito necessário para a montagem da estação.

Na verdade, são necessários, no mínimo, conhecimentos básicos de eletrônica para realizar a montagem do protótipo, o que ajuda a entendermos, também, o resultado da questão dez (10) “Eu precisei aprender várias coisas novas para poder instalar o sistema e montar o protótipo”.

Aqui, um (1) participante respondeu que concorda totalmente e três (3) responderam que concordam parcialmente, pois eles consideram que é preciso aprender os conceitos básicos da eletrônica, soldagem de componentes, entre outros da área.

Por outro lado, nas questões positivas, temos bons resultados, como podemos destacar a questão cinco (5) “Eu acho que as partes desenvolvidas do sistema estão muito bem integradas”, tanto que recebeu a maior pontuação; a maioria dos participantes responderam que concordam com a questão assim como na questão nove (9), “Eu me senti confiante para implementar o sistema e montar o protótipo”, que obteve a segunda maior pontuação.

6 CONCLUSÕES

O cenário atual da educação brasileira é desafiador para os professores; a geração atual de estudantes, mais ativos e conectados, nos desafiam a produzir ferramentas educacionais que despertem o interesse pelo aprendizado. Cabe salientar, que a sociedade como um todo está vivendo em uma era da tecnologia, da inovação, da conectividade, e isso está mudando inclusive não só na área da educação, mas também nas formas de relação social entre as pessoas. Nossos estudantes já nascem

imersos nesse meio. A proposta de desenvolvimento de uma estação agroclimatológica para o uso em aulas práticas em cursos voltados para a área agrícola pode contribuir para a implantação de metodologias ativas em sala de aula. Em relação à estação em si, é importante salientar que a mesma foi desenvolvida para ser escalável, ou seja, ela pode ser adaptada às necessidades de quem quiser reproduzi-la. Dessa forma, novos sensores podem ser acoplados ao sistema de acordo com as necessidades da região e das culturas que são observadas onde os cursos estão sendo realizados.

Em relação à usabilidade da interface de interação com o usuário e o desenvolvimento propriamente dito da estação, ambas obtiveram uma boa avaliação dos participantes. Ao final da avaliação, algumas observações foram realizadas pelos avaliadores no campo comentário. Foram realizadas sugestões acerca da implantação de uma interface responsiva, para ser utilizada em diversos dispositivos móveis, o que foi considerado para trabalhos futuros dessa pesquisa. Também foi requerido aos avaliadores que comentassem sobre o teor de inovação na proposta; em sua maioria, os docentes pontuaram que a estação tinha alto teor de inovação, principalmente por ser tratar de uma proposta de baixo custo, escalável e de propósito genérico, podendo ser utilizada em diversas disciplinas e na pesquisa e estudo de inúmeras culturas. Além disso, a visualização dos dados em forma de gráficos foi considerada um ponto alto da proposta, pois permite uma melhor análise dos dados temporais coletados pela estação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. Sensor de umidade do solo com Arduino – Higrômetro. **Portal Vida de Silício**, 2017. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-umidade-do-solo-higrometro/>. Acesso em: 08 dez. de 2020.

ALVARENGA, A. A.; AZEVEDO, L. L. C.; MORAES, M. E. de **O. Agrometeorologia**: Princípios, funcionalidades e instrumentos de medição. São Paulo: Editora Érica, 2015.

BRAGA, A. S.; BRAGA, S. M.; FERNANDES, C. V. S. Estações Meteorológicas Automáticas: Relato de Uma Experiência com Sensores Independentes em Bacia Experimental. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XIX, Maceió. **Anais [...]** Maceió, 2011.

BRAGA, S. M.; BRAGA, A. S.; FERNANDES, C. V. S.; DOS SANTOS, I. AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DE PLUVIÔMETROS DE BÁSCULA: sub-medição durante eventos extremos e novos esquemas de medição. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, II. **Anais [...]** Rio de Janeiro, 2008.

BROOKE, J. SUS: a retrospective. **Journal of Usability Studies**. v. 8, n. 2, p. 29-40, fev. 2013. Disponível em: <https://bit.ly/3n1pAFn>. Acesso em: 16 abr. 2022.

CARNEVSKIS, E. L. **Agrometeorologia e climatologia**. Porto Alegre: SAGAH, 2019.

CARVALHO, L. G. de.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; NETO, P. C. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 41, n.3, p. 456-465, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632011000300020&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 24 mar 2021.

FIORIN, T. T.; ROSS, M. D. **Climatologia Agrícola**. 1. ed. Santa Maria: CTISM, 2015.

HEINEN, E.; MASCHIO, E.; MARCZAL, D.; FILHO, P. L. RASPIBLOCOS: Ambiente de Programação Didático Baseado em Raspberry Pi e Blockly, XXVI. **Anais [...]** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/5315>. Acesso em: 06 ago. 2020.

HEVNER, A.; CHATTERJEE, S. **Design Research in Information Systems**. New York: Springer, 2010.

OLIVEIRA, C. A. Educação e novas tecnologias: um (re)pensar, de Gláucia da Silva Brito e Ivonélia da Purificação. **Texto Livre: Linguagem e Tecnologia**. v. 6, n. 1, p. 3-5, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/textolivres/article/view/16625>. Acesso em: 29 abr. 2021.

PERAZZI, P.; PERAZZI, R.; PASSAMANI, M. P.; THIELEN, D.; PADOVANI, C. O Tradicional ou o Moderno? Uma Visão da Informação da Rede de Estações Meteorológicas Brasileiras. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 36, n. 3, jul/set. 2021.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; SANTORO, F. M. Design Science Research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação. In: JAQUES, Patrícia Augustin; PIMENTEL, Mariano; SIQUEIRA, Sean; BITTENCOURT, Ig. (Org.) **Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Concepção de Pesquisa**. Porto Alegre: SBC, 2020.

STRAUB, M. G. Indicador de Direção do Vento DV10. **Usinainfo**, 2019. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/indicador-de-direcao-do-vento-com-arduino-melhorando-sua-estacao-meteorologica/>. Acesso em: 07 de dez. de 2020.

TEIXEIRA, G. Projeto ESP32 com display OLED e sensor AM2302 DHT22 medindo temperatura e umidade. **Usinainfo**, 2019. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/projeto-esp32-com-display-oled-e-sensor-am2302-dht22-edindo-temperatura-e-umidade/>. Acesso em: 30 de nov. de 2020.

TEXAS INSTRUMENTS. **Ultra-Small, Low-Power, 16-Bit Analog-to-Digital Converter with Internal Reference**. c2009. Disponível em: https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_ADC_ads1115.pdf. Acesso em: 22 de dez. de 2020.

THOMSEN, A. Medidor de índice UV com Arduino. **Filipeflop**, 2015. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/>. Acesso em: 07 de dez. de 2020.

VIEIRA, F. F.; DALLACORT, R.; BARBIERI, J. D.; DALCHIAVON, F. C.; DANIEL, D. F. Temperatura e umidade do solo em função do uso de cobertura morta no cultivo de milho. **Revista de Ciências Agrárias**, Jaboticabal, v. 48, n. 3, 2020.

Contribuições de autoria

1 – Everton Lima Horst

Mestre em Tecnologias Educacionais em Rede pela Universidade Federal de Santa Maria

<https://orcid.org/0000-0001-8199-2563> • evertonhorst@gmail.com

Contribuição: Conceituação; Metodologia; Software; Validação; Invesrificação; Recursos; Escrita - Primeira Redação; Escrita - Revisão e Edição; Visualização de dados

2 – Andre Zanki Cordenonsi

Doutor em Informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<https://orcid.org/0000-0002-1811-671X> • andre.cordenonsi@ufsm.br

Contribuição: Conceituação; Metodologia; Validação; Invesrificação; Escrita - Revisão e Edição; Visualização de dados

Como citar este artigo

HORST, E. L.; CORDENONSI, A. Z. Desenvolvimento de uma estação agroclimatológica de baixo custo para apoio a cursos da área agrícola. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.45, e31, 2023. DOI 10.5902/2179460X71442. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X71442>