

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - MG

Instituto de Ciências da Natureza

Curso de Geografia – Licenciatura

ALLAN CARLOS DE ANDRADE

**ANÁLISE COMPARATIVA DE EFICÁCIA UTILIZANDO DADOS DE
SUPERFÍCIE COLETADOS POR ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
ALTERNATIVA E DADOS DE PREVISÃO DO TEMPO DO
CLIMATEMPO**



Alfenas - MG

2021

ALLAN CARLOS DE ANDRADE

**ANÁLISE COMPARATIVA DE EFICÁCIA UTILIZANDO DADOS DE
SUPERFÍCIE COLETADOS POR ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
ALTERNATIVA E DADOS DE PREVISÃO DO TEMPO DO
CLIMATEMPO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de **Licenciado** em Geografia pelo Instituto de Ciências da Natureza da Universidade Federal de Alfenas - MG, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza.

Alfenas – MG
2021

Banca Examinadora

Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza - Orientador - UNIFAL-MG

Prof. Ms. Bruno César dos Santos - EESC/USP - Avaliador 01

Prof. Dr. Daniel Hideki Bando - UNIFAL-MG - Avaliador 02

Alfenas (MG), __/__/____

Resultado

Dedicatória

Dedico aos meus queridos pais, ao meu irmão Saulo e minha irmã Simone, ao meu cunhado e meus sobrinhos. Dedico também à minha companheira Lara e aos meus amigos de Nepomuceno e os que conquistei em Alfenas. Todos foram essenciais em minha trajetória.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço aos meus pais Vita e Antônio Carlos, por todo o apoio e por sempre acreditarem em mim e me permitir viver este sonho.

Ao meu irmão Saulo e minha irmã Simone, que sempre estiveram presentes, me apoiando e me incentivando em todos os momentos.

Ao meu amigo e parceiro de profissão Rodrigo.

Aos meus amigos de Nepomuceno Lucas, Carol, Juliana e Fernando, além de todos os amigos que conquistei em Alfenas, Caio, Cássio, Filipe, Marco Túlio, Renan e Cauê e todos os outros que foram importantes dentro e fora da sala de aula.

Em especial à minha companheira Lara, que me incentivou e me deu forças nos momentos mais difíceis que enfrentei.

A UNIFAL-MG pela possibilidade do estudo público gratuito e de qualidade que me oportunizou com sua ótima estrutura de ensino – espaço físico, programas de apoio e corpo profissional atuante.

Aos meus professores no Curso de Geografia que em todos os momentos transferiram o conhecimento com ética e comprometimento, servindo de grande exemplo e estímulo para minha caminhada.

De forma especial a meu orientador Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza pelo companheirismo ao longo desse trabalho e pelo horizonte que apresentou para a continuação dos meus estudos e estímulo oferecido.

A Deus pelo cuidado, vida e forças oferecida para a continuidade dessa caminhada.

Enfim, a todos que de alguma forma estiveram ao meu lado oferecendo seu apoio para a concretização de mais essa conquista.

Resumo

O presente projeto de pesquisa apresenta uma proposta de inovação tecnológica que procura disseminar a estrutura de pesquisa pelos diversos municípios brasileiros através do uso de equipamentos alternativos e baratos que sejam eficazes e confiáveis para a coleta e registro de dados climatológicos através da montagem de uma estação meteorológica de baixo custo com sensores articulados a placa Arduino. Tal iniciativa contempla o momento de escassez dos recursos públicos destinados à pesquisa e ao fomento de estudos, buscando viabilizar a disseminação de postos de coleta e a difusão da tecnologia de auxílio que cooperem com o avanço da Ciência Climatológica nestes tempos de mudanças climáticas. Para tanto, após a montagem da estação, houve a coleta de dados através de seus sensores e análise comparativa dos mesmos com as previsões do tempo disponibilizadas pelo Climatempo, em razão de Nepomuceno-MG não possuir no município estações meteorológicas convencionais ou automáticas instaladas e acessíveis. Após as análises, a eficácia da estação alternativa de baixo custo ficou evidenciada, estimulando o prosseguimento da pesquisa em nível de mestrado com sua instalação ao lado de uma estação em funcionamento que possibilite a comparação dos dados de superfície obtidos sob as mesmas condições.

Palavras-Chave: Arduino; Estação Meteorológica; Tecnologia; Previsão do Tempo.

Abstract

This research project presents a proposal for technological innovation that seeks to disseminate the research structure throughout the various Brazilian municipalities through the use of alternative and cheap equipment that are effective and reliable for the collection and recording of climatological data through the assembly of a meteorological station low cost with sensors articulated to arduino plate. This initiative contemplates the moment of scarcity of public resources destined to research and the promotion of studies, seeking to facilitate the dissemination of collection points and the diffusion of aid technology that cooperate with the advancement of Climatological Science in these times of climate change. Therefore, after the station was assembled, data was collected through its sensors and comparative analysis of them with the forecasts made available by Climatempo from the use of satellites because Nepomuceno-MG does not have conventional or automatic meteorological stations in the municipality. installed and accessible. After the analyses, the effectiveness of the low-cost alternative station was evidenced, stimulating the continuation of research at the master's level, with its installation next to a station in operation that allows the comparison of surface data obtained under the same conditions.

Keywords: Arduino; Weather Station; Technology; Weather Forecast.

Lista de Figuras

Figura 1 - Distribuição de estações meteorológicas convencionais e automáticas distribuídas pelo território nacional.	12
Figura 2 - Plataforma Arduino.....	24
Figura 3 - DHT22 AM2302.....	25
Figura 4 - BMP280	26
Figura 5 - Anemômetro.....	27
Figura 6 - Indicador de Direção do Vento (Biruta).....	28
Figura 7 - Pluviômetro de Bâscula.....	29
Figura 8 - Módulo Micro SD	30
Figura 9 - Módulo RTC	32
Figura 10 – Estação alternativa instalada no local de coleta dos dados	33

Lista de Gráficos e Tabelas

Gráfico 1 - Temperatura em °C coletadas pela estação meteorológica e prevista pelo Climatempo	36
Gráfico 2 - Umidade relativa do ar coletados pela estação meteorológica e prevista pelo Climatempo	38
Gráfico 3 - Pressão atmosférica em hPa coletada pela estação meteorológica e prevista pelo Climatempo	39
Gráfico 4 - Velocidade do vento em km/h coletados pela estação meteorológica e previsto pelo Climatempo	41

Tabela 1 - Temperatura em °C coletadas pela estação meteorológica	36
Tabela 2 - Temperatura em °C registrada pela previsão do tempo.....	36
Tabela 3 - Umidade relativa do ar coletados pela estação meteorológica	37
Tabela 4 - Umidade relativa do ar registrada pela previsão do tempo	38
Tabela 5 - Pressão atmosférica em hPa coletada pela estação meteorológica	39
Tabela 6 - Pressão atmosférica em hPa registrada pela previsão do tempo	40
Tabela 7 - Velocidade do vento em km/h coletados pela estação	41
Tabela 8 - Velocidade do vento em km/h registrada pela previsão do tempo.....	41
Tabela 9 - Direção do vento coletadas pela estação meteorológica	43
Tabela 10 - Direção do vento registrada pela previsão do tempo	43

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 Climatologia Tradicional e Dinâmica	14
3.2 Clima e Sociedade.....	15
3.3 Clima e Agropecuária	16
3.4 Pesquisas Climatológicas	18
3.5 Estações Meteorológicas Convencionais e Automáticas	19
3.6 Estações Meteorológicas Alternativas	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 Aquisição dos equipamentos utilizados na montagem da Estação Alternativa	23
4.4.1 Plataforma Arduíno	23
4.4.2 Sensor de Temperatura e Umidade Relativa do ar – DHT22	24
4.4.3 Sensor de Pressão Atmosférica – BMP280.....	25
4.4.4 Kit Estação Meteorológica: Anemômetro, Biruta e Pluviômetro	26
4.4.5 Módulo micro SD.....	30
4.4.6 Módulo RTC DS3231	31
4.2 Montagem e Testagem da Mini-Estação	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5.1 Dados Primários, Previsão do Tempo e Análise Comparativa	35
5.1.1 Comparação entre os dados de Temperatura.....	35
5.1.2 Comparação entre os dados de Umidade Relativa do ar	37
5.1.3 Comparação entre os dados de Pressão Atmosférica.....	39
5.1.4 Comparação entre os dados de Velocidade do Vento	40
5.1.5 Comparação entre os dados de Direção do Vento	43
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, assim como muitas nações do planeta, enfrenta um sério problema de gestão e escassez dos recursos públicos devido a crescente parcela de seu orçamento que é consumida pelos desvios da corrupção ou ainda são destinadas ao custeio da máquina pública, previdência social, e, sobretudo, pagamento dos juros da dívida interna. Em face disto, o investimento na educação, pesquisa e infraestrutura tem diminuído consideravelmente, privando a Academia dos recursos necessários ao estudo do homem e do espaço, bem como das mudanças em curso no seio desses domínios que se superpõem e coexistem. Com isso, as demandas do presente vão sendo postergadas para prejuízo de toda coletividade com repercussões deletérias por todo o planeta.

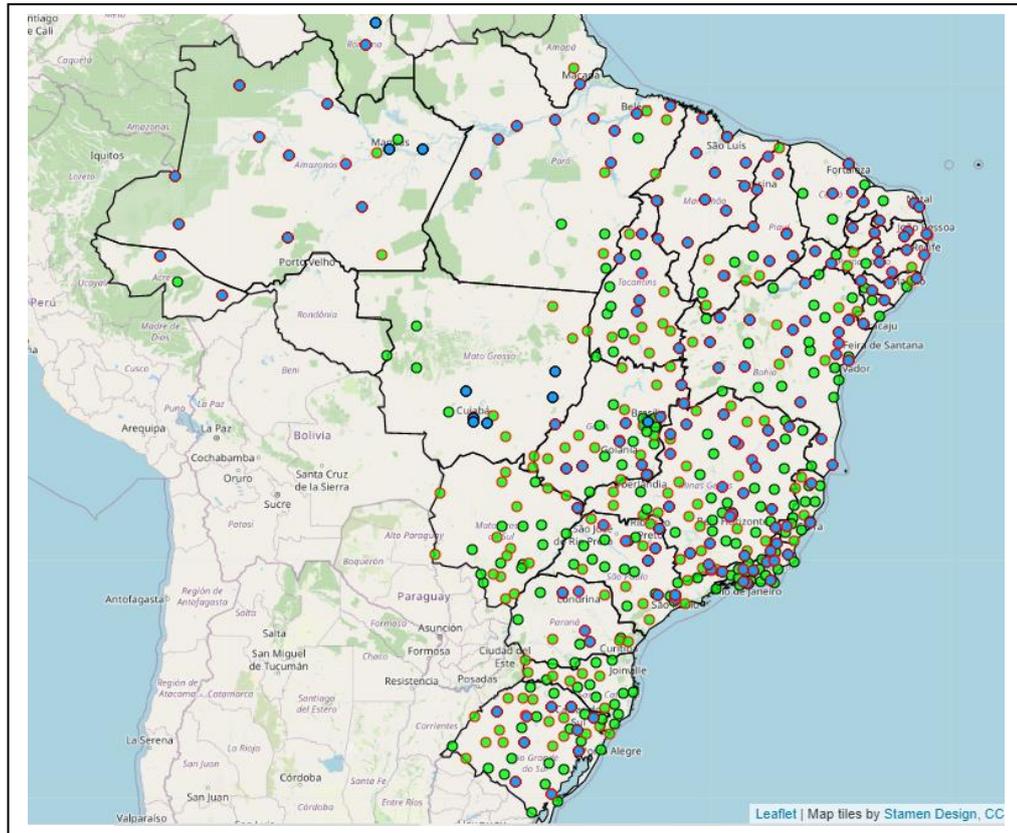
Essa conjuntura prejudica sobremaneira a qualidade de vida da população e impacta o meio ambiente, comprometendo o funcionamento das atividades antrópicas e a infraestrutura construída nos locais onde a manifestação dos eventos catastróficos se manifesta, pois, pela ausência de dados e equipamentos de coletas, ensaios e diagnósticos ficam impossibilitados, privando a humanidade de previsões e estratégias que contemplem medidas mitigadoras e/ou preventivas que venham a amenizar os efeitos de tais ocorrências.

Dentre as ocorrências em curso no presente momento, as atmosféricas destacam-se pela abrangência, frequência e intensidade, pois, o ritmo das mudanças climáticas faz com que suas manifestações se façam sentir por toda parte, repercutindo em diversas áreas da vida humana, afetando, inclusive, o próprio equilíbrio dos recursos disponibilizados pela biodiversidade. Em razão disto, esse assunto vem ocupando um espaço cada vez maior na lista de preocupações da sociedade contemporânea, tratando-se de um dos problemas mais relevantes da atualidade.

Apesar de o Brasil possui, em números, várias estações meteorológicas, tanto convencionais, quanto automáticas, algumas regiões ainda ficam desamparadas, pelo fato da enorme extensão territorial do país, tornando as estações alternativas uma opção para preencher esta defasagem de dados e monitoramento meteorológico que persiste em determinadas regiões, como o município de Nepomuceno.

Assim, devido ao número insuficiente de estruturas que se ocupam com a coleta e registro dos dados atmosféricos pelo território nacional (Figura 1), seu acesso torna-se restrito, dificultando a pesquisa. Isso decorre dos elevados custos de seus equipamentos e da conjuntura recobrada para a coleta e registro dos dados atmosféricos – técnicos e instalações.

Figura 1 - Distribuição de estações meteorológicas convencionais e automáticas distribuídas pelo território nacional.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia

Nesse quadro, alternativas fazem-se necessárias, minimizando os custos de aquisição e consequentemente de funcionamento desses equipamentos e a coleta de dados, expandindo a rede de coletas e a quantidade de dados disponíveis para as pesquisas que buscam compreender os padrões atmosféricos nas mais diversas porções do planeta. Uma das alternativas é uso e emprego do Arduíno, pois com ele é possível construir uma estação meteorológica de baixo custo e com alto grau de confiabilidade dos dados, permitindo que a rede de coleta seja expandida por todo o território nacional, para maior conhecimento da atmosfera e seus padrões, possibilitando que estudos sejam desenvolvidos e cenários sejam vislumbrados com vistas ao municiamento da sociedade na busca por estratégias eficazes de superação das ocorrências deletérias que venham manifestar no seu cotidiano.

O monitoramento atmosférico no Brasil sofre com o pequeno número de estações meteorológicas espalhadas em seu território, porém, a previsão do tempo fornecida na internet, televisão e rádio é informação indispensável para a sociedade e são acessadas e divulgadas diariamente. De acordo com Fante e Neto (2008), as previsões do tempo são informações cada vez mais útil e necessárias para a sociedade atual, possibilitando

planejamento de várias atividades, além de reduzir custos econômicos e sociais, a partir do conhecimento prévio sobre os fenômenos atmosféricos.

Atentando para isto e para a demanda existente de monitoramento das variáveis atmosféricas, a presente pesquisa foi elaborada objetivando a minimização dos custos da coleta de dados atmosféricos mediante a montagem de uma estação meteorológica alternativa que permita a difusão desse tipo de equipamento e sua instalação nos vazios que ainda existem pelo território nacional, auxiliando no aparelhamento do Estado e aumentando a rede de coleta, pois em países como o Brasil a maioria dos municípios não conta com uma estrutura básica de coleta de dados que possibilite o acúmulo de informações que municiem estudos ocupados com essa temática.

Portanto, na falta de dados reais, coletados por estações meteorológicas, as inúmeras cidades dependem da previsão do tempo para planejamentos sociais e econômicos, principalmente as propriedades voltadas para a produção agropecuária. Contudo, as previsões do tempo fornecidas para a população são confiáveis? Este trabalho pretende responder este questionamento, tendo como referência os dados coletados pela estação meteorológica de baixo custo construída através do Arduíno, comparados aos dados de previsão do tempo fornecidos pelo Climatempo, na cidade de Nepomuceno, localizada no sul de Minas Gerais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Construir uma estação meteorológica de baixo custo por meio da plataforma Arduíno e sensores que meçam as variáveis atmosféricas, comparando os dados por ela coletados com dados de previsão do tempo obtidos pelo *site* Climatempo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a abrangência e a qualidade da contribuição proporcionada pelo Arduíno na obtenção de dados atmosféricos e na montagem de miniestações meteorológicas;
- Produzir dados primários confiáveis através de estação meteorológica de baixo custo que atenda as especificações meteorológicas;
- Averiguar a confiabilidade e a precisão das previsões do tempo realizadas a partir de imagens de satélites para as cidades sem estações convencionais ou automáticas instaladas como é o caso de Nepomuceno/MG;

- Discutir a proposta e divulgar os resultados para a disseminação da tecnologia e a possibilidade de utilização de estações meteorológicas alternativas para a expansão da rede atual de coleta.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Climatologia Tradicional e Dinâmica

A climatologia tradicional, também denominada climatologia separativa, possui este nome devido à maneira como os elementos do clima são tratados, muitas vezes isoladamente. Para Cunha et al (2007, p.141)

A climatologia clássica é denominada também de climatologia separativa, uma vez que os elementos climáticos, tais como temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade, precipitação, direção e velocidade dos ventos e radiação solar, são tratados de maneira independente e, justamente por isso, muitas vezes, são considerados isoladamente. A principal crítica a essa visão clássica está justamente no fato de a conexão entre os elementos do clima não ser considerada, o que, definitivamente, não representa a realidade.

A climatologia separativa baseia-se na concepção que a visão clássica atribui ao clima, enfatizando que o “clima é o conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera sobre um ponto da superfície terrestre”. De acordo com Barros et al (2009, p.257a)

Este método, apesar de amplamente empregado nos estudos do clima de diversas regiões do globo, ao separar os elementos climáticos, isolando-os entre si e transformando-os em médias aritméticas, acaba por dissolver a realidade, que é constituída pelo conjunto de elementos atuantes, uns através dos outros”.

Ainda de acordo com Barros et al (2009, p.257b), “o método tradicional apresenta lacunas, uma vez que é estático, ou seja, não é capaz de restituir o dinamismo aos fenômenos e suas verdadeiras sucessões de estados, o que impossibilita a compreensão fiel da realidade”.

Diferente da climatologia tradicional, na climatologia dinâmica, segundo Cunha *et al* (2007) os elementos do clima são tratados de maneira integrada, ou seja, levando em consideração a realidade e complexidade em seu entorno, como por exemplo, as porções de cada parte do planeta.

Na climatologia dinâmica há diferentes definições de clima. Sorre (1957) o trata como o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera, em determinado lugar, em sua sucessão habitual. Ou seja, os estudos baseados na climatologia dinâmica possuem maior precisão ao retratar a realidade climática de uma determinada região.

3.2 Clima e Sociedade

O clima é um componente crucial na formação e transformação do espaço geográfico. Ele influencia todas as atividades, seja social ou econômica, desenvolvidas pela sociedade. Porém, o desenvolvimento tecnológico e a globalização, vindos desde o século passado, também influenciam no comportamento climático em todas as regiões do planeta, devido, principalmente, às atividades de cunho econômico, que tem enorme potencial de destruição de florestas nativas e lançamentos de gases de efeito estufa¹ na atmosfera, fatores capazes de modificar o comportamento habitual do clima em determinada região, aumentando o índice de grandes tempestades, secas, ondas de frio e calor extremos, entre outros. De acordo com Blank (2015, p.2)

A Terra sempre passou por ciclos naturais de aquecimento e resfriamento, da mesma forma que períodos de intensa atividade geológica lançaram à superfície quantidades colossais de gases que formaram de tempos em tempos uma espécie de bolha gasosa sobre o planeta, criando um efeito estufa natural. Ocorre que, atualmente, a atividade industrial está afetando o clima terrestre na sua variação natural, o que sugere que a atividade humana é um fator determinante no aquecimento.

Como consequência dos gases de efeito estufa, de origem antrópica, lançados na atmosfera, há o aumento da temperatura do ar e dos oceanos, causando a elevação do nível médio do mar e a retração das geleiras, além de fenômenos meteorológicos extremos (NOBRE, 2008), afetando diretamente a sociedade, tanto em escalas culturais e sociais, como econômicas.

De acordo com Silva (2018, p.14) *apud* Drew (2014)

as alterações provocadas pelo homem no ambiente alteram o clima circundante, modificando o caráter do solo e da vegetação próxima, que por sua vez resultará em alterações posteriores do clima local. O homem quando altera o ambiente visa um fim imediato, no entanto essas ações podem extrapolar os locais de intervenção e acarretar consequências no meio físico, gerando impactos no ambiente circundante as construções/modificações.

¹ Consiste na transparência atmosférica para a radiação solar de onda curta, na faixa do espectro das radiações visíveis, e a opacidade atmosférica à radiação terrestre de onda longa, ou infra-vermelho, emitida para o espaço. (NOBRE, 2008).

A urbanização e a agropecuária são as principais atividades socioeconômicas que acarretam impactos ambientais (SILVA, 2018) e estão sujeitas também ao ritmo climático. No entanto, cumpre observar que

Os efeitos dessas atividades sobre o meio ambiente são sentidos na mesma escala em que são realizados, considerando a intensidade e o grau de alteração experimentado pelo solo e vegetação. Nas áreas urbanas, os efeitos das modificações realizadas pelo homem são profundamente intensivos e localizados, sendo as cidades a representação mais significativa das alterações na superfície impostas pelas atividades humanas (DREW, 2014 *apud* SILVA, 2018).

Portanto, a relação clima-sociedade é dinâmica e estão diretamente relacionados, o clima tem o potencial de determinar o comportamento de uma sociedade, através de sua condição meteorológica, além de ser elemento importante na formação de culturas, comportamentos sociais e desenvolvimento econômico. Por outro lado, a sociedade, cada vez mais, determina o comportamento do clima em determinada região, modificando o comportamento atmosférico habitual, causando problemas que podem se tornar irreversíveis no futuro.

3.3 Clima e Agropecuária

De acordo com André (2006), o clima e sua variabilidade são fatores importantes na configuração do espaço geográfico, ou seja, na composição do meio ambiente, disponibilidade dos recursos naturais e nas características socioeconômicas.

Ciente desta relevância, Alexandre Mueller, subdiretor geral da FAO para os Recursos Naturais, durante os trabalhos da terceira Conferência Mundial Sobre Clima (CMC – 3), entre 31 de agosto e 4 de setembro, em Genebra (<http://www.unric.org/pt/actualidade/25796>) enfatiza o impacto exercido pelo clima sobre as atividades antrópicas mencionando que “desde os anos 1950, os custos econômicos das catástrofes naturais, incluindo os fenômenos climáticos extremos, multiplicaram-se por catorze na agricultura”.

Diante da importância que as atividades agropecuárias possuem – alimento, energia e riquezas; e da dependência que apresentam frente ao comportamento atmosférico, Valentini (2011) discutindo o desempenho desse setor durante o Workshop Internacional de Mudanças Climáticas, ocorrido em outubro de 2011, em Campinas, no interior de São Paulo, expande sua relevância mencionando que a agricultura também é responsável por questões abrangentes e estratégicas, como a estabilidade social e a qualidade de vida de uma população, por isso, independentemente do tipo de cultivo, toda e qualquer iniciativa de otimização da produção

agrícola é muito bem-vinda. Nesse contexto, diante do funcionamento da atmosfera e da distribuição de terras pelo planeta, o Brasil possui uma característica agroclimática, que aliada às condições do solo e do relevo, estabelece uma situação diferenciada para a exploração agropecuária que lhe confere destaque.

Atentando para a relevância do setor agropecuário no país e para sua suscetibilidade às oscilações climáticas, Girão et al (2008, p. 241) entendem que “a análise rítmica do clima e, especificamente, a caracterização do comportamento pluvial de uma área é de grande relevância para uma avaliação de sua susceptibilidade a riscos naturais”. No entanto, isso só pode ser feito mediante a distribuição espacial de uma vasta rede de coleta de dados atmosféricos que possibilite e muncie os estudos ocupados com essa questão.

Para Santos (2005, p. 65) a compreensão do papel que o ritmo climático possui no planejamento e produção das safras, passa pelo entendimento de dois momentos do processo de produção agrícola; o primeiro refere-se à satisfação das necessidades hídricas das plantas (principalmente nos períodos em que a escassez de água é crítica) e, o segundo, pelo sucesso na realização das operações agrícolas (plantio, tratos culturais, colheita, etc.), os quais em conjunto refletem-se na produtividade realmente alcançada no final da safra. Assim, a compreensão do comportamento climático durante o ano e durante os anos permite uma avaliação do desempenho da safra e coopera com melhores resultados na produção e rentabilidade do segmento.

Desta forma, o estudo da dinâmica atmosférica permite que sejam identificadas as condições mais e menos favoráveis para o desempenho da agropecuária como um todo, cooperando com a economia e questões sociais.

Atentando para esta relação estreita que existe entre o clima e a atividade econômica, Monteiro (1976, p. 10) já defendia há algum tempo a necessidade de a climatologia debruçar-se sobre duas linhas de abordagem que se complementam; “(...) a econômica, onde cumpre avaliar o papel insumidor do clima na organização do espaço e a ambiental, onde os produtos da ação humana sobre a atmosfera são referenciados em termos de qualidade.”

Obviamente o estudo da atmosfera da região seguirá pelos parâmetros metodológicos estabelecidos pela Climatologia Dinâmica, iniciada no Brasil pelo geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Nela serão evidenciadas as tendências de comportamento atmosférico e o ritmo climático, cuidando em destacar todo o dinamismo que se apresenta ao longo de um ano e ao longo do período de anos considerados.

Sob esse entendimento, fica evidente que os dados atmosféricos se tornam cruciais para o entendimento da dinâmica atmosférica que interfere no desempenho das atividades agropecuárias e nos demais aspectos do cotidiano da sociedade, merecendo, por conseguinte, de estratégias e ações que favoreçam sua coleta para análise.

3.4 Pesquisas Climatológicas

De acordo com Zavattini *et al* (2013), é necessário que se fique atento às técnicas para realização de pesquisas climatológicas. Segundo ele

Existem técnicas que partem do princípio que o clima de um lugar é fruto das interações estabelecidas entre os elementos climáticos e destes com o meio geográfico. São técnicas que buscam, na atmosfera, a gênese dos fenômenos climáticos e analisam as consequências de seus impactos sobre o ambiente, encarando-as como resultantes dessas interações. Por outro lado, esteja-se atento porque existem técnicas que acreditam na existência do estado médio da atmosfera, um conceito que não se sustenta. São técnicas que, por assim dizer, “caem em tentação” e decompõem e analisam, separadamente, cada elemento climático. (ZAVATTINI *et al*, 2013, p.14a)

Portanto, Zavattini (2013) faz uma crítica à climatologia tradicional, descrita anteriormente, enfatizando na importância de um estudo climatológico se atente às técnicas adotadas na climatologia dinâmica, com o objetivo de se realizar estudos que obtenham resultados que representem a realidade climática da região.

No âmbito da pesquisa climatológica brasileira, como foi dito anteriormente, é necessário que haja a ampliação dos equipamentos que monitoram a atmosfera diariamente, facilitando o acesso às informações, fomentando assim a pesquisa no Brasil. Zavattini *et al* (2013) escreve que a obtenção de dados meteorológicos é parte crucial em pesquisas climatológicas, porém, esta não é uma tarefa fácil no Brasil. Segundo ele, o Brasil

Ainda não conta com a devida compreensão pela maior parte das entidades detentoras e gerenciadoras de dados meteorológicos. Mas, temos a esperança de que breve, muito brevemente, os ventos passem a soprar na direção correta, isto é, a favor do acesso grátis – amplo e irrestrito – aos dados meteorológicos, pois eles representam peça fundamental para o pleno desenvolvimento da Climatologia Geográfica em nosso país.

Como foi dito acima, o interesse e a preocupação em pesquisas climatológicas crescem cada vez mais no Brasil e no mundo, devido à emergência climática que assola o planeta. Portanto, fazer pesquisa no país tem sido cada vez mais difícil, além de cortes de

verba na ciência, descaso pelos governos recentes, há também a dificuldade de acesso a dados que deveriam ser amplamente públicos e de graça. A pesquisa climatológica é de extrema urgência no mundo, por isso não há motivos para que dados de caráter meteorológicos sejam restritos, por este motivo, a presente pesquisa tem a finalidade de oferecer alternativas baratas e acessíveis para a ampliação de equipamentos alternativos que produzam dados meteorológicos tão confiáveis quanto os dados produzidos por instituições públicas e privadas.

3.5 Estações Meteorológicas Convencionais e Automáticas

As estações meteorológicas são instrumentos fundamentais no monitoramento da atmosfera, registrando e disponibilizando dados em tempo real e históricos sobre o comportamento climático da região em que ela está instalada. Existem dois tipos de estações meteorológicas, as convencionais e as automáticas.

As estações meteorológicas convencionais

exigem a presença diária de uma pessoa para coletar os dados medidos. Os instrumentos que compõe esse tipo de estação são normalmente de leitura direta, como os termômetros, ou com sistema mecânico de registro, como o termohigrógrafo, o pluviógrafo, o anemógrafo. Elas se dividem em classes de acordo com a finalidade e o número de variáveis observadas. (BALBINO, 2016, não paginado)

Já as estações meteorológicas automáticas possuem

coleta de dados totalmente automatizada. Nesse tipo de estação os sensores emitem sinais elétricos, que são captados por um sistema de aquisição de dados (Datalogger), possibilitando que o armazenamento e o processamento dos dados sejam informatizados.

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INMET), as estações meteorológicas (automáticas e convencionais), é um conjunto de instrumentos capazes de fazer medições meteorológicas. Os principais instrumentos que compõe uma estação são:

- **Anemógrafo** - registra continuamente a direção (em graus) e a velocidade instantânea do vento (em m/s), a distância total (em km) percorrida pelo vento com relação ao instrumento e as rajadas (em m/s).
- **Anemômetro** - mede a velocidade do vento (em m/s) e, em alguns tipos, também a direção (em graus).

- **Barógrafo** - registra continuamente a pressão atmosférica em milímetros de mercúrio (mm Hg) ou em milibares (mb).
- **Barômetro de Mercúrio** - mede a pressão atmosférica em coluna de milímetros de mercúrio (mm Hg) e em hectopascal (hPa).
- **Evaporímetro de Piche** - mede a evaporação - em mililitro (ml) ou em milímetros de água evaporada - a partir de uma superfície porosa, mantida permanentemente umedecida por água.
- **Heliógrafo** - registra a insolação ou a duração do brilho solar, em horas e décimos.
- **Higrógrafo** - registra a umidade do ar, em valores relativos, expressos em porcentagem (%).
- **Microbarógrafo** - registra continuamente a pressão atmosférica - em milímetros de mercúrio (mm Hg) ou em hectopascal (hPa), numa escala maior que a do Barógrafo, registrando as menores variações de pressão, o que lhe confere maior precisão.
- **Piranógrafo** - registra continuamente as variações da intensidade da radiação solar global, em cal.cm². mm¹.
- **Piranômetro** - mede a radiação solar global ou difusa, em cal.cm². mm¹.
- **Pluviógrafo** - registra a intensidade de precipitação pluvial (chuva), em milímetros (mm).
- **Pluviômetro** - mede a quantidade de precipitação pluvial (chuva), em milímetros (mm).
- **Psicrômetro** - mede a umidade relativa do ar - de modo indireto - em porcentagem (%). Compõe-se de dois termômetros idênticos, um denominado termômetro de bulbo seco, e outro com o bulbo envolvido em gaze ou cadarço de algodão mantido constantemente molhado, denominado termômetro de bulbo úmido.
- **Tanque Evaporimétrico Classe A** - mede a evaporação - em milímetros (mm) - numa superfície livre de água.
- **Termógrafo** - registra a temperatura do ar, em graus Celsius (°C).
- **Termohigrógrafo** - registra, simultaneamente, a temperatura (°C) e a umidade relativa do ar (%).
- **Termômetros de Máxima e Mínima** - indicam as temperaturas máxima e mínima do ar (°C), ocorridas no dia.
- **Termômetros de Solo** - indicam as temperaturas do solo, a diversas profundidades, em graus Celsius (°C).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INMET) possui uma rede de estações meteorológicas distribuídas por todos os estados do país. Os dados são públicos e divulgados no sítio oficial do Instituto diariamente. As estações automáticas produzem dados diários de hora em hora, já os dados produzidos pelas estações convencionais são publicados às 00:00, 12:00, 18:00 (UTC).

3.6 Estações Meteorológicas Alternativas

A rede de estações meteorológicas existente no território nacional não é o suficiente para suprir a demanda de dados de monitoramento atmosférico, devido ao pequeno investimento destinado pelo Estado, como foi abordado anteriormente. Para suprir esta demanda, existem alternativas eficientes e baratas, capazes de proporcionar medições meteorológicas confiáveis e disponibilizar dados diariamente. Uma das alternativas é o Arduíno.

O Arduíno participa desse momento de inovação tecnológica que vivenciamos, possibilitando uma maior variedade de estudos de caráter ambiental, devido a facilidade de manejo e baixo custo, atrelado também ao baixo custo dos dispositivos de entrada e saída utilizados para manipular dados para a pesquisa científica, pois, como afirma SOUZA, et al (2011, p. 1702-2)

O Arduíno é uma plataforma de *hardware open source* de fácil utilização, ideal para a criação de dispositivos que permitam interação com o ambiente, dispositivos estes que utilizem como entrada sensores de temperatura, luz, som etc., e como saída leds, motores, displays, alto-falantes etc., criando desta forma possibilidades ilimitadas.

Diante da possibilidade de produzir dados primários do comportamento momentâneo da atmosfera através de equipamentos alternativos de baixo custo, como o Arduíno, sua escolha é feita como base para a produção de miniestações que facilitem a operacionalidade da coleta e armazenamento de dados atmosféricos com ampla interface às redes, computadores e demais mecanismos de composição do ambiente digital. McRoberts (2011, p. 20) reconhece tal recurso ao mencionar que

A maior vantagem do Arduíno sobre outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a facilidade de sua utilização; pessoas que não são da área técnica podem, rapidamente, aprender o básico e criar seus próprios projetos em um intervalo de tempo relativamente curto.

Contudo, o desenvolvimento dessas miniestações recobra o emprego de sensores que meçam as variáveis meteorológicas, atuando como dispositivos de entrada que coletam e encaminham dados que serão processados pelo Arduíno, compondo o arcabouço necessário para a substituição das estações convencionais que encarecem a coleta de dados.

Além da importância que possui para o desenvolvimento da pesquisa científica a estação meteorológica também possui relevância para o desenvolvimento de diversas atividades econômicas. No entanto, diante dos custos atuais os pequenos produtores que necessitam dos dados atmosféricos e seu monitoramento não possuem condições de adquiri-las, ficando reféns do acaso visto que as variáveis meteorológicas afetam diretamente no desempenho de suas atividades. A esse respeito Torres et al (2015, p. 2) mencionam que

Este alto preço desencoraja o uso dessas estações meteorológicas para diversos fins. Percebe-se também a dificuldade do uso desses equipamentos encontrada por profissionais como agricultores, pescadores ou maricultores, por exemplo, que não receberiam o custo-benefício desses equipamentos, embora os dados meteorológicos lhes sejam essenciais.

Em face disto, a utilização da estação produzida através do Arduíno e sensores que registram as variáveis meteorológicas, torna-se uma possibilidade tanto para a pesquisa acadêmica, quanto para os pequenos produtores que dependem do monitoramento da atmosfera, estimulando pesquisas ocupadas com sua aplicação, algo corroborado por Silva et al (2018, p. 4) ao mencionarem que

Fica claro através dos inúmeros estudos que vem sendo realizados, o potencial da ferramenta em contribuir para os mais diversos temas e interesses. Com a integração das diversas tecnologias as atividades da sociedade, a compreensão holística do meio em que vivemos será cada vez mais evidente, evidenciando também a necessidade urgente do homem em sustentar sua relação com o mundo em vive.

Enfatizando que (p.2)

Atualmente existem equipamentos de alta precisão para coleta de dados climatológicos presentes em modernas estações meteorológicas e automáticas, mas o alto custo desencoraja o uso por parte do poder público, privado e acadêmico. Prejudicando imensamente o desenvolvimento de políticas, pesquisas e planos estratégicos devido à falta destas informações indispensáveis.

Assim, superar paradigmas e ousar na admissão de novas tecnologias e estratégias que promovam a disseminação do conhecimento e favoreçam o avanço da pesquisa e do conhecimento, torna-se imperioso, sobretudo no momento em que o planeta atravessa um

quadro de mudanças climáticas que torna inseguro e arriscado todo e qualquer investimento que não possa contar com uma perspectiva clara das variáveis que regem seu desempenho.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A realização desta pesquisa foi feita através de cinco etapas. A primeira etapa consistiu na aquisição dos equipamentos utilizados para a montagem da mini estação meteorológica. Na segunda etapa foi feita a montagem e testagem da mini estação. Já na terceira etapa, houve a instalação da mini estação para a coleta de dados. Na quarta etapa foi feita a coleta de dados de previsão do tempo para a cidade de Nepomuceno no site do Climatempo. E por último, foi realizada a comparação ente os dados coletados pela miniestação e os dados de previsão do tempo.

4.1 Aquisição dos equipamentos utilizados na montagem da Estação Alternativa

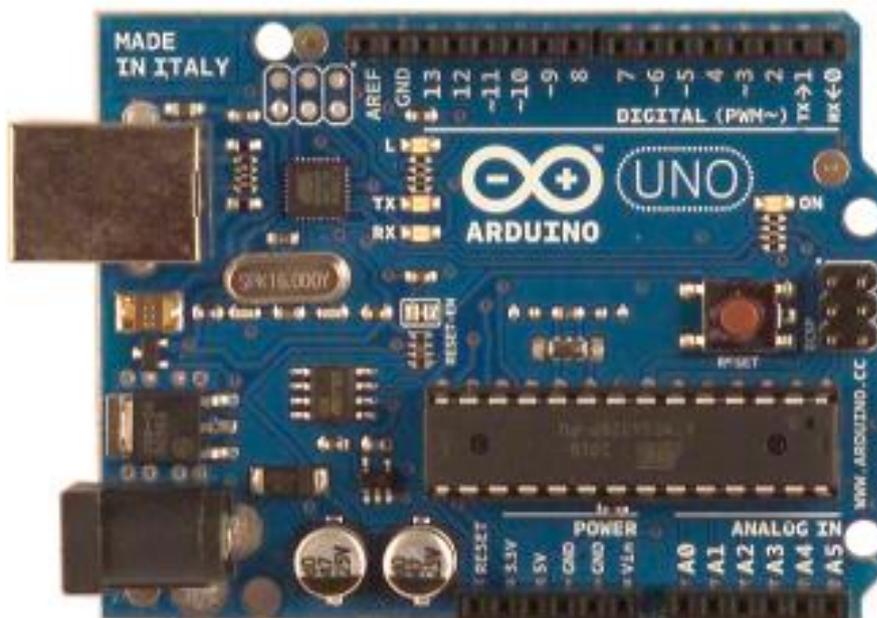
Para a montagem da estação, primeiramente, foi adquirida a plataforma Arduino, que é o ‘cérebro’ da estação alternativa. Para as medições das variáveis atmosféricas e aquisição dos dados meteorológicos, foram utilizados os sensores DHT22, para as medições de temperatura e umidade relativa do ar, o BMP280, responsável por medir a pressão atmosférica, o anemômetro e a biruta para captar a velocidade e a direção do vento, respectivamente, o pluviômetro responsável por medir o volume de chuva. Após a aquisição de todos os sensores responsáveis pela medição dos dados meteorológicos, foi necessária a utilização de um módulo micro SD, com a função de armazenar os dados coletados pelos sensores em um cartão micro SD (cartão de memória), além de um módulo RTC (*Real Time Clock*) DS3231 para gravar data e hora das medições no cartão de memória.

4.4.1 Plataforma Arduino

Em termos leigos, de acordo com McRoberts (2013, p.27) “o Arduino é um computador minúsculo que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos que conectar a ela”. Existem quatro tipos de Arduino, o Arduino NANO, Arduino UNO, Arduino LEONARDO e Arduino MEGA, em que as suas principais diferenças estão entre a capacidade de armazenamento, o número de entradas

digitais e analógicas e de alimentação. Para este projeto, foi utilizado o Arduino UNO (Figura 2), que possui um total de 14 entradas/saídas digitais, 6 entradas analógicas, além de dois pinos de alimentação de 5V (volts), um pino de 3,3V, um VIN e dois GND (terra), e possui uma memória flash de 32Kb. A plataforma foi adquirida em meados de 2020, pelo valor de R\$ 52,81.

Figura 2 - Plataforma Arduino



Fonte: www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/o-que-e-um-arduino-e-o-que-pode-ser-feito-com-ele.html

4.4.2 Sensor de Temperatura e Umidade Relativa do ar – DHT22

O sensor DHT22 tem a capacidade de medir temperaturas entre -40°C e $+80^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de 0 a 100%. Este sensor possui três pinos, um pino positivo (+) é conectado à entrada de 5V do Arduino, um pino negativo (-) que é conectado ao GND do Arduino, além de um pino com saída digital (out), este foi conectado à entrada digital 3 do Arduino. De acordo com *site* FILIPEFLOP (2021), estas são as especificações do DHT22 (Figura 3):

- Modelo: AM2302;
- Tensão de operação: 3 – 5VDC (5,5 VDC máximo);
- Faixa de medição de umidade: 0 a 100% UR;
- Faixa de medição de temperatura: -40°C a $+80^{\circ}\text{C}$
- Corrente: 2,5mA máxima durante uso, em *stand by* de 100uA a 150uA

- Precisão de medição de umidade: $\pm 2,0\%$ UR
- Precisão de medição de temperatura: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- Resolução: 0,1
- Tempo de resposta: 2s
- Dimensões: 25 x 15,7 mm (sem terminais)

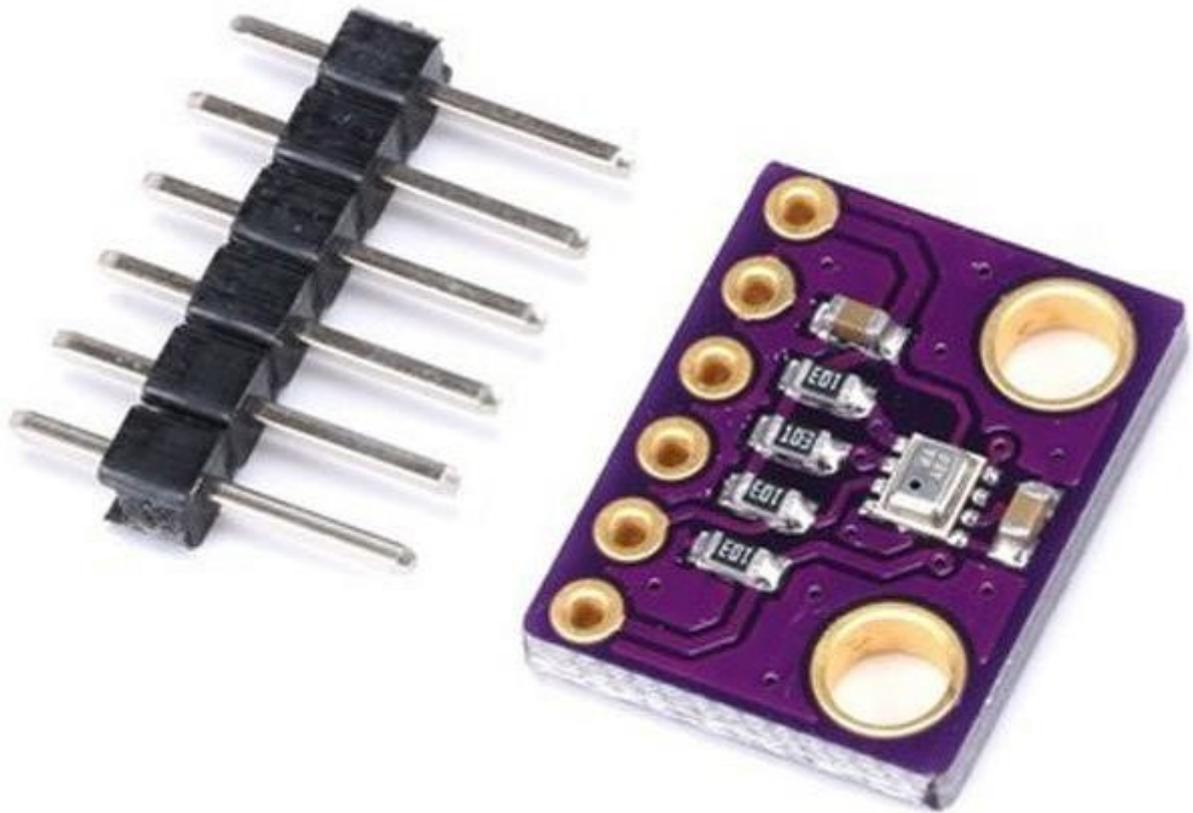
Figura 3 - DHT22 AM2302



Fonte: <https://www.arduinoeletronica.com.br/produto/modulo-dht22-am2302-sensor-umidade-e-temperatura/>

4.4.3 Sensor de Pressão Atmosférica – BMP280

O BMP280 é um sensor de pressão atmosférica que possui $\pm 0,12\text{hPa}$ de precisão na faixa entre 300 e 1100hPa. Também é utilizado para medir a temperatura, mas com menor variabilidade se comparado ao DS18B20. Além da capacidade de medição da pressão atmosférica e temperatura, o BMP280 também pode calcular a altitude aproximada do local em que ele estiver instalado, apresentando multiuso (Figura 4).

Figura 4 - BMP280

Fonte: <https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-pess-o-e-temperatura-bmp280.html>

4.4.4 Kit Estação Meteorológica: Anemômetro, Biruta e Pluviômetro

Para as medições de velocidade e direção do vento e de pluviosidade foi utilizado o Kit para estações meteorológicas de baixo custo. Este kit contém um anemômetro, destinado às medições de velocidade do vento, uma biruta, para as medições de direção do vento e um pluviômetro para medir o volume de chuva, além de um abrigo meteorológico (acoplado ao pluviômetro), onde foi instalado o sensor de temperatura e umidade relativa do ar (DHT22).

O anemômetro (Figura 5) possui 3 pás em formatos de copo capazes de medir a velocidade do vento. A ligação feita ao Arduino é muito simples, pois possui apenas dois cabos, sendo um deles destinado à ligação (5V) e o segundo cabo conectado ao pino digital 2 do Arduino. Para o correto funcionamento do dispositivo é necessário um resistor de 10 K Ω (kiloohm) entre a entrada digital 2 e o GND do Arduino.

De acordo com o *site* UsinaInfo, as especificações do Anemômetro são as seguintes:

- Modelo: SV10;
- Material: alumínio;

- Tensão de trabalho: 5V;
- Tipo: digital;
- Medição máxima: 120km/h;
- Meio de transmissão: cabo;
- Diâmetro do copo: 76mm;
- Dimensões totais: 39 x 27cm;

Figura 5 - Anemômetro



Fonte: https://www.usinainfo.com.br/estacao-meteorologica-arduino/anemometro-arduino-sensor-de-vento-para-estacao-meteorologica-sv10-3686.html?search_query=anemometro+arduino&results=2

De acordo com o *site* UsinaInfo (2021), “o **Indicador de Direção do Vento**, também conhecido como Biruta (Figura 6), possui internamente um conjunto de 8 sensores (reed com resistores), em que cada um está posicionado em uma localização diferente, apresentando valores de resistências diferentes para cada posição, sendo que estão instalados nas seguintes posições: N - 0°, NE - 45°, E - 90°, SE - 135°, S - 180°, SO - 235°, O - 270° e NO - 315°”. Do mesmo modo do anemômetro, o esquema de ligação da biruta também é fácil, possuindo

apenas dois cabos. O cabo de alimentação é conectado ao pino de 5V do Arduino, enquanto o segundo cabo é conectado à porta analógica A0.

Figura 6 - Indicador de Direção do Vento (Biruta)



Fonte: https://www.usinainfo.com.br/estacao-meteorologica-arduino/indicador-de-direcao-do-vento-arduino-para-estacao-meteorologica-dv10-4638.html?search_query=biruta+arduino&results=1

Neste sensor também é necessário a conexão de um resistor de 4,7 K Ω entre as entradas A0 e GND do Arduino. Também de acordo com a UsinaInfo (2021), as especificação da Biruta são:

- Modelo: DV10;
- Material: alumínio;
- Tensão de trabalho: 5V DC;
- Tipo: analógico;
- Giro: 360°;
- Precisão: ~95%;
- Comprimento do cabo: 10 m;
- Comprimento do eixo indicador: 25 cm;
- Peso: 350 g;

O pluviômetro de balsa (Figura 7), utilizado para fazer as medições de chuva, tem um funcionamento digital, através de uma “gangorra” em seu interior. Esta gangorra desce

com o peso da água que caiu da chuva, gerando um pulso elétrico, cada pulso contabiliza 0,25 mm de chuva, ou seja, para contabilizar 1 mm de chuva são necessários 4 pulsos.

Figura 7 - Pluviômetro de Bâscula



Fonte: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-724251088-pluvimetro-automatico-p-estaco-meteorologica-arduino-pic-_JM

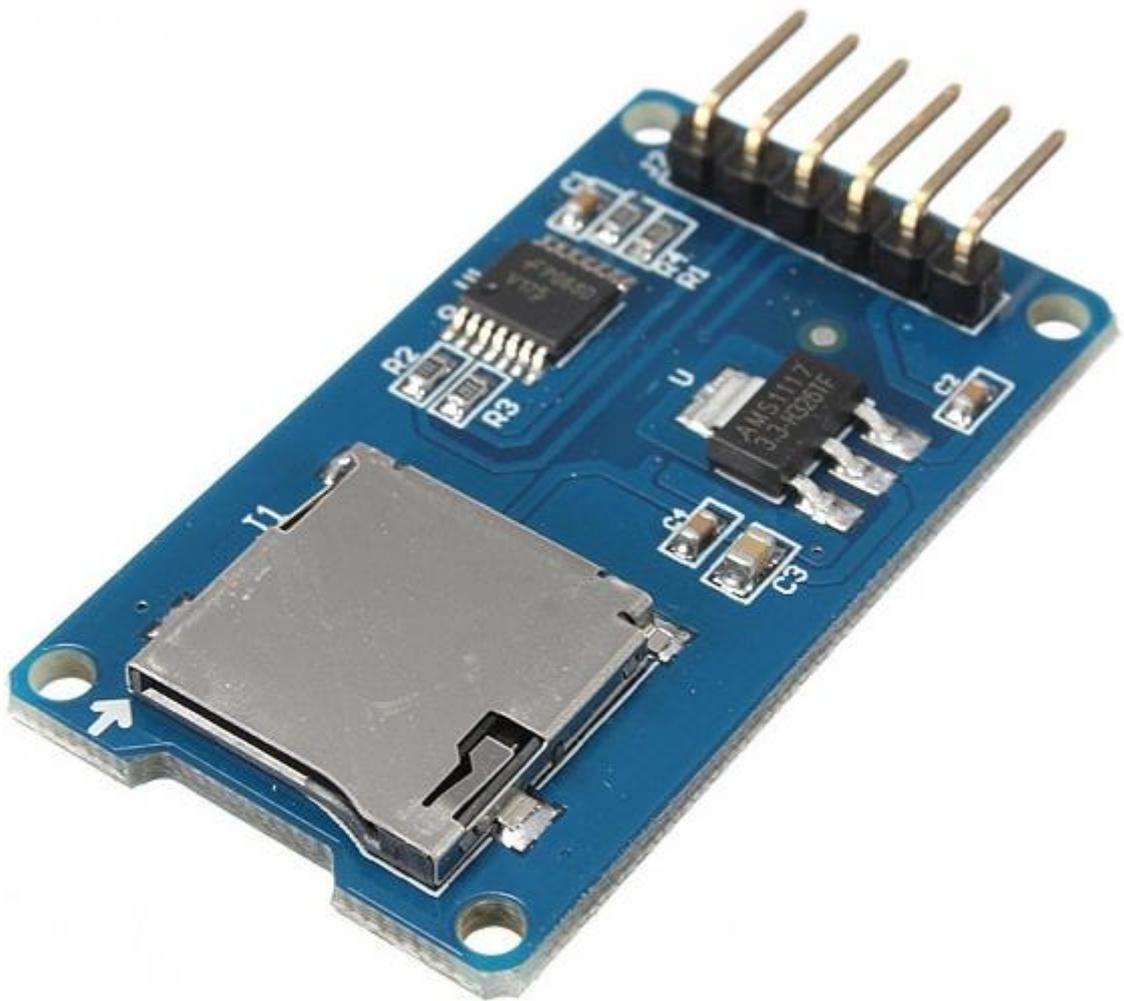
Também de fácil ligação, o pluviômetro possui apenas dois cabos, sendo um destinado à alimentação do dispositivo, conectado ao pino 5V do Arduino e o outro cabo à entrada digital 6, também sendo necessário um resistor de 10 K Ω entre a entrada digital e o GND do Arduino. De acordo com a WRFComercial (2021), a seguir estão as especificações do sensor:

- Material: alumínio;
- Sensor *reed switch* com auto esvaziamento;
- Diâmetro colete: 147 mm;
- Leitura a cada 0,25 mm (4 pulsos = 1 mm de precipitação);
- Erro máximo de 3% (até 50 mm/h) e 7% (até 90 mm/h);
- Altura: 160 mm;
- Peso: 280 g;

4.4.5 Módulo micro SD

O módulo micro SD (Figura 8) é responsável pelo armazenamento dos dados meteorológicos coletados pela estação. O Módulo se comunica através da interface SPI com sinal de nível 3.3V, mas internamente possui um regulador permitindo a ligação de placas e controladores que trabalham com 5V, que é o caso do Arduino, segundo o *site* Baú da Eletrônica (2021).

Figura 8 - Módulo Micro SD



Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-cartao-micro-sd/>

O módulo é composto por 4 pinos, de acordo com o mesmo *site*, sendo eles:

- **CS:** (*Chip Select*). Os dados são transferidos usando uma SPI (*Serial Peripheral Interface*) padrão. Isto significa que dispositivos podem transmitir dados usando a mesma linha de transmissão. O dispositivo irá receber todos os dados, mas só irá

interpretá-los quando selecionado. Isto é o que este pino faz, quando em Zero qualquer dado é ignorado, conectado ao pino digital 4 do Arduino;

- **MOSI:** (*Master Out Slave In*). Esta é uma das formas de comunicação de dispositivos conforme comentado acima na SPI. Na configuração, o microcontrolador é o Mestre, enquanto o módulo é o escravo. Conectado ao pino digital 11 do Arduino;
- **SCK:** (*Serial Clock*). Este é a saída do que for considerado o mestre que sincroniza os dados. Conectado ao pino digital 13 do Arduino;
- **MISO:** (*Master In Slave Out*). Diferentemente do MOSI, o Mestre é a entrada e o Escravo a saída. Conectado ao pino digital 12 do Arduino;
- **GND:** Conectado ao terrado do Arduino.

4.4.6 Módulo RTC DS3231

E por último, o módulo RTC DS3231 (*Real Time Clock*) foi utilizado para gravar data e hora das medições da estação (Figura 9). Segundo o *site* FilipeFlop (2021), o RTC “é um relógio de tempo real de alta precisão e baixo consumo de energia, sendo capaz de fornecer informações como segundo, minutos, dia, data, mês e ano”. Para fazer a ligação do módulo são utilizados 4 pinos, o SCL (conectado à porta analógica A4), o DAS (conectado à porta analógica A5), o VCC (conectado ao 5V) e o GND (conectado ao GND). De acordo com o mesmo *site*, as especificações do módulo são estas:

- Tensão de operação: 3,3 – 5V;
- Interface: I2C;
- *Chip* de memória: AT24C32, com capacidade de 32 Kb, que podem ser usadas como RAM estendida do microcontrolador;
- Circuito de detecção de falha de energia;
- Dimensões: 38 x 22 x 14 mm;
- Peso: 8g.

Figura 9 - Módulo RTC

Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/real-time-clock-rtc-ds3231/>

4.2 Montagem e Testagem da Mini-Estação

Após a aquisição de todos os componentes necessários, deu-se início a montagem da miniestação meteorológica. Todos os componentes foram testados individualmente antes da soldagem do circuito completo, com todos os sensores e módulos.

Verificado o funcionamento de todos os componentes, foi feita a soldagem dos fios na placa de circuito impresso e conectados ao Arduino, mostrado na Figura 10.

Para a verificação do funcionamento simultâneo de todos os componentes da estação, ou seja, todos eles conectados ao Arduino ao mesmo tempo, foi necessária a junção dos códigos de cada componente, feitos na linguagem C de programação. Os códigos dos sensores de chuva (pluviômetro) e de direção e velocidade do vento (biruta e anemômetro) foram fornecidos pela empresa no momento da compra, já os códigos dos outros sensores e módulos estão disponíveis no próprio *software* do Arduino (IDE Arduino).

Após a verificação do funcionamento da estação já completamente montada foi iniciado o período de coleta de dados.

Figura 10 – Estação alternativa instalada no local de coleta dos dados



Fonte: Arquivo Pessoal

Para coletar os dados, a estação foi instalada na região periférica de Nepomuceno. No período de 01/09/2021 a 06/09/2021 foram coletados dados de temperatura e umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento e pressão atmosférica, não houve ocorrência de chuvas, por isso a falta dos dados de precipitação.

Durante este período, foram coletados também os dados de previsão do tempo do *site* Climatempo, sendo consideradas as mesmas variáveis atmosféricas medidas pela estação meteorológica. Posteriormente foram feitos os gráficos e tabelas, afim de comparação dos dados, com o objetivo de avaliar a precisão e eficácia dos dados produzidos pela estação meteorológica com base nos dados de previsão do tempo divulgados pelo Climatempo (<https://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/15-dias/cidade/1619/nepomuceno-mg>).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Dados Primários, Previsão do Tempo e Análise Comparativa

Para fazer a coleta de dados, a estação meteorológica foi instalada na periferia da cidade de Nepomuceno, ficando instalada por 7 dias, entre os dias 01/09/2021 e 06/09/2021. Os dados foram coletados de 30 em 30 minutos, porém, para análise, foram considerados os dados de 00:00h, 06:00h, 12:00h e 18:00h, horário mundial da meteorologia, de acordo com a OMM (Organização Meteorológica Mundial), tanto da estação, quanto da previsão do tempo, que foram coletados e armazenados diariamente.

5.1.1 Comparação entre os dados de Temperatura

Através das Tabelas 1 e 2 é possível fazer uma análise do comportamento da temperatura durante o período de coleta. Em negrito estão as maiores temperaturas (entre horários analisados) registradas no dia. É possível perceber o aumento da temperatura registradas no período das 12h (01 a 06/09). Esse aumento ao longo dos 5 dias de registro resultou em uma amplitude térmica de 10,8°C durante os dias analisados. Já as temperaturas mínimas não apresentaram grande diferença, a mínima mais baixa registrada foi 10,2°C às 6h da manhã do dia 01 e a maior mínima alcançou 15°C registrada no dia 02 no mesmo horário, havendo uma amplitude de 4,8°C entre elas. A maior média de temperatura foi registrada no dia 06 registrando 25,2°C e a menor foi registrada no dia 01 com 17,9°C ocasionando uma amplitude de 7,3°C.

Os dados de previsão do tempo do Climatempo (2021) mostram um mesmo comportamento das temperaturas registradas pela estação meteorológica. A menor temperatura máxima também foi registrada no dia 01 e a maior no dia 06, 23 e 32°C, respectivamente, tendo uma amplitude de 9°C, em relação aos 10,2°C da estação, ambas registradas às 12h. A exemplo da estação, a temperatura mínima também foi registrada no dia 01, às 6h da manhã, sendo 13°C na previsão do tempo contra 10,2°C da estação, enquanto a maior mínima foi registrada no dia 06 também às 06 da manhã, diferente da estação, que registrou a maior mínima no dia 02. A menor média de temperatura foi registrada no dia 01, 18°C e a maior no dia 06, 24,7°C, mesmo comportamento da estação meteorológica. As médias registradas entre a estação e a previsão do tempo demonstraram pouca variação, sendo a maior delas no dia 05, uma diferença de 1,1°C a

mais na previsão do tempo. O Gráfico 1 demonstra a semelhança entre os dados de temperatura da estação meteorológica e da previsão do tempo.

Tabela 1 - Temperatura em °C coletadas pela estação meteorológica

Temperatura em °C						
	01/09/2021	02/09/2021	03/09/2021	04/09/2021	05/09/2021	06/09/2021
00:00h	15,2	16,3	17,3	15,2	15,6	25,5
06:00h	10,2	15	10,8	11,1	11,3	12,2
12:00h	23,3	24,5	26	29,1	32,2	34,1
18:00h	23,1	27	26,4	27,5	25,5	29,3
Média	17,9	20,7	20,1	20,7	21,6	25,2

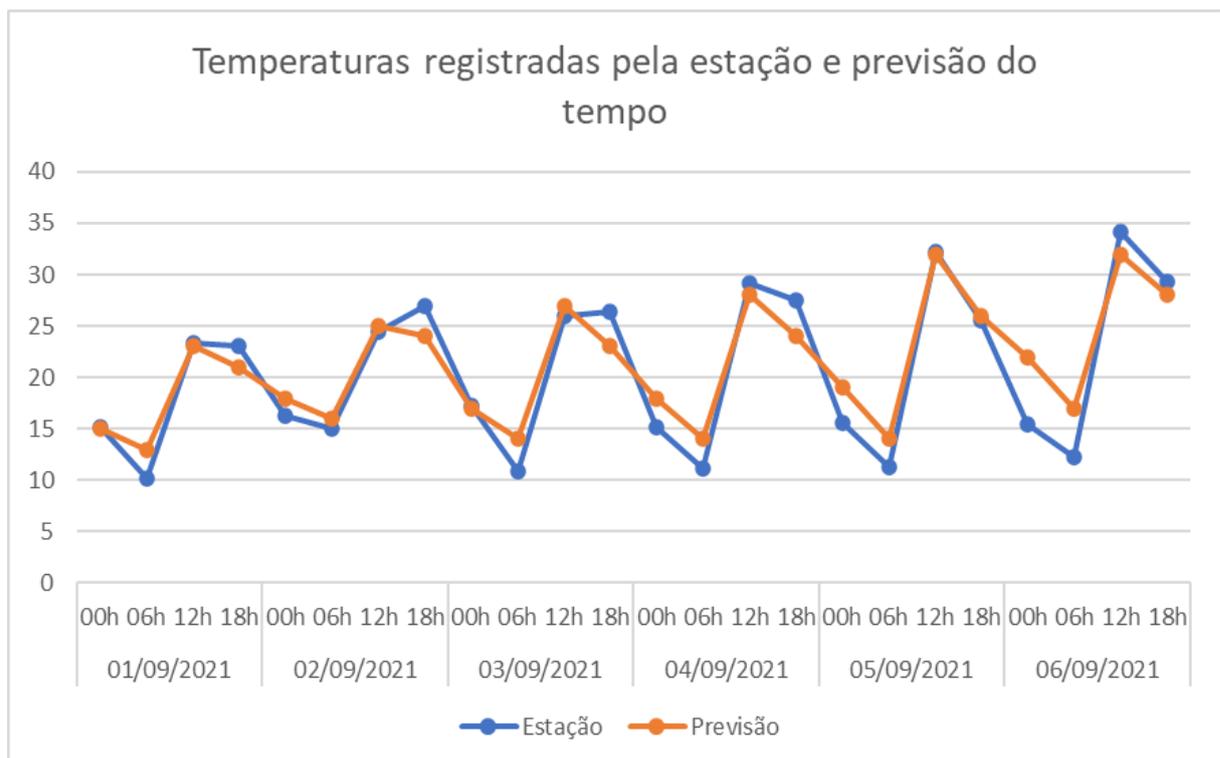
Fonte: Autor (2021)

Tabela 2 - Temperatura em °C registradas pela previsão do tempo

Temperatura em °C						
	01/09/2021	02/09/2021	03/09/2021	04/09/2021	05/09/2021	06/09/2021
00:00h	15	18	17	18	19	22
06:00h	13	16	14	14	14	17
12:00h	23	25	27	28	32	32
18:00h	21	24	23	24	26	28
Média	18	20,7	20,2	21	22,7	24,7

Fonte: Climatempo (2021)

Gráfico 1 – Temperaturas registradas pela estação alternativa e previstas pelo Climatempo



É possível visualizar através do Gráfico 1 que a estação meteorológica construída a partir do Arduino e a previsão do tempo do *site* Climatempo se assemelham bastante, havendo pouca ou, em alguns momentos, nenhuma variação entre elas, corroborando, por conseguinte, a eficácia da previsão do tempo e da estação alternativa.

5.1.2 Comparação entre os dados de Umidade Relativa do ar

Os dados de umidade relativa do ar coletados pela estação meteorológica (Tabela 3) mostram que a umidade tem grande oscilação entre os períodos do dia e da noite. Durante a noite a umidade chegou a bater mais de 90% em todos os dias e 99,9% em todos os dias às 6h da manhã. Após o nascer do sol, a umidade foi caindo rapidamente, com uma amplitude de até 70,8% nos dias 05 e 06. Nos horários utilizados para análise dos dados, em todos os 7 dias o horário com menor índice de umidade relativa do ar foi às 12h, e o maior índice foi observado às 6h da manhã. Assim como visto na temperatura, os dias foram ficando cada vez mais secos, devido ao aumento da temperatura do ar ao longo dos 5 dias de coleta, porém as médias podem mascarar o que realmente ocorre. Todas as médias obtidas são consideradas índices altos de umidade relativa do ar, porém, durante o dia não é isso que acontece, os níveis se mostraram alarmantes, isso demonstra que estudos climatológicos baseados nas médias não mostram a realidade das ocorrências, mas, para fins de ilustração, eles demonstram que a umidade relativa do ar caiu dia após dia neste intervalo de tempo.

Tabela 3 - Umidade relativa do ar coletados pela estação meteorológica

Umidade relativa do ar						
	01/09/2021	02/09/2021	03/09/2021	04/09/2021	05/09/2021	06/09/2021
00:00h	93	91,1	90	92	91,8	92,5
06:00h	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9
12:00h	58	58,8	55	47,3	29,1	29,1
18:00h	54,2	43	42	42,5	28	28
Média	76,3	73	71,5	70,42	62,2	62,3

Fonte: Autor (2021)

Os dados de umidade relativa do ar da previsão do tempo (Tabela 4) se diferem bastante aos dados da estação meteorológica, principalmente no período da noite. Como mostrado na tabela anterior, às 6h em todos os dias a estação marcava 99,9% de umidade, já na previsão do tempo a maior umidade para este horário foi de 85%. Mesmo com uma diferença considerável, o comportamento desta variável foi o mesmo tanto na estação, quanto na previsão, com o passar

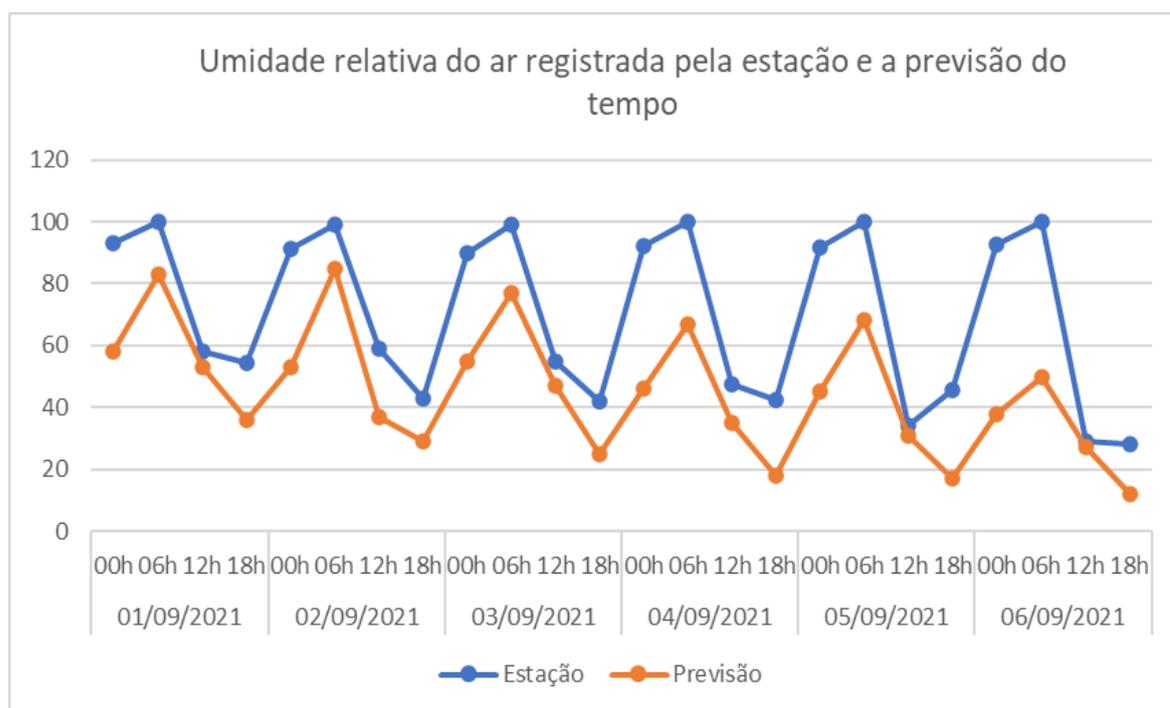
dos dias a previsão era de tempo cada vez mais seco, chegando a 12% no dia 06. O horário mais seco do dia foi às 18h, havendo também uma diferença considerável, porém o mesmo comportamento entre os dados da estação e da previsão. A média da previsão do tempo ficou mais próxima da realidade, mas ainda assim não a representa, pois há grande amplitude entre o horário mais seco e a média e entre o horário mais úmido e a média. O Gráfico 2 ilustra os dados comparados.

Tabela 4 - Umidade relativa do ar registrada pela previsão do tempo

Umidade relativa do ar						
	01/09/2021	02/09/2021	03/09/2021	04/09/2021	05/09/2021	06/09/2021
00:00h	58	53	55	46	45	38
06:00h	83	85	77	67	68	50
12:00h	53	37	47	35	31	27
18:00h	36	29	25	18	17	12
Média	57,5	51	51	41,5	40,2	31,7

Fonte: Climatempo (2021)

Gráfico 2 – Umidade Relativa do ar registrada pela estação e prevista pelo Climatempo



O Gráfico 2 mostra a diferença considerável entre os dados de umidade relativa do ar da estação meteorológica e da previsão do tempo. Porém, é possível observar que há o mesmo padrão entre os dois, havendo maior semelhança nos horários após o nascer do sol,

representados no gráfico às 12h e às 18h. A estação registrou umidades muito mais altas que a previsão do tempo, podendo ser motivado pela região em que a estação foi instalada, próxima a muitas árvores e a um córrego, além de ser uma região de poucas construções e sem pavimentação, podendo haver interferência do orvalho ao amanhecer, além da proximidade do sensor DHT22, estando a aproximadamente 1,5 metros do solo, explicando o porquê dos 99,9% de umidade às 6h da manhã em todos os dias.

5.1.3 Comparação entre os dados de Pressão Atmosférica

Os dados de pressão atmosférica obtidos pela estação meteorológica (Tabela 5) apresentam pouca variação entre os horários e entre os dias. Mas, da mesma forma que as outras variáveis, a pressão atmosférica foi caindo durante os dias. Nos dias 01, 02 e 03, os horários que registraram maior pressão atmosférica foi às 00h, já nos dias 04, 05 e 06 foi às 06h. O horário que registrou menor pressão atmosférica em todos os dias foi às 18h. A média para esta variável condiz com a realidade, pois não houve grande variação de pressão durante o dia e nem durante a semana, não havendo distorção da realidade neste caso.

Tabela 5 - Pressão atmosférica em hPa coletada pela estação meteorológica

Pressão atmosférica em hPa						
	01/09/2021	02/09/2021	03/09/2021	04/09/2021	05/09/2021	06/09/2021
00:00h	932,54	928,58	926,8	923,98	923,93	922,61
06:00h	931,62	928,13	926,39	924,07	925,16	923,73
12:00h	928,45	927,54	925,54	924,01	921,99	921,9
18:00h	926,08	923,69	921,91	921,22	919,83	918,3
Média	929,7	927	925,2	923,3	922,7	921,6

Fonte: Autor (2021)

Os dados de previsão do tempo para pressão atmosférica em relação aos dados da estação mostraram um padrão de variação, de aproximadamente 90 hPa. As maiores pressões para a previsão do tempo foram registradas às 12h, com exceção do dia 06, que registrou às 06h, diferente dos dados da estação meteorológica, que registrou as maiores pressões às 00h e às 06h. As pressões mínimas foram registradas no mesmo horário, às 18h. Mesmo com uma certa diferença entre os dados, eles possuíram o mesmo padrão, registrando menores pressões atmosféricas a cada dia, o que mostra as médias diárias, registrando menores índices de pressão atmosférica, com exceção do dia 06 para a previsão do tempo, que registrou um aumento de 1hPa com relação ao dia anterior, enquanto a estação meteorológica registrou queda de 1,1hPa.

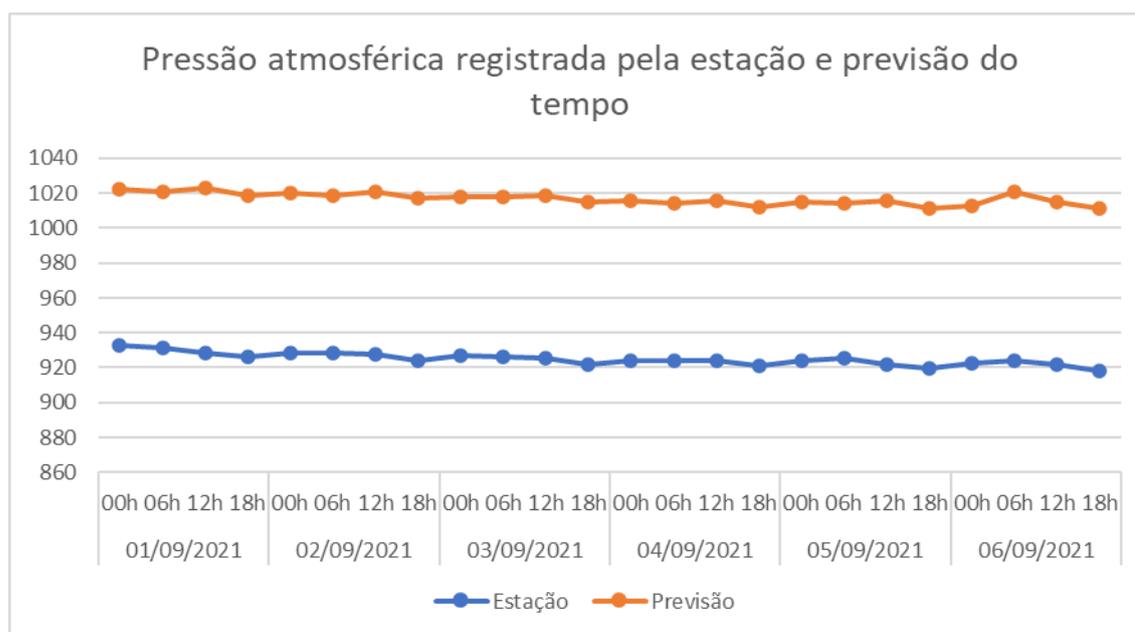
O Gráfico 3 mostra o comportamento padrão entre os dados de previsão do tempo projetados a partir das imagens de satélite e da colhidos pela estação meteorológica para a pressão atmosférica.

Tabela 6 - Pressão atmosférica em hPa registrada pela previsão do tempo

Pressão atmosférica em hPa						
	01/09/2021	02/09/2021	03/09/2021	04/09/2021	05/09/2021	06/09/2021
00:00h	1022	1020	1018	1016	1015	1013
06:00h	1021	1019	1018	1014	1014	1021
12:00h	1023	1021	1019	1016	1016	1015
18:00h	1019	1017	1015	1012	1011	1011
Média	1021,2	1019,2	1017,5	1014,5	1014	1015

Fonte: Climatempo (2021)

Gráfico 3 – Pressão atmosférica colhida pela estação e prevista pela Climatempo



O Gráfico 3 mostra que apesar de os dados terem uma diferença aproximada de 90hPa, eles apresentaram o mesmo padrão, pouca variação horária e diária e um decréscimo bastante semelhante.

5.1.4 Comparação entre os dados de Velocidade do Vento

Os dados de velocidade do vento coletados pela estação meteorológica (Tabela 7) mostraram que houve pouca ocorrência de ventos mais fortes e em muitos momentos não houve

ocorrência. Não houve um padrão entre as velocidades registradas, nem horário e nem diário. A maior velocidade registrada foi no dia 02, 8,2 km/h às 00h. O horário que mais houve registro de vento foi às 12h, às 06h não houve nenhum registro. As médias não demonstram a realidade, pois houveram muitos momentos com nenhuma ocorrência de vento.

Tabela 7 - Velocidade do vento em km/h coletados pela estação

Velocidade do vento em km/h						
	01/09/2021	02/09/2021	03/09/2021	04/09/2021	05/09/2021	06/09/2021
00:00h	1,3	8,2	0	0	0	0
06:00h	0	0	0	0	0	0
12:00h	5,2	0	1,33	2,8	7,98	2,66
18:00h	2,7	4,2	0	0	0	3,1
Média	2,3	3,1	0,3	0,7	1,9	1,4

Fonte: Autor (2021)

Como visto na Tabela 8, os dados de velocidade do vento da estação meteorológica são completamente diferentes dos dados da previsão do tempo, os números apontados por ela são muito maiores que os registrados pela estação. Não há nenhum padrão entre os dados comparados, na previsão do tempo não houve nenhum momento sem ocorrência de ventos, o contrário da estação meteorológica, que não registrou vento nenhum em 14 momentos. No dia 01, para a previsão do tempo é o dia com maior velocidade do vento, registrando a máxima de 30 km/h, enquanto o dia 04 é o que possui a menor velocidade registrada, 8 km/h e menor média, 10 km/h. Porém, neste caso as médias também não são fiéis à realidade, apenas nos dias 01 e 02 houve pouca diferença entre a média e a maioria das velocidades registradas.

Tabela 8 - Velocidade do vento em km/h registrado pela previsão do tempo

Velocidade do vento em km/h						
	01/09/2021	02/09/2021	03/09/2021	04/09/2021	05/09/2021	06/09/2021
00:00h	30	20	17	6	13	11
06:00h	25	16	17	11	21	10
12:00h	30	16	14	15	21	15
18:00h	27	18	9	8	18	10
Média	28	17,5	14,2	10	18,2	11,5

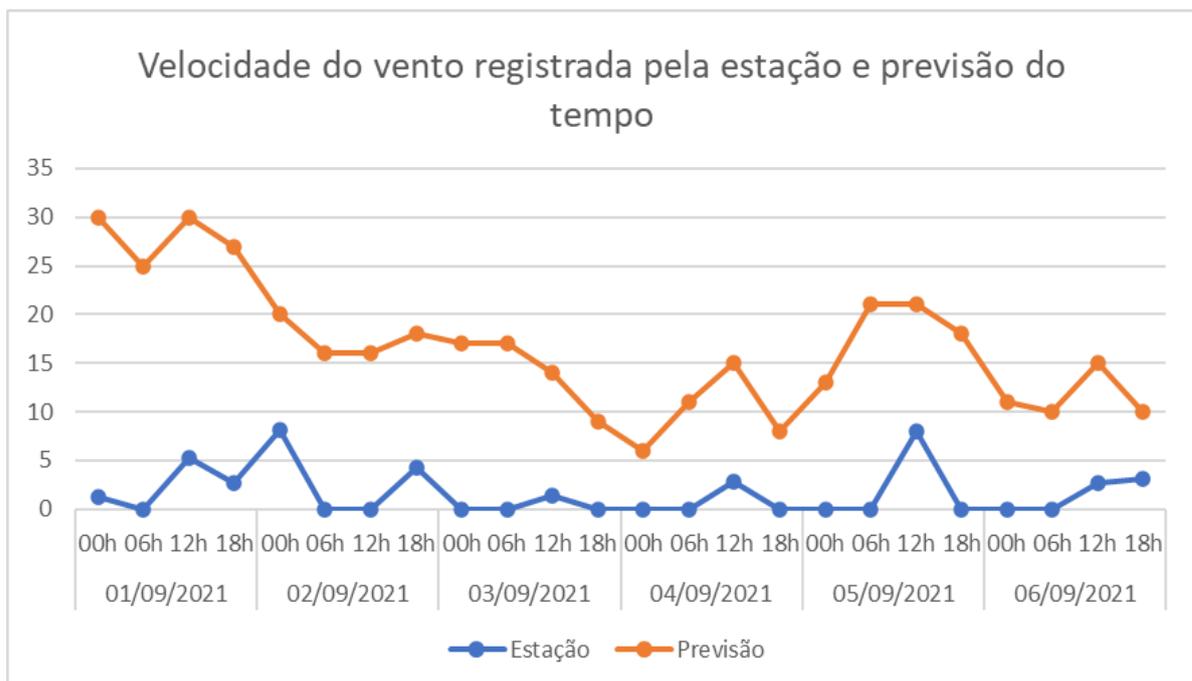
Fonte: Climatempo (2021)

A seguir, o Gráfico 4 apresenta pouca, ou quase nenhuma, semelhança entre os dados de velocidade do vento da estação meteorológica comparada à previsão do tempo. Isso deve-se, provavelmente aos movimentos locais de absorção e transferência de calor pela superfície em

nível e ação pontual que acaba por impedir que o modelo computacional utilizado para calcular a previsão do tempo alcance êxito na projeção que faz, pois aspectos particulares dos materiais presentes, incluído nesse cômputo o albedo e rugosidade do relevo acabam por influenciar a movimentação local do ar, conferindo ao anemômetro eficácia maior no registro do deslocamento ocorrido por se encontrar inserido nesse contexto dinâmico de trocas e interferências.

Como é possível observar (Gráfico 4), o anemômetro é o sensor que obteve maior oscilação comparado aos dados de previsão do tempo. Conforme mencionado anteriormente, a questão pertinente a essa diferença nos índices está ligada aos aspectos específicos da paisagem local que não são analisados com eficácia pelo modelo computacional em razão da transitoriedade que podem ocasionar na soma dos fatores que se somam nessa velocidade que o deslocamento do ar alcança a partir da absorção e transferência de energia que a superfície faz do calor com base no albedo que possui e na influência exercida pela rugosidade do relevo, bloqueios e corredores ocasionados pela vegetação e construções antrópicas, umidade local, e, potencialização ou enfraquecimento da movimentação atmosférica dentre outros. No entanto, é possível reafirmar que por se encontrar inserido no contexto dinâmico do local, o anemômetro alcança maior precisão no registro da velocidade do vento, captando toda e qualquer nuance de deslocamento ocasionado pelas questões supracitadas que o modelo computacional ainda não consegue contabilizar com a devida acurácia.

Gráfico 4 – Velocidade do vento registrada na estação e prevista pelo Climatempo



5.1.5 Comparação entre os dados de Direção do Vento

Na Tabela 9 encontram-se relacionados os dados de direção do vento coletados pela estação meteorológica. Também estão identificados os momentos em que não houve ocorrência de ventos, portanto, sem dados de direção do vento, representados pelo sinal de asterisco (*). Nos dois primeiros dias, é possível perceber a predominância dos ventos na direção Sudeste (SE), com variações para o Leste (E) e Sul (S). No dia 03 houve uma mudança de direção do vento para o Oeste (O) e no dia 04 para o Norte (N), o mesmo acontece no dia 05. No dia 06 o vento volta a soprar para as direções Leste (E) e Sudeste (SE).

Tabela 9 - Direção do vento coletadas pela estação meteorológica

Direção do vento						
	01/09/2021	02/09/2021	03/09/2021	04/09/2021	05/09/2021	06/09/2021
00:00h	SE	SE	*	*	*	*
06:00h	*	*	*	*	*	*
12:00h	E	*	SW	N	N	E
18:00h	SE	S	*	*	*	SE
*	Não houve ocorrência de ventos					

Fonte: Autor (2021)

Os dados do Climatedo (Tabela 10) para direção do vento possuem os pontos cardeais, colaterais, além dos pontos subcolaterais.

Tabela 10 - Direção do vento registrados pela previsão do tempo

Direção do vento						
	01/09/2021	02/09/2021	03/09/2021	04/09/2021	05/09/2021	06/09/2021
00:00h	E	SSE	NNE	NW	E	NNW
06:00h	NE	SE	NE	NNW	NE	SSW
12:00h	E	SSE	NNE	NNE	NNE	SSW
18:00h	E	SE	NNW	NE	NW	SSW

Fonte: Climatedo (2021)

Alguns dados diferem daqueles relacionados pela estação, porém é possível notar uma semelhança entre eles, no dia 01, tanto os dados da estação, quanto os dados do Climatedo apontavam para direções mais ao leste, com exceção do horário das 06h, quando a estação não projetou nenhum dado. No dia 02 também há uma semelhança, os ventos continuam sendo soprados mais para o Leste e Sul. No terceiro dia há uma grande discrepância, o único dado registrado pela estação é a direção contrária da previsão, SW e NNE, respectivamente. No

quarto e no quinto dia as direções também foram semelhantes. Nos dois dias às 12h a estação mostrava que o vento soprava para o Norte (N), enquanto na previsão indicava que o vento soprava para a direção NNE (nor-nordeste). Já no último dia as direções se divergem nos horários em que houve ocorrência de vento registrada pela estação, às 12h e 18h, Leste e Sudeste, respectivamente, enquanto a previsão do tempo previa as direções sul-sudoeste para ambos horários.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados que foram produzidos pela estação meteorológica e os dados de previsão do tempo dispostos pelo *site* Climatempo, foi possível fazer algumas análises acerca dos sensores utilizados na construção da estação meteorológica e dos dados de previsão.

Feita a comparação entre todos os dados, o sensor que registrou dados mais próximos daqueles previstos pelo instituto consultado foi o DHT22, que mede a temperatura e a umidade do ar. Os dados de temperatura seguiram os mesmos padrões da previsão do tempo, tanto na escala horária, quanto na escala diária, como foi visto no Gráfico 1. Já os dados de umidade relativa do ar oscilaram bastante, principalmente no período da noite, provavelmente devido às condições do local em que a estação meteorológica estava instalada, proximidade com o solo, presença de árvores ao seu redor, além de um pequeno córrego a cerca de 500 metros do local instalado. Todos esses fatores podem ter influenciado no registro dos dados, visto que durante o dia as medições se aproximaram mais da previsão consultada.

O sensor de pressão atmosférica, BMP280, também mostrou ser bastante preciso, comparado à previsão do tempo. Mesmo que os dados tenham dado uma diferença de aproximadamente 90 hPa, tiveram comportamento extremamente semelhantes, com variações muito próximas nas escalas horária e diária.

O anemômetro, responsável por medir a velocidade do vento e o indicador de direção do vento (biruta) foram os sensores que menos se assemelharam aos dados de previsão do tempo. A biruta obteve maior semelhança entre eles, porém, os dados coletados foram insuficientes para a comparação. Vários fatores também podem ter influenciado na precisão do anemômetro, o relevo do local instalado, a ocorrência de árvores ao redor da estação, mesmo que não estejam tão próximas a ela, mas podendo ocasionar o bloqueio parcial do vento, além de diversos outros fatores, ou, simplesmente os dados foram coletados corretamente e a previsão do tempo considera ventos com maior altitude para divulgação.

Em conclusão, a estação meteorológica construída através do Arduino possui enorme potencial para suprir as demandas da sociedade e preencher as lacunas existentes na produção de dados meteorológicos em regiões onde não há estações meteorológicas, sendo este o caso da presente pesquisa. Além disso, as estações alternativas podem fornecer à pequenos produtores rurais um monitoramento climático, crucial para a otimização da produção, além de auxiliar nas tomadas de decisões, devido ao seu baixo custo de produção e facilidade de montagem e instalação; além de fomentar a pesquisa do clima e do tempo, que se fazem urgentes atualmente. Por outro lado, as previsões do tempo são instrumentos necessários para a população em geral, enquanto não temos uma rede de estações meteorológicas que abrange todas as regiões do país, ela supre as necessidades da sociedade, tanto nas escalas social e cultural, quanto econômica.

Enfim, foi possível constatar com base nos dados registrados pela estação meteorológica, sobretudo em relação ao vento e unidade relativa do ar que há uma necessidade de expansão da rede de coleta de dados de superfície, pois, por situarem-se no contexto dinâmico da paisagem, esses equipamentos oferecem dados com a acurácia que a previsão não vai conseguir alcançar, pois não tem como computar em suas análises as especificidades que prevalecem nos diversos lugares – rugosidade do relevo, intervenções antrópicas, alteração da paisagem e demais aspectos particulares.

Com base nisto, entende-se que o presente trabalho alcançou os objetivos propostos e estimula o prosseguimento das pesquisas que proporcionem complementação na coleta e análise de dados de superfície, comparando os dados registrados na estação alternativa com aqueles obtidos nas demais convencionais ou automáticas que se encontram instaladas em diferentes lugares, sobretudo estando instaladas próximas.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, Í. R. N. Algumas considerações sobre mudanças climáticas e eventos atmosféricos severos recentes no Brasil. Depto. de geografia- IGCE/UNESP. **Revista CLIMEP**, vol.1, nº1, 2006.
- BALBINO, A. **Estação meteorológica: como funciona e sua importância na agricultura**. 2016. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/blog/estacao-meteorologica-funciona-importancia-agricultura/>. Acessado em: 05 de setembro de 2021.
- BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator**, v.8, p. 255-261, out, 2009. 10.4215/RM2009.0816.0019.
- BLANK, D. M. P. - O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. **Mercator**, v.14, p. 157-172, ago, 2015. 10.4215/RM2015.1402. 0010.
- CUNHA, D. G. F.; VECCHIA, F. A. S. As abordagens clássica e dinâmica de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática. **Ciência e Natura**, UFSM, v. 29, n. 1, p. 137 – 149, 2007.
- DIAS, R. P. et al. **Desenvolvimento de estação meteorológica utilizando o Arduino**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia da Computação). Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA), Anápolis-GO, 2018.
- GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B.; GUERRA, A. J. T. Influência da Climatologia Rítmica sobre áreas de risco: O caso da região metropolitana do Recife para os anos de 2000 e 2001. **Revista de Geografia**, v. 24, p. 238 – 263, 2008.
- McROBERTS, M. **Arduino Básico**. Novatec, primeira edição, p. 20-38, set, 2011.
- MONTEIRO, C. A. F. O Clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas. São Paulo, **Série Teses e Monografias**, 28, USP/IGEOG, 1976.
- NOBRE, P. - Aquecimento global, oceanos e sociedade. **InterfacEHS**, v.3, p. 1-14, abr, 2008.
- SANTOS, J. W. M. C. Ritmo Climático e Sustentabilidade Sócio-Ambiental da agricultura comercial da soja no Sudeste de Mato Grosso. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v. 1, nº especial, p. 01 - 20, 2005.
- SILVA, M. S. D. et al. Desenvolvimento de um Termohigrômetro de baixo custo para estudos climáticos e ambientais. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, nov, 2018, Juiz de Fora – MG. **Anais**. Juiz de Fora, 2018. Disponível em: <http://www.abclima.ggf.br/sbcg2018/site/anais/>. Acessado em: set, 2019.
- SOUZA, R. A. et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.33, n. 1, art. 1702, jan, 2011.

STANHILL, G. Global Dimming: A new aspect of climate change. In: **Weather**. Volume 60, Issue 1, pages 11–14, January 2005.

TORRES, J. D. et al. Aquisição de dados meteorológicos através da Plataforma Arduíno: construção de baixo custo e análise de dados. **Scientia Plena**, v. 11, n. 2, não paginado, jan, 2015.

VALENTINI, R. **Agriculture Development Facing a Climate Change Scenario**. Italy-CMCC. Apresentado no WIMC (Workshop Internacional de Mudanças Climáticas) nos dias 13 e 14 de outubro de 2011, Campinas-SP, 2011.

www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-press-o-e-temperatura-bmp280.html

www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/o-que-e-um-arduino-e-o-que-pode-ser-feito-com-ele.html

www.tupinambot.com.br/produto/sensor-de-temperatura-ds18b20-encapsulado/

ZAVATTINI, J. A; BOIN M. N. **Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas - SP: Alínea, 2013.