



## DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA PORTÁTIL E AUTOSSUSTENTÁVEL

Mateus Araújo Beletti\*<sup>1</sup>, Vinícius Marcos Pinheiro<sup>1</sup>, Augusto Wohlgemuth Fleury Veloso da Silveira<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>FEELT – Universidade Federal de Uberlândia

**Resumo** - Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma estação meteorológica portátil e autossustentável para monitorar temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos e intensidade solar. Os sensores, alimentados por placas solares, fornecem dados meteorológicos que são interpretados por um microcontrolador, sendo enviados posteriormente por intermédio de um módulo GSM para o celular do proprietário e recebidos por meio de um aplicativo de trocas de SMS, possibilitando, assim, receber informações a longa distância sem o uso da internet, empregando apenas redes de telefonia móvel.

**Palavras-Chave** - autossustentável; estação meteorológica; módulo GSM; portátil; SMS.

### DEVELOPMENT OF A PORTABLE AND SELF-SUSTAINABLE WEATHER STATION

**Abstract** - This academic work presents the development of a portable and self-sustainable weather station to monitor temperature, atmospheric pressure, relative humidity, wind speed and solar intensity. The sensors, powered by solar panels, provide meteorological data that are interpreted by a microcontroller, being sent later through a GSM module to the owner's cell phone and received through an SMS exchange application, thus allowing to receive information long distance without using the internet, using only mobile phone networks.

**Keywords** - GSM module; meteorological station; portable; self-sustaining; SMS.

\*mateus.beletti@ufu.br

## I. INTRODUÇÃO

As informações climáticas têm grande importância para a sociedade pós moderna em diversas áreas. Dessa forma, a obtenção destas informações o armazenamento e posteriormente a análise, todas de forma instantânea, permite o homem moderno prever com um significativo nível de precisão quando alguns estados climáticos irão influenciar de maneira considerável o ambiente a sua volta e com isso

possibilitar a tomada de decisões adequadas visando o benefício próprio.

Já na área da agricultura, torna-se importante desde o processo do plantio até a colheita, pois esses processos dependem de vários fatores climáticos [1]. Nesse contexto, o Brasil encontra-se em destaque, seja por grandes ou pequenos proprietários rurais que, por meio da mídia digital, tendem a interagir com grupos e trocar informações. Contudo, a maioria dos pequenos produtores ainda se baseia em conhecimento popular para plantio e quando buscam algum meio para obter informações, como por exemplo os sites de clima, obtém informações imprecisas ou muitas vezes errôneas, pelo fato de que as medições oferecidas por sites tendem a abranger grandes áreas, não sendo o clima exato do local de onde ocorrerá o plantio, diminuindo sua precisão.

Diante deste problema, torna-se importante o desenvolvimento de equipamentos como a estação meteorológica, que, além de permitir o produtor ter acesso às informações climáticas de forma instantânea, também tem como objetivo buscar uma melhor interação homem-campo visto que, o aumento da produtividade é reflexo do domínio de informações precisas, e assim sendo, reformulada a estrutura produtiva da Agricultura 4.0. A flexibilidade entre os fatores produtivos, como demonstra a função de Cobb-Douglas [2], poderá possivelmente apresentar um retorno crescente de escala de produção.

Somado a isto, a estação implementada possui como grande atrativo seu baixo valor de custo, possibilitando maior abrangência em relação aos pequenos proprietários rurais. É importante enfatizar, também, da atuação autônoma e sustentável da estação pelo fato de ser alimentada por uma bateria que é carregada por meio de placas fotovoltaicas, não necessitando, assim, estar conectada diretamente com a rede elétrica. Nesse sentido, tal equipamento não é prejudicial ao meio ambiente, uma vez que o mesmo é mantido por energia solar e irá apenas realizar a coleta dos dados em seu entorno referentes às condições ambientais.

## II. MATERIAIS UTILIZADOS

### A. Sensoriamento.

O desenvolvimento da estação fundamenta-se em uma gama de sensores, os quais são apresentados a seguir:

1) BMP/E-280 - Utilizado para mensurar a pressão atmosférica e altitude em relação ao nível do mar, é um sensor fabricado pela empresa BOSCH, de alta precisão e linearidade, baseado na tecnologia piezo-resistivo, que disponibiliza uma interface I<sup>2</sup>C para comunicação com o microcontrolador.

2) LDR (Light Dependent Resistor) - Utilizado para mensurar a intensidade luminosa, é um resistor cuja resistência varia com a intensidade da luz que incide sobre ele, de maneira que, quanto maior a intensidade luminosa, menor será sua resistência, sendo válida a recíproca, ou seja, menos luz resultará em uma maior resistência.

3) Hall Magnetic Sensor A3142 - É um sensor de alta sensibilidade baseado no efeito Hall que atua mensurando campos magnéticos ao seu redor, convertendo o sinal magnético em sinal elétrico sempre que um ímã passa pela sua parte sensível. O sensor foi utilizado na construção de um anemômetro do modelo de três conchas, empregado para realizar medições da velocidade do vento por meio da contagem de tempo entre as voltas.

4) DHT 22 - Constituído por dois sensores, sendo um sensor de temperatura e um sensor de umidade. O primeiro é um termistor do tipo NTC que permite realizar leituras entre 0 a 50 graus Celsius. Já o segundo, é um sensor do tipo HR202 que efetua medições da umidade relativa do ar em um intervalo que varia de 10 a 90%.

### B. Microcontrolador e Comunicação.

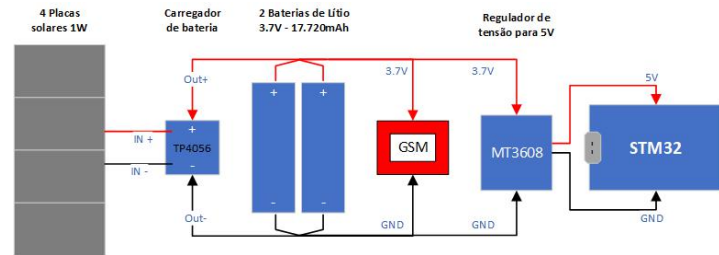
Além dos sensores apresentados anteriormente, é utilizado também um microcontrolador modelo STM32 da família de microcontroladores de 32 bits baseados no processador Arm® Cortex®-M, que possui um alto desempenho de processamento em relação ao seu baixo custo e facilidade de programação. Esse microcontrolador é o candidato ideal quando levada em consideração a necessidade de popularização da estação e também pelo fato de executar sua programação de forma contínua.

Para ocorrer a comunicação do microcontrolador com o celular do usuário foi utilizado um módulo baseado na linguagem de comandos AT de comunicação, o GSM SIM800L, que contém um *chip* de operadora de telefonia móvel e utiliza as redes de GSM para propagar informações a longa distância, com mínimo de interferência, visto que à ele é acoplada uma antena, aumentando seu poder de emissão.

### C. Alimentação do sistema.

Para alimentar todos os componentes descritos anteriormente com total eficácia, foi implementado o sistema representado na Figura 1, que é composto por: (1) placas solares, (2) carregador de bateria de lítio, (3) baterias, (4) regulador de tensão.

Figura 1: Esquema de alimentação da Estação.



Fonte: Autoria própria.

### D. Estruturas: anemômetro e revestimento da estação.

A construção das partes do anemômetro, feita em uma impressora 3D se dividiu do seguinte modo: 3 pás, ligadas à parte girante da montagem e a mesma, acoplada à parte interna de um rolamento e ao mesmo tempo à um eixo constituído de alumínio que contém um ímã na extremidade. Já na parte fixa que é a base da montagem, se encontra o sensor de efeito Hall, de maneira que sempre que o vento girar a parte móvel por meio das pás, o ímã possa girar juntamente contabilizando 1 volta frente ao sensor.

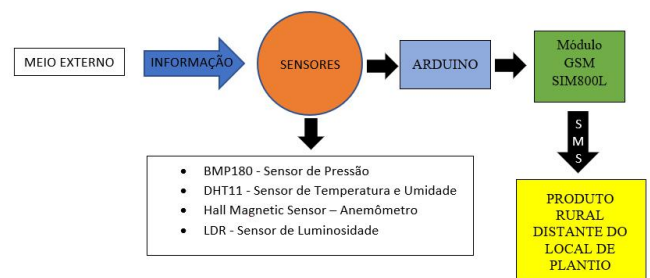
O revestimento da estação é composto por uma camada de acrílico transparente de 6mm mais externa, dando resistência e certo isolamento térmico. Já a camada mais interna é composta de isopor de 10mm, além do ar trabalhando como isolante, resultando em um melhor isolamento térmico.

## III. METODOLOGIA APLICADA

### A. Fluxo de informação

O esquema apresentado na Figura 2 evidencia o caminho que a informação percorre do meio externo (ambiente) até o usuário.

Figura 2: Interface do aplicativo.



Fonte: Autoria própria.

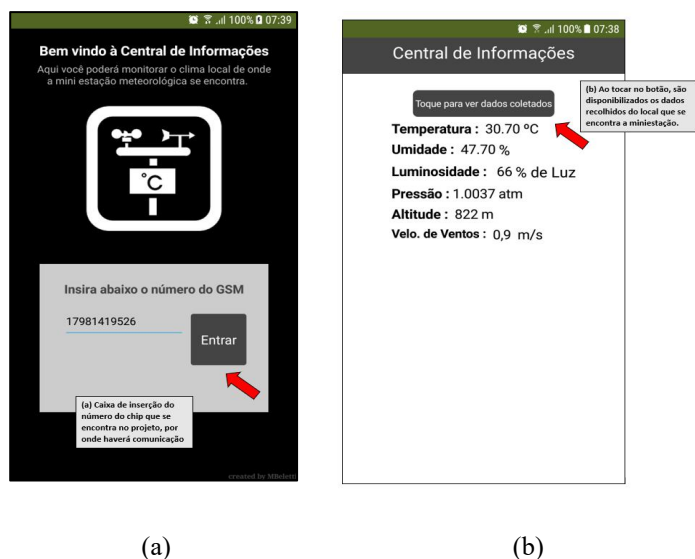
O meio externo fornece dados meteorológicos que são captados pelos sensores. Após a aquisição de dados pelos sensores, ocorre o processamento da informações pelo microcontrolador STM32 que tem uma programação definida em sua memória capaz de gerar uma lista na forma de uma *string* contendo as informações climáticas do ambiente, exemplo (30.70/47.70/66/1.0037/822/0.9), que será enviada via SMS para o celular do usuário por meio do módulo GSM SIM800L no qual é instalado um chip de operadora de telefonia móvel escolhida pelo proprietário. Esse SMS é interpretado pelo aplicativo, o qual organiza os dados recebidos sob pretexto de melhor a visualização das informações e facilitar o entendimento por meio da interface do aplicativo.

## B. Aplicativo.

No intuito de promover uma melhor visualização dos dados meteorológicos pelo usuário, foi desenvolvido um aplicativo denominado “Central de Informações” por meio da plataforma AppInventor, a qual disponibiliza uma gama de funcionalidades para a criação de aplicativos para smartphones, que além de ser gratuito, possui uma interface facilitada de programação por meio de blocos de comandos.

A funcionalidade do aplicativo se dá a partir do momento que SMS contendo uma lista é recebido no celular do usuário na forma de (30.70/47.70/66/1.0037/822/4.8) e será interpretado pelo aplicativo que nos valores separados pelas “ / ” há um dado que será disponibilizado em uma interface para facilitar a leitura e interpretação pelo usuário.

Figura 3: Interface do aplicativo.



Fonte: Autoria própria.

A utilização do aplicativo se dá da seguinte forma:

- 1) Inserção do número do *chip* que se encontra na estação (com DDD), como apresentado na Figura 3.a.
- 2) Após pressionar o botão de coleta de dados, será enviado um SMS do celular do usuário com o seguinte código “ \* para o número do chip que se encontra na estação.
- 3) Quando a estação receber esse código, servirá como um gatilho para a coleta dos dados meteorológicos e envio dos mesmos via SMS, na forma de lista, para o número que enviou o código.
- 4) Após a lista recebida, o aplicativo reorganiza as informações de maneira a facilitar sua leitura, como mostra a Figura 3.b.

## C. Consumo da estação

O método utilizado para estimar o consumo energético total da estação foi dividido em 3 etapas, da seguinte forma:

- 1) Elaboração da alimentação do sistema, para isso foram utilizadas um total de 4 placas solares de 5V e 1W conectadas em paralelo, gerando um total de 4W de potência. Por meio de um módulo carregador de bateria

modelo TP4056, no qual as placas são ligadas, juntamente com o regulador de tensão MT3608, ocorre o carregamento de duas baterias de Lítio de 3,7~4,2V com 8.860mAh, que, quando conectadas em paralelo, resultam em 17.720mAh de carga armazenada, empregada para manter a autonomia da estação durante o período sem sol. Na Figura 1 está melhor representado o arranjo das respectivas ligações.

- 2) Para determinar a autonomia da bateria foi realizado um balanço do gasto de energia em Stand by (quando o sensor está energizado, mas sem atuar) com cada um dos componentes e também durante suas medições, tendo, assim, o seu consumo total. Para facilitar o cálculo, foi organizada na Tabela I todos os dados de consumo provenientes dos datasheets dos componentes utilizados.

Tabela I: Consumo de corrente dos componentes

Componentes	Corrente em Stand by	Corrente durante medição
Módulo GSM - SIM800L	0,796mA	2000mA
Microcontrolador STM32	25mA	200mA
BMP/E-280	0,3µA	1414µA
DHT22	50µA	1.5mA
LDR	-	75mA
Hall Magnetic A3142	1,5mA	25mA
<b>TOTAL</b>	<b>27,3mA</b>	<b>2.302mA</b>

Fonte: [3], [4], [5], [6], [7] e [8].

- 3) Utilizando os dados obtidos nas etapas anteriores, é possível determinar o tempo de autonomia da Estação da seguinte forma:

$$T_A = \frac{E_T}{C_T} \quad (1)$$

Onde:

- $T_A$  - Tempo de autonomia.
- $E_T$  - Energia total armazenada nas baterias.
- $C_T$  - Consumo total da Estação durante uma medição.

Substituindo os valores de  $E_T$  e  $C_T$  por 17.720 e 2.302mAh, respectivamente, é possível obter pela equação 1, o tempo estimado de autonomia da Estação, na ausência de luz solar e utilizando sua potência máxima, é de aproximadamente 7 horas, o que não ocorrerá pelo fato de que as medições não são realizadas a todo momento. Dessa forma, sua autonomia será maior que a calculada anteriormente, visto que para as medições ocorrerem dependem apenas da solicitação do usuário, logo, quanto menos medições, menor será o gasto energético, aumentando assim a durabilidade da bateria.

## IV. RESULTADOS

Após a conclusão dos testes de funcionalidade e de captação dos dados realizados na cidade de Uberlândia-MG, foi possível comparar os dados obtidos pelos sensores com os fornecidos pela estação A507 do *site* do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. O *site* disponibiliza dados anuais de determinadas variáveis climáticas como: temperatura, umidade, pressão, ponto de orvalho, entre outros. O foco no presente trabalho foi mensurar as variáveis citadas

anteriormente no intervalo de 00h00min do dia 06 de fevereiro de 2020 às 23h59min do mesmo dia. Além disso, a interface do *site* se baseia em um gráfico diário da grandeza medida pelo horário, onde é possível visualizar com clareza os valores máximos e mínimos da grandeza mensurada no decorrer de um dia.

A seguir são apresentados os gráficos provenientes do INMET, bem como os obtidos por meio do sistema implementado, que são baseados na relação da variável climática pela medição, que varia de 1 a 25, sendo cada uma delas referente a uma divisão igualitária das horas do dia.

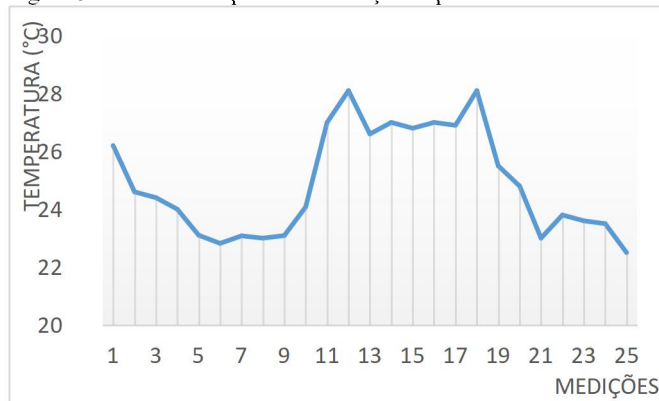
### A. Temperatura.

Figura 4: Curva de temperatura - INMET.



Fonte: [9].

Figura 5: Curva de temperatura - Estação implementada.



Fonte: Autoria própria.

Analisando a Figura 4 e Figura 5 é possível perceber uma equivalência nas curvas, em primeiro plano no seu formato e em segundo plano nos valores mínimos e máximos encontrados. Na curva da Figura 5 é possível notar que ocorrem alterações na temperatura local que não ocorrem na curva apresentada na Figura 4, da estação A507. Nesse sentido, o objetivo da estação é tornar possível a visualização de alterações ocorridas em determinados locais que não são perceptíveis em grande escala. O mesmo ocorre para as demais variáveis climáticas, visto que é obtida melhor precisão quando realizadas medições locais.

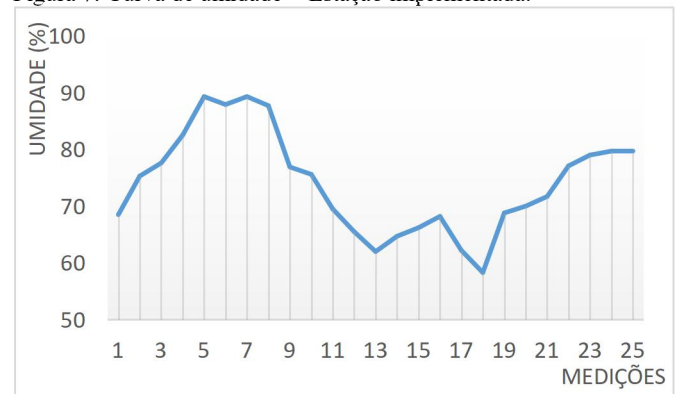
### B. Umidade relativa do ar.

Figura 6: Curva de umidade - INMET.



Fonte: [9].

Figura 7: Curva de umidade - Estação implementada.



Fonte: Autoria própria.

No caso da umidade é possível observar também a semelhança das curvas nas Figuras 6 e 7 que evidencia os valores mínimos e máximos do dia em ambos os casos. Porém, é possível notar que no intervalo das medições de 1 a 5 da Figura 7, a subida é mais abrupta na estação de medições locais do que na medição geral, evidenciada na Figura 6. Isso é devido a fatores locais onde foi realizada as medições, tais como a arborização ou a presença de fontes hídricas nas proximidades.

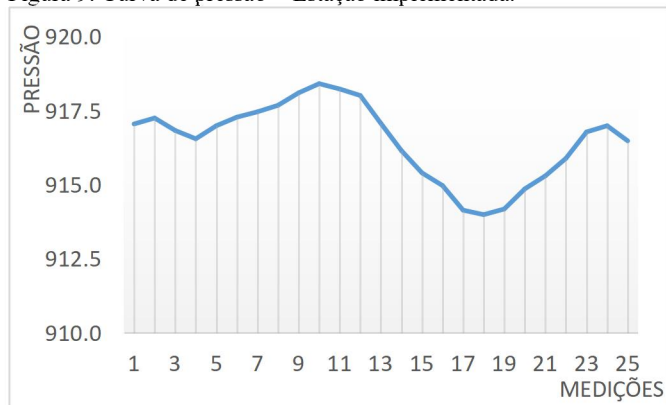
### C. Pressão.

Figura 8: Curva de pressão - INMET.



Fonte: [9].

Figura 9: Curva de pressão - Estação implementada.



Fonte: Autoria própria.

As Figuras 8 e 9 referem-se respectivamente aos dados de pressão fornecidos pelo INMET, advindos da estação A507 e os dados obtidos pela estação implementada. Tais curvas são as que mais se aproximaram na relação valores por horário da medição, o que demonstra a grande precisão do sensor empregado. Foi possível observar também que a pressão não varia tanto quando a comparação é realizada em um local específico ou em grandes áreas, diferente de outras variáveis climáticas, como a velocidade do vento.

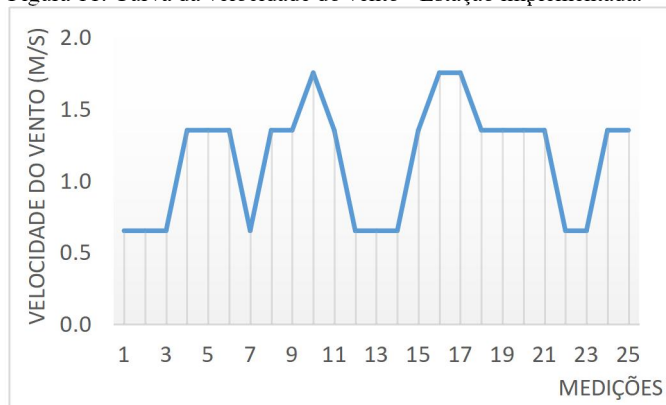
#### D. Velocidade do vento.

Figura 10: Curva da velocidade do vento - INMET.



Fonte: [9].

Figura 11: Curva da velocidade do vento - Estação implementada.



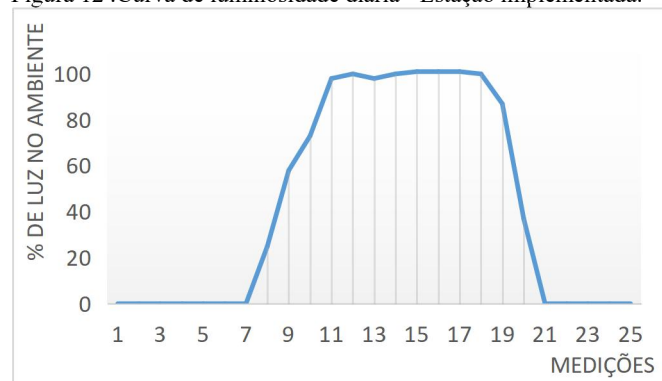
Fonte: Autoria própria.

Diante da curva da Figura 11, referente ao local escolhido para as medições do presente trabalho, e também a Figura 10, que contém o gráfico da velocidade do vento no local da estação A507, é possível comparar as medições da velocidade do vento em diferentes locais e perceber que as curvas são totalmente diferentes, o que demonstra a grande variação do vento em diferentes locais de medição. No caso da Figura 10, a medição da estação A507 de Uberlândia é realizada em uma área mais aberta, livre de obstáculos, prédios e construções que impeçam que o vento chegue ao anemômetro, resultando assim em uma medição imprecisa, como acontece na Figura 11, onde é possível perceber que a velocidade do vento caiu quase pela metade quando comparada com a obtida pelo INMET.

#### E. Luminosidade.

A medição da intensidade de luz no ambiente foi realizada por meio do sensor LDR. O sensor é composto por uma resistência que varia conforme a luz incide no sensor, ou seja, uma intensidade luminosa igual a 0% corresponde a uma resistência de 4095 ohms, e para 100%, a resistência correspondente é de 150 ohms. Dessa maneira é possível estimar a porcentagem de luz ambiente em relação ao máximo, ou seja, 100%, como apresentado na Figura 12, que representa um gráfico de luz no ambiente por medições, onde cada uma das medições é referente a um horário do dia.

Figura 12 :Curva de luminosidade diária - Estação implementada.



Fonte: Autoria própria.

Diante dessa análise, é possível obter a informação do horário que iniciou a incidência luminosa no local de medição, sendo a medição 7 onde iniciou-se (correspondente às 06h39) e a de número 21 onde cessou-se (correspondente às 18h58).

#### F. Altitude.

Para a medição de altitude, o sensor da BOSCH, BMP/E-280, estima a altitude média do local da medição em relação ao nível do mar utilizando a pressão local. Dessa forma a altitude durante diferentes medições no decorrer do dia varia junto com a pressão. Foi calculada a média dos valores de altitude, resultando em 841,72m.

Para efeitos de comparação, há no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, na aba de Estações Automáticas, um mapa do Brasil com a distribuição de todas as estações

meteorológicas existentes no país, que fornecem dados instantâneos. Foi adotado como referência durante todo trabalho a estação A507 localizada na cidade de Uberlândia, indicando a mesma uma altitude igual a 875m.

Para validar estas informações de altitude, foi empregado o Google Earth como ferramenta de medição. No caso da estação implementada, o valor obtido pelo Google Earth do local onde executou-se a medição foi de 870m, já na estação A507, o valor obtido foi de 873m. Com esses valores é possível notar que há certo erro nas medições. Diante dessa alteração significativa de altitude, o *datasheet* informa que a acurácia do sensor se altera conforme a variação da temperatura em que o mesmo se encontra.

## V. CONCLUSÕES

Dentro da perspectiva agrícola atual, há uma enorme necessidade da obtenção de dados em tempo real, possibilitando a tomada de decisões que irão resultar em uma maior ou menor produtividade da plantação. Para isso, a estação meteorológica se mostra ideal, como visto anteriormente, em razão da precisão dos sensores que fornecem dados indispensáveis para o usuário julgar possibilidades de plantio e colheita, além da portabilidade garantida pela não necessidade de fios, estrutura física para fixação e também da facilidade de operação com pouca necessidade de manutenções e da sua autossuficiência. Além das vantagens citadas anteriormente, outra que se destaca é o baixo custo de produção, possibilitando a uma grande quantidade de produtores rurais, uma maior inserção na evolução tecnológica e no conceito da Agricultura 4.0.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Uberlândia e ao Laboratório de Acionamentos Elétricos pela infraestrutura disponibilizada.

## REFERÊNCIAS

- [1] Torres, Eloize C. Adaptação do Texto Clima e Agricultura. IFF. 2013.
- [2] GUIMARÃES, P.W, A Lei Kaldor-Verdoorn na Economia Brasileira, ESALQ USP, Piracicaba, 2002.
- [3] SIMCom Wireless Solutions, Datasheet: SIM800L\_v1.00. Hardware Design, 2013.
- [4] STMicroelectronics, Datasheet: STM32F20xxx. DS6329 Rev 17, 2019.
- [5] BME280 Environmental sensor, Datasheet: BST-BME280-DS001-10. BOSCH, 2015.
- [6] Aosong Eletronics Co, Datasheet: DHT22 (also named as AM2302). Acesso em: 16 de jan. de 2020.
- [7] Sunrom Technologist, Datasheet: LDR. Sunrom, 2008.
- [8] Allegro Microsystems Inc, Datasheet: 27621.6A\* (3141 THRU). Acesso em: 16 de jan. de 2020.
- [9] Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 06 de fev. de 2020.