



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO  
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

**BRENDO JÚNIOR PEREIRA FARIAS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO *IOT* PARA MEDIÇÃO  
DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E CÁLCULO DE  
ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS**

**SUMÉ - PB  
2023**

**BRENDO JÚNIOR PEREIRA FARIAS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO *IOT* PARA MEDIÇÃO  
DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E CÁLCULO DE  
ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS**

**Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.**

**Orientador: Professor Dr. Rômulo Augusto Ventura Silva.**

**SUMÉ - PB  
2023**



F224d Farias, Brendo Júnior Pereira.

Desenvolvimento de um equipamento IoT para medição de variáveis climáticas e cálculo de índices bioclimatológicos. / Brendo Júnior Pereira Farias. - 2021.

35 f.

Orientador: Professor Dr. Rômulo Augusto Ventura Silva.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Bioclimatologia. 2. Bem-estar animal. 3. Internet das coisas. 4. Zootecnia de precisão. 5. Caprinocultura. 6. Índices bioclimáticos - cálculo. 7. Equipamento embarcado - Bioclimatologia. 8. Automação. I. Silva, Rômulo Augusto Ventura. II. Título.

CDU: 551.586:636(043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**BRENDO JÚNIOR PEREIRA FARIAS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO *IOT* PARA MEDIÇÃO  
DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E CÁLCULO DE  
ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS**

**Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Professor Dr. Rômulo Augusto Ventura Silva**  
**Orientador – UATEC/CDSA/UFCG**

---

**Professor Dra. Cecir Barbosa de Almeida Farias.**  
**Examinadora I – UAEP/CDSA/UFCG**

---

**Professor Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo**  
**Examinador II – UATEC/CDSA/UFCG**

---

**Professor Dr. Rafael da Costa Silva**  
**Examinador II – UAEA/CDSA/UFCG**

**Trabalho aprovado em: 12 de junho de 2023.**

**SUMÉ - PB**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me dar forças de enfrentar e superar todas as barreiras que surgiram em minha vida.

A minha família, meus pais, tios e irmãos que foram parte fundamental do meu desenvolvimento quanto aluno e ser humano.

Em especial as minhas avós, dona Solange e dona Conceição que foram e são partes fundamentais na minha vida, provendo ensinamentos e cuidando de mim.

A Larissa Fernanda por ser minha parceira e amiga, pelo amor e por sempre acreditar em mim e me dar forças para continuar na minha caminhada como um grande exemplo de Engenheira.

Aos meus professores orientadores, Prof. Dr. Rômulo Augusto Ventura Silva e Prof. Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo, por todos os ensinamentos passados para mim e por acreditarem em mim.

Aos amigos de turma e companheiros em toda a graduação, Pamela Valões, Osmar Antonio, Jarlean Lopes e Vanessa Iris.

Aos amigos que a universidade me deu, Walber Gouveia, Levi Wallace, Diego Gomes, Tainá Eponina, Neto Lima, João Vitor, Dayanny Siqueira, Rafaela Maciel, Paloma Alves, Virginia Amorim, Graça Barros, Brenda Souza, Marthynna Diniz, Júnior Henriques, Katia Cristina, Amanda Alexandre, Geyci Chaves, Edson Fernando. Vocês foram de imensa importância no convívio na universidade, levo no coração os momentos descontraídos e toda a ajuda que vocês me deram.

Aos funcionários do CDSA que sempre me atenderam com alegria e educação, em especial a uma funcionária, Novinha, a senhora foi uma mãe, amiga e conselheira, obrigado por tudo que a senhora fez e faz pelos alunos do CDSA.

Aos meus amigos de infância, João Pedro, Arthur Costa, Lucas Souza, Lucas Diniz, Micael Maciel, Alexandre Lopes, Reynaldo Lima, Welington Felipe, Halyson Lourran, Agamenon Júnior, Carlos André, Raniele Pereira, Marcelo Hilário, Victor Rogério. Sem vocês eu não seria o homem que sou hoje, sou feliz por ter vocês ao meu lado durante toda minha vida.

Aos meus amigos que moram distante, mas que me deram forças e sempre estiveram comigo mesmo de longe, vocês me ajudaram a superar o período mais difícil da minha vida, Junior Carvalho, Aloisio Lopes, Alexandre White, Victor Gabriel, Danilo Sousa, Matheus Carvalho, Marcelo Scarano.

Em especial ao meu animal de estimação, Nero meu gato, mesmo sendo um ser senciente eu sempre fui feliz com ele por perto, foi e é minha válvula de escape.

E a todos que de uma forma ou outra me ajudaram a chegar aonde cheguei, agradeço e vou ser eternamente grato a todos vocês, eu sempre tive o apoio necessário para trilhar meu caminho.

## RESUMO

A bioclimatologia é um campo de estudo que se preocupa com a relação entre os seres vivos e o clima, e como esses fatores podem afetar o bem-estar animal. Nos últimos anos, houve um aumento significativo na conscientização sobre o bem-estar animal e na busca por práticas mais éticas na criação e manutenção de animais. Dentro desse contexto, a bioclimatologia desempenha um papel importante na busca por ambientes mais saudáveis e confortáveis para os animais. Ao longo dos anos, a comunidade científica e os consumidores passaram a dar mais atenção ao ambiente e ao convívio dos animais. Com isso, surgiu a necessidade de desenvolver equipamentos capazes de calcular os índices bioclimáticos dos locais em que os animais são inseridos. Nesse sentido, foi objetivada a criação de um equipamento embarcado baseado na tecnologia *IoT* (Internet of Things) que pudesse medir a temperatura do ar, umidade do ar, pressão e altitude por meio de um único sensor. Utilizando esses dados, o equipamento é capaz de calcular índices como Temperatura de Globo Negro (TGN), Índice de temperatura e umidade (ITU) e Índice de temperatura, Globo e umidade (ITGU). Esse equipamento é compacto, com apenas 6 centímetros, e possui conectividade Wi-Fi, o que o torna um dispositivo *IoT*. Isso permite o envio dos dados para um servidor web, onde o produtor ou qualquer usuário com acesso pode visualizar em tempo real as condições de conforto térmico dos animais. Essa visualização pode ser feita de forma conveniente em desktops, notebooks ou smartphones, de qualquer lugar do mundo. Dessa forma, o equipamento *IoT* auxilia o produtor nas tomadas de decisões, evitando perdas de produtividade, problemas de saúde e garantindo a qualidade do produto, ao prevenir possíveis estresses térmicos causados aos animais.

**Palavras-chave:** animais; bem-estar; bioclimatologia; *IoT*.

FARIAS, Brendo Júnior Pereira. **Development of an IoT equipment for measuring bioclimatic indices**. 2023. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Curso de Engenharia de Biosistemas, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande - Sumé - Paraíba - Brasil, 2023.

## **ABSTRACT**

Bioclimatology is a field of study that is concerned with the relationship between living beings and the climate, and how these factors can affect animal welfare. In recent years, there has been a significant increase in awareness of animal welfare and the pursuit of more ethical practices in raising and keeping animals. In this context, bioclimatology plays an important role in the search for healthier and more comfortable environments for animals. Over the years, the scientific community and consumers have begun to pay more attention to the environment and the coexistence of animals. With this, the need arose to develop equipment capable of measuring the bioclimatic indices of the places where the animals are inserted. In this sense, the objective was to create an embedded equipment based on IoT (Internet of Things) technology that could measure temperature, humidity, pressure and altitude through a single sensor. Using this data, the equipment is able to calculate indices such as Black Globe Temperature (TGN), Temperature and Humidity Index (ITU) and Temperature, Globe and Humidity Index (ITGU). This equipment is compact, with only 6 centimeters, and has Wi-Fi connectivity, which makes it an IoT device. This allows data to be sent to a web server, where the producer or any user with access can view the thermal comfort conditions of the animals in real time. This visualization can be done conveniently on desktops, notebooks or smartphones, from anywhere in the world. In this way, IoT equipment assists the producer in decision-making, avoiding productivity losses, health problems and ensuring product quality, by preventing possible thermal stresses caused to animals.

**Keywords:** animals; bioclimatology; *IoT*; well-being.

## LISTA DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1</b> - Controlador lógico programável (CLP).                 | <b>15</b> |
| <b>Figura 2</b> – Conexões via IoT.                                     | <b>18</b> |
| <b>Figura 3</b> – Estados Brasileiros com maiores rebanhos de caprinos. | <b>19</b> |
| <b>Figura 4</b> – Estados com maiores rebanhos de ovinos.               | <b>20</b> |
| <b>Figura 5</b> – Representação gráfica da zona de termoneutralidade.   | <b>24</b> |
| <b>Figura 6</b> – ESP 8266 NodeMCU.                                     | <b>25</b> |
| <b>Figura 7</b> – Sensor BME 280.                                       | <b>25</b> |
| <b>Figura 8</b> – Visualização 3D da placa de circuito impresso.        | <b>26</b> |
| <b>Figura 9</b> – Visualização 2D da placa de circuito impresso.        | <b>26</b> |
| <b>Figura 10</b> – Circuito elétrico do equipamento.                    | <b>27</b> |
| <b>Figura 11</b> – Dashboards do <i>thingspeak</i> .                    | <b>31</b> |

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**IOT** – Inthernet of Things

**CLP** – Controlador lógico programável

**PIB** – Produto interno bruto

**ABSI** – Associação Brasileira de Santa Inês

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**ITU** – Índice de temperatura e umidade

**ITGU** – Índice de temperatura de globo negro e umidade

**TGN** – Temperatura de globo negro

**IET** – Índice de estresse térmico

**TCS** – Temperatura crítica superior

**TCI** – Temperatura crítica inferior

**API** – Interface de programação de aplicação

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                        | <b>12</b> |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                         | <b>13</b> |
| <b>2.1 Objetivo geral.....</b>                   | <b>13</b> |
| <b>2.2 Objetivos específicos.....</b>            | <b>13</b> |
| <b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>             | <b>14</b> |
| <b>3.1 Automação.....</b>                        | <b>14</b> |
| <b>3.2 Zootecnia de precisão .....</b>           | <b>15</b> |
| <b>3.3 <i>Internet of Things (IoT)</i> .....</b> | <b>18</b> |
| <b>3.4 Caprinocultura .....</b>                  | <b>19</b> |
| <b>3.5 Bem-estar animal.....</b>                 | <b>21</b> |
| <b>3.6 Bioclimatologia .....</b>                 | <b>23</b> |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                | <b>25</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>            | <b>28</b> |
| <b>5 CONCLUSÃO .....</b>                         | <b>32</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                         | <b>33</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O clima desempenha um papel fundamental na produção animal, pois as condições climáticas afetam diretamente o bem-estar e o desempenho dos animais. Temperaturas extremas, altas ou baixas, podem causar estresse térmico nos animais, o que leva a redução da produção e do crescimento, além de aumentar a suscetibilidade a doenças (LINS, 2020).

Além do clima, as instalações onde os animais vivem também desempenham um papel crucial na produção animal. Instalações inadequadas, com ventilação deficiente, falta de isolamento térmico ou inadequação do espaço disponível, podem agravar os efeitos negativos do clima no bem-estar e no desempenho dos animais. Por outro lado, instalações bem projetadas, que fornecem conforto térmico, boa ventilação e espaço adequado, podem contribuir para uma produção animal saudável e eficiente (ANDRADE, 2021).

Os caprinos e ovinos são animais adaptados a diferentes condições climáticas, mas ainda assim são suscetíveis aos efeitos do clima e das instalações inadequadas. A criação desses animais no Cariri Paraibano desempenha um papel fundamental na segurança alimentar da população local. A carne, o leite e os produtos derivados desses animais são fontes importantes de proteínas de alta qualidade, além de fornecerem outros nutrientes essenciais (BARBOSA & XAVIER, 2019).

Diante disto o desenvolvimento de equipamentos IoT permitem o monitoramento contínuo das condições ambientais, como temperatura, umidade e outros parâmetros relevantes para o conforto e bem-estar dos animais. Essa monitoração em tempo real fornece informações precisas e atualizadas sobre as condições do ambiente, permitindo que os produtores identifiquem rapidamente qualquer desvio ou problema que possa afetar a saúde e o desempenho dos animais. Podendo ajudar a detectar e monitorar os níveis de temperatura e umidade, fornecendo alertas aos produtores quando as condições atingem níveis críticos (SOARES & FARIAS, 2021).

Trabalhos envolvendo bioclimatologia e equipamentos embarcados que utilizam a tecnologia *IoT*, ainda são escassos, nesse contexto, o desenvolvimento de pesquisas que envolvem a criação de equipamentos deste tipo são necessárias, a partir desses equipamentos o produtor poderá tomar decisões assertivas quando é disposto de todos os dados climáticos e bioclimáticos na palma da sua mão através de app e softwares.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Desenvolver um equipamento *IoT* capaz de coletar e enviar dados de índices bioclimáticos para um webservice.

### 2.2 Objetivos específicos

- Coletar e processar dados do sensor BME 280 a partir de um microcontrolador embarcado com Wi-Fi.
- Realizar o envio em tempo real dos dados processados para um *webservice*.
- Apresentar os resultados dos índices por meio de gráficos no *webservice*.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Automação

A automação utiliza sistemas baseados em tecnologias eletrônicas e mecânicas para fazer que estes tornem os processos produtivos de diversos setores mais dinâmicos e melhorados, minimizando a ação mecânica (BOLZANI, 2004).

Nesse cenário, temos cada vez mais algoritmos e automação por meio de máquinas, principalmente devido a competitividade no mercado, onde o uso da automação desses processos faz com que tenhamos mais eficiência em toda cadeia produtiva (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019).

Esse processo irá utilizar os métodos conhecidos para realizar atividades como criar, coletar, analisar, manipular, armazenar, transferir e acionar outros dispositivos para a realização das tarefas que normalmente seriam feitas por pessoas, mas com menos eficiência e rapidez (ROSÁRIO, 2009)

Os diferentes sistemas automatizados podem ser de alta ou baixa complexibilidade (COSMO & GALERIANI, 2022). Essa ideia faz com que a automação esteja diretamente ligada as máquinas, realizando as atividades quase que sem interferência humana nos seus processos, sendo somente necessário a atividade humana em seu gerenciamento. Seu emprego é tão difundido, que simples atividades como ativar lâmpadas já são automatizadas (BORGES *et al.*, 2019).

Assim vale ressaltar que os sistemas providos de automação muitas vezes são providos de altos níveis de engenharia computacional e programação avançada (PELLINI, 2017).

Para Rosário (2009) a automação é uma conexão de diversas informações a quais alteram o uso de observações, esforço e a tomada de decisão de humanos para computadores, dispositivos eletrônicos e mecânicos.

O surgimento da automação dos processos se deu a partir da problemática das indústrias terem a necessidade de aumentar os processos industriais, alcançando trabalhos com precisão, rapidez e qualidade (BORGES *et al.*, 2019).

A automação nasceu na década de 60, empregando robôs nos processos de montagem na indústria automobilística, gerando um alto volume de produtos, com rapidez e qualidade, mas com poucas possibilidades de personalização, a partir disto veio também uma necessidade de produções mais flexíveis, assim surge o CLP (Figura 3) ou Controlador Lógico Programável, esses eventos serviram como mostra da necessidade de automação em diversos processos, levando então a uma evolução da automação, passando não somente de processos industriais

mais agora a processos nas mais diversas cadeias produtivas como a agricultura e pecuária (COSMO & GALERIANI, 2022).

**Figura 1** - Controlador logico programável (CLP).



Fonte: <https://blog.kalatec.com.br/controlador-logico-programavel/>

### 3.2 Zootecnia de precisão

Nos anos de 1900 a 1950, os trabalhos voltados para o setor agrícola e pecuário eram oriundos de força braçal, onde eram utilizados de equipamentos manuais, na maioria das vezes com o auxílio de tração animal, era uma agricultura de baixo rendimento, este tipo de trabalho ficou conhecido como agricultura e pecuária 1.0 (EMBRAPA, 2020).

A agricultura brasileira enfrentou certos problemas no século XX, o Brasil passou por uma intensa industrialização, crescimento de cidades, crescimento populacional, com isso a população possuía um maior poder aquisitivo, todos esses aspectos culminaram para que houvesse escassez de alimentos (EMBRAPA, 2020).

No período de 1950 a 1990 ocorreu a revolução verde, trazendo diversas inovações tecnológicas no âmbito da agropecuária. Estas inovações tinham como propósito de aumentar a produtividade com a alteração dos genes de sementes, métodos de fertilização do solo, uso de produtos industrializados e alto uso de maquinário, diminuindo o tempo necessário para a colheita. Assim o implemento de todas essas tecnologias culminou na implantação da agricultura 2.0 (MAGALHÃES *et al.*, 2022).

Com o passar dos anos a produção agrícola se intensificou e fortaleceu-se, a monocultura foi substituída por sistemas de produção rotacionados e tecnologicamente integrados. Cada vez mais foram desenvolvidos trabalhos para toda a cadeia produtiva, a partir disso, sistemas

tecnológicos voltados para a produção agrícola e pecuária evoluíram de tal maneira que foi possível melhorar as máquinas e implementos agrícolas, fazendo com que surgisse a agricultura de precisão e conseqüentemente a agricultura e pecuária de precisão 3.0, entre o período de 1990 a 2010 (PILLON, 2017).

O amplo desenvolvimento tecnológico agrícola fez com que novas demandas surgissem, trazendo a transformação digital para a agricultura, tecnologias de ponta começaram a ser desenvolvidas e utilizadas, provocando o surgimento da agricultura digital e trazendo mais uma fase tecnológica para o setor agropecuário, a agricultura e pecuária 4.0 (MAGALHÃES *et al.*, 2022). A era 4.0 iniciou-se em 2010, é marcada como um plano de gerenciamento, que faz o processo e análise dos dados de toda a cadeia produtiva a partir de equipamentos e dispositivos. Para que com isso seja possível o aumento da qualidade, na produtividade, diminuição no uso de matéria prima, fazendo com que o setor agropecuário se torne mais sustentável, de ampla lucratividade e facilitando a tomada de decisão para o produtor (STAFFORD, 2021).

Com o avanço dos anos os agricultores tiveram que se atualizar e se inserir no mundo da tecnologia, onde a sua utilização ganhou um amplo espaço na agricultura e grande importância para a alta produtividade. (MARTINS *et al.*, 2017).

Sendo a produção em pequena escala, o produtor pode monitorar com facilidade o seu rebanho, sem demandar um vasto tempo e esforço, fazendo com que seja fácil a observação desses animais, porém estimasse que até 2050 a terra atinja a marca de 9 bilhões de habitantes. Assim é notório que ao passar dos anos a demanda de alimentos de origem animal irá crescer de forma brusca, para que seja possível gerar tanto alimento necessário para a população é importante que haja mudanças nos sistemas pecuários, para assim aumentar a produtividade animal, dessa forma a produção em larga escala de animais precisará ser intensificada. Porém esse crescimento também gera um desconforto social acerca da segurança alimentar, bem-estar animal, sustentabilidade e preocupações relacionadas a saúde dos seres humanos e animais (MCLEOD, *et al.*, 2011; BERCKMANS; GUARINO, 2017; LOVARELLI *et al.*, 2020; NEETHIRAJAN; KEMP, 2021).

O comércio de proteína animal é gerido de acordo com as atitudes da indústria, onde a sua cadeia produtiva depende de diversos fatores, desde o campo até a o consumidor final. Para conseguir tal feito de coletar, processar e analisar as informações de todo esse processo surge a “Zootecnia de Precisão” (PANDORFI *et al.*, 2012).

A zootecnia de precisão é definida como um conjunto de tecnologias aplicadas no âmbito da agropecuária para mensurar indicadores de produção, fisiológicos, comportamental e sanidade com intuito de potencializar a produção com o mínimo de perdas possíveis, melhorar

a gestão e a tomada de decisão do produtor, fazendo com que ele possa tomar as devidas precauções de forma rápida e assertiva (RIBAS *et al.*, 2017).

Diante de sua importância na produção agropecuária a zootecnia de precisão vem ganhando cada vez mais espaço e notoriedade, principalmente no cenário atual, onde se busca monitorar os animais em todos os processos fisiológicos e patológicos buscando a maior produção, minimizando erros e perdas (MAGALHÃES *et al.*, 2022).

Com as atuais demandas, o bem-estar animal é um dos conceitos mais citados e observados pelos produtores e pesquisadores. Dada a importância desse fator, diversas tecnologias veem sendo desenvolvidas usando da microeletrônica, sensores e atuadores, análise e processamento de imagens, para auxiliar no dia a dia no campo, pesquisas e aprendizagem para favorecer as tomadas de decisões de modo a que elas sejam mais assertivas. (PANDORFI *et al.*, 2012).

Com todos esses aparatos a zootecnia de precisão dar meios para que os produtores consigam monitorar de forma direta toda sua cadeia produtiva, com isso ele pode usar dos dados obtidos para tomar decisões que possam potencializar sua produção, para isso o produtor necessita fazer o emprego das tecnologias a modo que ele tenha todo o controle de forma rápida e segura (PANDORFI *et al.*, 2012).

Nesse contexto a automação de todos os processos se torna imprescindível para uma visualização completa da cadeia produtiva. Por meio da automação é possível fazer a coleta, processamento e análise de todas as informações necessárias para o melhor posicionamento do produtor (PANDORFI *et al.*, 2012).

A produção animal e agroindustrial já faz o uso de sistemas tecnológicos e inteligentes a quase duas décadas nos mais diversos níveis, o avanço na eletrônica, desenvolvimento de software e dispositivos inteligentes faz com que seja possível o uso desses dispositivos em toda cadeia produtiva (MARTELLO, 2017).

O uso dos conceitos e tecnologias acerca do que tange a Zootecnia de precisão pode contribuir de forma inimaginável ao produtor e empresários do setor agropecuário, como prova disso temos o setor agrícola, onde hoje é movido com várias tecnologias, a chamada agricultura de precisão, um dos grandes gargalos que a zootecnia de precisão pode enfrentar se refere aos próprios animais, que diferente do setor agrícola se trabalha com seres sencientes, os animais, onde esses animais tem a capacidade de sentir e reagir ao ambiente no qual vive (MARTELLO, 2017).

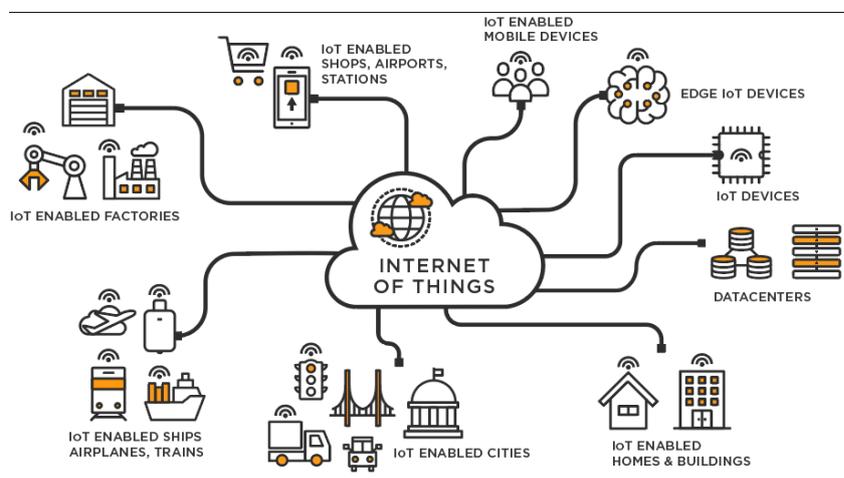
Outro grande questionamento da Zootecnia de Precisão é sobre o seu uso em território brasileiro, onde são técnicas recentes, muitas delas precisam de um bom investimento. Isso leva

ao produtor pensar sobre o seu custo-benefício, se tal tecnologia seria viável no atual cenário da agropecuária brasileira (SILVA, 2007).

### 3.3 Internet of Things (IoT)

Houve uma forte expansão no cenário da tecnologia aplicada ao meio rural devido a “Agricultura de precisão”, com isso a *Internet of Things (IoT)* ou Internet das Coisas vem se tornando cada vez mais presente e essencial no meio rural (ASHTON, 2009). A IoT (Figura 4) é tida como uma rede global que utiliza protocolos capazes de operar ou atuar com outros protocolos, para efetuar comunicações com dispositivos integrados a rede de internet (ANTOINE, 2009).

**Figura 2 - Conexões via IoT.**



Fonte: <https://www.tibco.com/pt-br/reference-center/what-is-the-internet-of-things-iot>

A população mundial naturalmente irá crescer e a necessidade de alimentar toda essa população irá também aumentar, consequentemente, fazendo-se necessário o implemento de tecnologias para potencializar as produções e suprir a necessidade de alimentação (ÖZEL e SARICICEK, 2009).

A internet das coisas (IoT) pode ser integrada a usos da vida cotidiana, como por exemplo as redes sociais, assim a IoT nos ajuda a ter as informações a distância de um click, o que a torna tão importante. A IoT conecta e fornece as informações a produtos e dispositivos, fazendo a conexão entre eles, ou a redes de computadores e aplicativos. Para a zootecnia de precisão, os sistemas conectados a IoT ajudam a monitorar continuamente a produção e maximizar o bem-estar animal otimizando a produção por meio de sensores, atuadores e sistemas de gerenciamento (DAVISON *et al.*, 2020).

Segundo Gunduz *et al.* (2022), o uso da *Internet of Things (IoT)* nos permite o conectar e compartilhar os dados de forma extremamente rápida para os dispositivos conectados que podem ser manipulados em tempo real ou armazenado em nuvem.

Para Manyika *et al.* (2016) a IoT irá representar uma enorme significância para o PIB global, até 2025 poderá chegar em um valor estimado de 11,1 trilhões de dólares. Estimasse que mais de 34 bilhões de dispositivos são conectados a essa rede, onde este número cresce cada vez mais com o avanço da tecnologia.

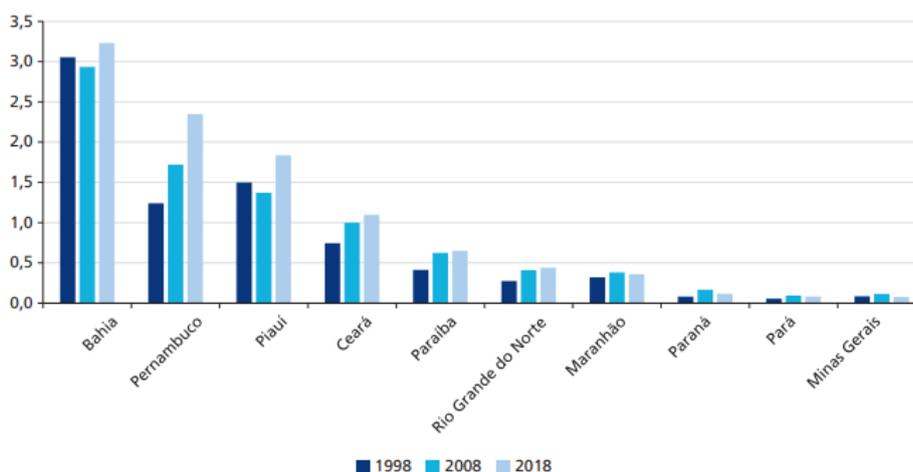
Para Sundmaeker *et al.* (2016), o agronegócio aliado a IoT pode fazer o controle de toda a cadeia alimentar por meio de sua ampla gama de dispositivos, auxiliando no monitoramento dos animais, previsão de possíveis problemas e injurias pelo clima, controle e prevenção de pragas que podem a vim acometer os rebanhos. Com isso os empresários e investidores na área do agronegócio notaram a importância que a Internet of Things (IoT) tem para a produção e cada vez mais utilizam da IoT para colocar em prática tudo que ela tem a oferecer (BORJA, 2018).

### 3.4 Caprinocultura

A criação de caprinos e ovinos no Brasil é de suma importância para o sustento econômico e nutricional de várias famílias da zona rural, principalmente no Nordeste, onde encontramos a maior distribuição desses animais (SORIO, 2017).

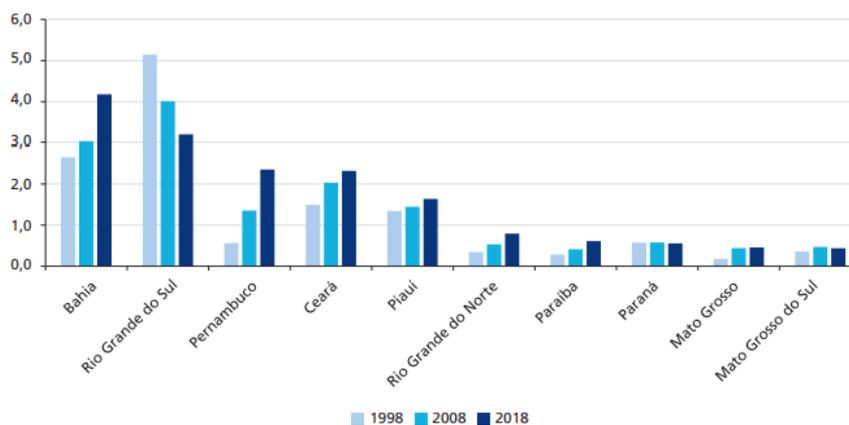
O crescimento da Caprinovinocultura é impulsionado pela alta demanda dos produtos provenientes do Nordeste e de outras regiões e apoio governamental (ABSI, 2013). Segundo o IBGE (2017), o número de propriedades que criam caprinos é de 236 mil, já de ovinos, com número ainda maior, temos 313 mil, chegando a uma média de 23 caprinos e 20 ovinos por propriedade, dados estes que são corroborados na figura 8.

**Figura 3** - Estados Brasileiros com maiores rebanhos de caprinos.



Regiões como o Sul do Brasil também possuem uma ampla criação de ovinos, só a região Sul possui 47,5 mil propriedades na criação de ovinos e por volta de 10 mil para a criação de caprinos, (MONTEIRO, 2021).

**Figura 4 - Estados com maiores rebanhos de ovinos.**



Fonte: IBGE 2018

A criação desses animais tem alto potencial, pois são animais rústicos, com capacidade de se adaptar a diversos ambientes e enfrentar adversos climáticos (EMBRAPA, 2016).

O setor agropecuário vem passando por transformações, destacando-se as modificações e inovações tecnológicas, principalmente ligadas a modernização de insumos produtivos (VIEIRA FILHO & SILVEIRA, 2016).

Um dos problemas que podemos encontrar na criação desses animais é que, na maioria das vezes a principal atividade desses produtores que trabalham com caprinos e ovinos é a bovinocultura, assim fazendo com que não haja uma grande mão de obra especializada, também, levando a falta de informações assertivas para a criação desses animais (SORIO, 2017). Também vale ressaltar que no meio da criação desses ruminantes ainda é baixa a utilização de tecnologias que podem auxiliar os produtores e melhorar na cadeia produtiva dos caprinos e ovinos (BORGES, 2019).

Com o grande crescimento da caprinovinocultura, se torna imprescindível o uso de tecnologias que melhorem o monitoramento e manejo desses animais (ANDRADE *et al.*, 2021). A utilização de tais tecnologias podem dar o suporte necessário para que a produção desses pequenos ruminantes se torne ainda mais competitiva no mercado (BITTENCOURT *et al.*, 2016).

O seguimento de inovações tecnológicas para esses pequenos ruminantes pode relacionar diversas partes na cadeia produtiva, desde que o uso dessas tecnologias e equipamentos sirvam

para otimizar os trabalhos realizados a cerca desses animais, hoje já se usa de ferramentas para gestão de rebanhos dentro das fazendas, dessa forma vem surgindo tecnologias para otimizar a produção desses animais (BITTENCOURT *et al.*, 2016).

Devido ao grande avanço na área da computação já é possível desenvolver sistemas de gestão, como controle zootécnico, genético e equipamentos que irão auxiliar diretamente o produtor em suas tomadas de decisões, no aumento em quantidade de seu rebanho e qualidade dos seus animais (BORGES *et al.*, 2019).

Sendo assim, é de suma importância a criação e adoção de tecnologias que sejam acessíveis e economicamente viáveis aos produtores, fazendo com que os índices de produtividade cresçam privilegiando assim a melhoria do controle zootécnico e genético desses pequenos ruminantes (TEXEIRA *et al.*, 2013)

### **3.5 Bem-estar animal**

Os animais são seres sencientes, são capazes de sentir emoções e ter percepções do ambiente a qual estão inseridos, isso implica dizer que o animal está em bem-estar quando as condições são propícias ao seu conforto, garantindo uma boa qualidade de vida, assim o bem-estar animal é importante para garantir um produto de qualidade (GALVÃO *et al.*, 2019).

Conseqüentemente, medidas que garantam o bem-estar animal farão com que eles apresentem melhores rendimentos e com melhor qualidade (MOTA & MORÇAL, 2019).

De acordo com Grandin & Johnson (2010) é importante evitar o estresse aos animais para que estes não sofram pânico, medo e se sintam ameaçados, ao contrário disso é indispensável ofertar condições favoráveis e o mais parecido possível do seu ambiente natural.

É nítido a importância do bem-estar animal e é algo que preocupa não só em cadeia nacional, mas sim mundial, como a Europa que tem exigências na compra de produtos de origem animal e certificação de bem-estar de animais de produção (AZEVEDO *et al.*, 2020).

Com aumento da pressão da indústria e dos consumidores os produtores passaram a se preocupar com o bem-estar animal, dessa forma se adequando as novas demandas e padrões estabelecidos de bem-estar animal (ROBICHAUD *et al.*, 2019).

Um dos fatores mais importantes que podem afetar o bem-estar animal são os sistemas de criação, manejo e alojamento (JIANG *et al.*, 2021).

Para Capovilla & Ribeiro (2023) os produtores podem ver o investimento no bem-estar animal como algo desnecessário, muitas das vezes o adotando como uma estratégia de marketing e para atender a pressão do público, mas o bem-estar deve ser adotado como

estratégia para melhorar não só a qualidade de vida animal, mas também como melhoria do seu produto, assim fazendo o investimento ter seu retorno.

Em 1979 o chamado *Farm Animal Welfare Council* criou um documento para regulamentar as condições de bem-estar animal baseado no princípio das 5 liberdades, são elas: 1) livre de fome e sede, 2) Livre de desconforto, 3) livre de dor, doença e injúria, 4) liberdade para expressar seu comportamento natural, 5) livre de medo e estresse (FAWC,1979).

Segundo Mendonça (2019) cada vez mais surgem trabalhos e pesquisas voltadas para o bem-estar animal e isso mostra a importância na compreensão desse tema, portanto é indispensável definir padrões de práticas que fornecem o bem-estar ao animal, além de ser uma questão ética e legal.

As boas práticas de bem-estar animal podem trazer vários benefícios em termos de produção e qualidade de produto como:

- 1- Melhor qualidade da carne e dos produtos derivados: animais que são criados em condições de bem-estar tendem a ter uma carne mais macia, saborosa e com melhor aparência, além de uma redução no estresse pré-abate, o que pode impactar diretamente na qualidade da carne (COSTA *et al.*, 2012).
- 2- Aumento da produtividade: animais saudáveis e bem cuidados apresentam melhor desempenho e, conseqüentemente, maior produtividade, o que pode aumentar a rentabilidade da produção (HOCQUETTE *et al.*, 2012).
- 3- Redução de perdas: animais saudáveis apresentam menor incidência de doenças, o que pode reduzir as perdas na produção, isso também pode ser reflexo de uma instalação adequada a vida dos animais (COSTA *et al.*, 2012).
- 4- Maior segurança alimentar: animais criados em condições de bem-estar apresentam menor risco de desenvolver doenças que possam ser transmitidas para os humanos, o que pode garantir uma maior segurança alimentar (BROOM, 2011).
- 5- Responsabilidade social: o bem-estar animal é uma questão cada vez mais importante para os consumidores, que buscam produtos de origem animal que tenham sido produzidos de forma ética e sustentável. Dessa forma, investir em boas práticas de bem-estar animal pode ser uma forma de atender às expectativas dos consumidores e garantir a reputação da empresa (MOLENTO, 2005).

### 3.6 Bioclimatologia

A bioclimatologia é a ciência que estuda a relação entre o clima e os organismos vivos, incluindo os seres humanos, animais e plantas. Ela envolve a análise dos efeitos do clima nas atividades biológicas, fisiológicas e comportamentais dos organismos, bem como os efeitos dos organismos no ambiente em que vivem. Através dela busca-se entender como os fatores climáticos, como temperatura, umidade, radiação solar e vento, afetam a saúde e o bem-estar dos organismos, e como esses organismos se adaptam a essas condições. Isso inclui a análise dos efeitos do clima na produção animal e vegetal, na saúde pública e na qualidade de vida em geral (MESQUITA *et al.*, 2021).

Ela é importante para o desenvolvimento de estratégias de adaptação às mudanças climáticas e para o planejamento de atividades econômicas, como a agricultura, a pecuária e a produção de energia renovável, levando em consideração as condições climáticas locais (SIQUEIRA & PINTO, 2021).

No contexto da produção animal, a bioclimatologia é importante para garantir o bem-estar dos animais, pois permite a identificação das condições climáticas ideais para cada espécie e raça, evitando situações de estresse térmico e promovendo o conforto e a saúde dos animais. Além disso, a bioclimatologia é importante para o desenvolvimento de práticas sustentáveis de produção animal, que levem em consideração a interação entre o clima, os animais e o meio ambiente em que vivem (SIQUEIRA & PINTO, 2021).

Um dos fatores essenciais para a busca de um ambiente favorável em que os animais estejam inseridos e mais propício ao conforto do animal é, de fato, a bioclimatologia, dentro desse contexto existe o conforto térmico, que é essencial no que tange bem-estar animal, buscando evitar o estresse térmico aos animais, sejam através do calor ou frio (KEMER *et al.*, 2020).

Através de índices bioclimáticos pode se avaliar o nível de estresse sofrido pelos animais, alguns desses índices são o ITU (Índice de temperatura e umidade), ITGU (Índice de temperatura, globo negro e umidade), TGN (Temperatura de globo negro), ITR (Índice de temperatura retal), IET (Índice de estresse térmico) entre outros (SANTOS & CABRAL, 2021).

Os índices de conforto térmico são ferramentas utilizadas para avaliar as condições ambientais e determinar se os animais estão em uma zona de conforto térmico. Eles são calculados a partir de variáveis climáticas como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar. Esses índices são importantes ferramentas para ajudar a identificar as condições ambientais adequadas para os animais e prevenir o estresse térmico. Eles também

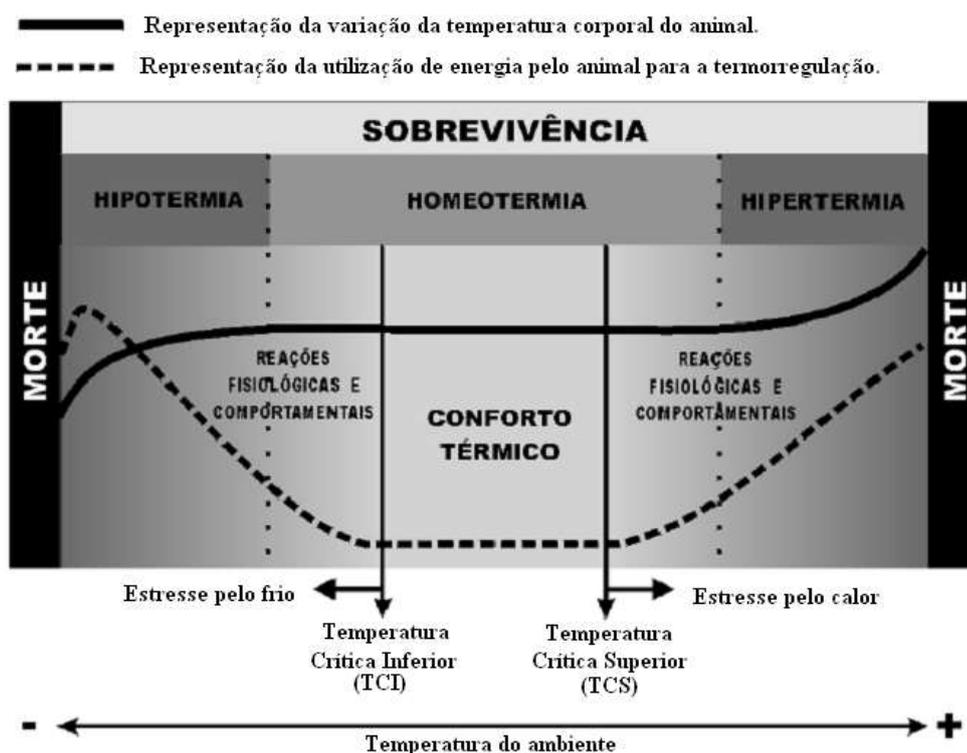
são úteis para orientar a tomada de decisões em relação ao manejo dos animais, como a escolha de sistemas de ventilação e refrigeração, adoção de práticas de manejo adequadas e seleção de raças mais adaptadas às condições climáticas locais (KEMER *et al.*, 2020).

Segundo Barros Junior *et al.*, (2017) os animais se encontram em conforto térmico quando há um equilíbrio constante entre a perda e ganho de energia térmica, a zona de conforto térmico para animais é influenciada por vários fatores, incluindo a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a radiação solar. Em condições ideais, os animais têm uma temperatura corporal estável e mantêm um comportamento normal, como se alimentar, se reproduzir e se movimentar livremente.

Fora da zona de conforto o animal irá apresentar mudanças fisiológicas para produção ou perda de calor (BAÊTA & SOUZA, 2010).

Matarazzo (2004) afirma que a zonas em que podemos quantificar o nível de estresse térmico causado nos animais (Figura 5). Essa figura mostra a interação do ambiente com a fisiologia animal, na faixa de conforto térmico o animal não necessita usar seus mecanismos termorreguladores fora do normal, evitando um gasto de energia desnecessário que poderia afetar sua produção, já nas zonas de temperatura crítica superior (TCS) e temperatura crítica inferior (TCI), a partir dessas zonas o animal irá passar por um estresse pelo frio ou calor (SANTOS E CABRAL, 2021).

**Figura 5 -** Representação gráfica da zona de termoneutralidade.



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Para o referente trabalho foi utilizado equipamentos eletrônicos como microcontroladores embarcados, sensores e softwares para fazer todo o sistema de medição de índices climáticos e índices de conforto térmico.

O equipamento principal era constituído por apenas dois dispositivos: um microcontrolador Esp8266 NodeMCU e um sensor BME280, com o uso dessa placa foi possível fazer a conexão wireless entre a mesma e o software Thingspeak. A placa Esp8266 possui conectividade via Wifi e através da Key API (*Application Programming Interface*) disponibilizada pelo software foi possível enviar os dados para o WebServer e armazená-los.

**Figura 6 - ESP 8266 NodeMCU.**



**Fonte:** <https://techsuleletronicos.com.br/wp-content/uploads/2018/11/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12e.jpg>

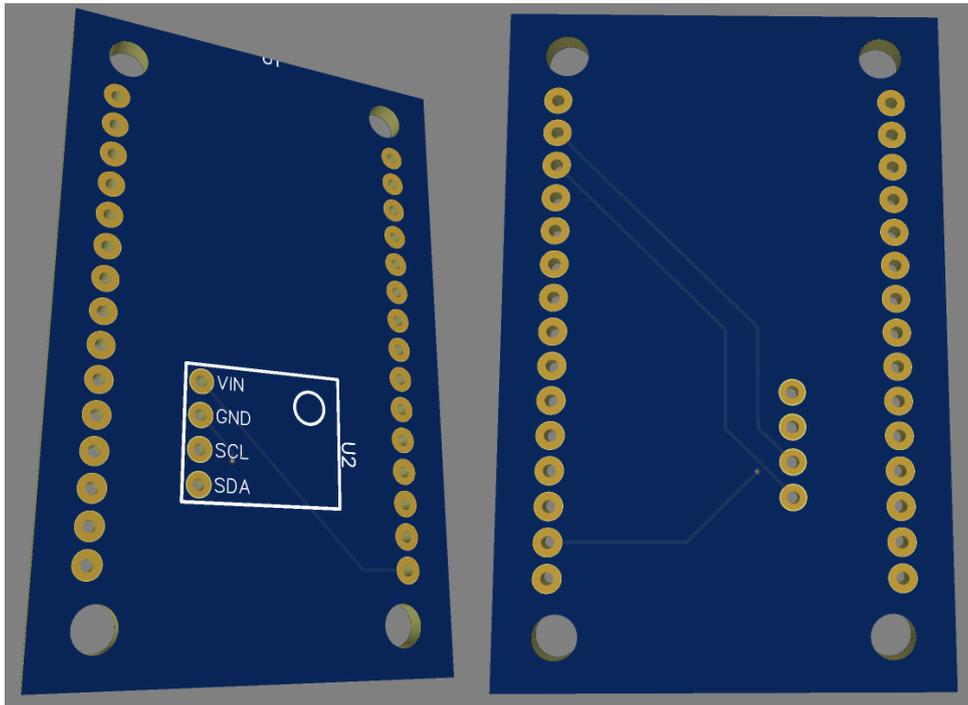
**Figura 7 - Sensor BME 280.**



**Fonte:** [https://m.media-amazon.com/images/I/51h9-FV4hBL.\\_SL1024\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/51h9-FV4hBL._SL1024_.jpg)

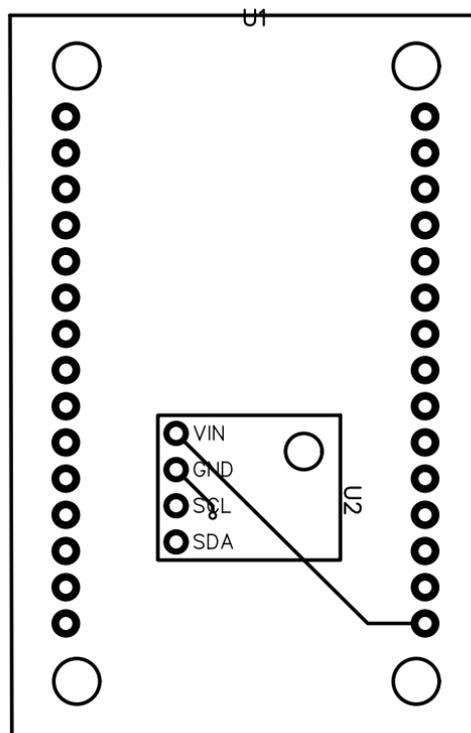
A conexão entre o microcontrolador e o sensor foi feita através de uma placa de circuito impresso feita na plataforma EasyEDA, onde após ambos soldados nas trilhas do circuito já era possível fazer o seu uso. Os materiais usados no equipamento foram: 1x Esp8266 (NodeMCU), 1x BME280 e 1x fonte 5V.

**Figura 8** - Visualização 3D da placa de circuito impresso com diâmetro de 6 centímetros.



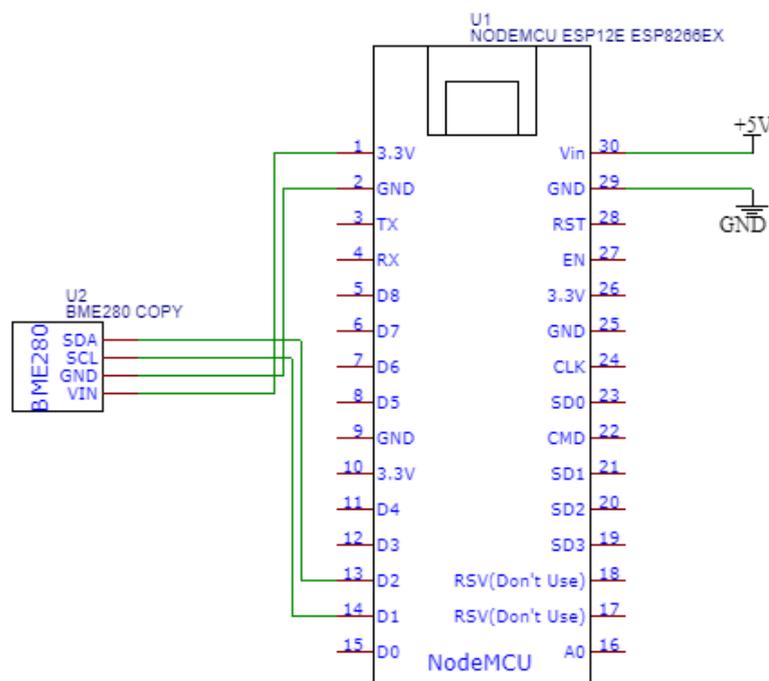
Fonte: Autoria própria

**Figura 9** - Visualização 2D da placa de circuito impresso.



Fonte: Autoria própria

**Figura 10** - Circuito elétrico do equipamento.



Fonte: Autoria própria

Para maior precisão as variáveis eram medidas a cada 1 minuto e armazenadas, a cada 10 minutos era feita a média das variáveis e daí se iniciava o processo de cálculo das seguintes equações:

$$\text{mediaTempAr} = \text{TempArAcum} / \text{numeroDeMedicoes};$$

$$\text{mediaUmiAr} = \text{UmiArAcum} / \text{numeroDeMedicoes};$$

$$\text{hp} = \text{mediaUmiAr} / 100;$$

$$\text{TGN} = (20.4156 + (0.544 * \text{mediaTempAr}) - (.0901 * \text{hp}));$$

$$\text{TPO} = (\text{mediaTempAr} - ((100 - \text{hp}) / 5));$$

$$\text{ITU} = (((\text{mediaTempAr} + 273) + 0.36 * (\text{TPO} + 273)) - 330.08);$$

$$\text{ITGU} = ((\text{TGN} + 273) + (0.36 * (\text{TPO} + 273)) - 330.08);$$

Onde: mediaTempAr (Média da temperatura do ar), mediaUmiAr (Média da umidade do ar), hp (Percentual de umidade), TGN (Temperatura de globo negro), TPO (Temperatura de ponto de orvalho), ITU (Índice de temperatura e umidade), ITGU (Índice de temperatura e globo negro).

Segundo Thon (1958) esses seriam os índices mais adequados para medir o conforto térmico dos animais. Para validar os valores obtidos do equipamento foram realizadas coletas em uma sala fechada e comparado os resultados com valores calculados a mão com auxílio de uma calculadora. Os valores do equipamento e os valores calculados a mão foram idênticos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O código foi feito para que através do sensor BME280 fosse possível medir variáveis como Temperatura do ar, Umidade do ar, pressão atmosférica e altitude, através dessas variáveis o equipamento iria calcular os índices de conforto térmico como ITU, ITGU, entre outros com base em equações citadas na literatura e enviá-los com o uso de uma API para o webserver. É importante ressaltar que todo o processo era feito pelo equipamento sem que fosse necessário a interação entre o usuário.

A programação do microcontrolador foi feita em C++ na IDE Arduino, onde está nos possibilita fazer um fácil script a partir da sua imensa gama de bibliotecas Open-Source, como mostra o código abaixo:

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25)

Adafruit_BME280 bme;

unsigned long delayTime;

WiFiClient client;

//API KEY do seu ThingSpeak
String apiKey = "I2FDZB5DCTUNZ6R9";

//wifi e senha
char ssid[] = "REDE";
char pass[] = "SENHA";

const char* server = "api.thingspeak.com"; //Não mudar

//Parte da função millis
long previousMillis = 0;
long notificacoes = 60000;

//Parte da função millis p notificações
//variaveis auxiliares para calcular média
int numeroDeMedicoes = 0;
double TempArAcum = 0;
double UmiArAcum = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  WiFi.begin(ssid, pass);
  Serial.println(F("BME280 test"));

  bool status;

  status = bme.begin(0x76);
  if (!status) {
    Serial.println("Verifique a conexão!");
  }
}
```

```

    while (1);
}

Serial.println("-- Default Test --");
delayTime = 1000;
Serial.println();

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi conectado ");
//salva hora atual
previousMillis = millis();
}

void loop() {
    Serial.println("");

    Serial.print("Umidade : ");
    double h = bme.readHumidity();
    UmiArAcum += h;
    Serial.print(h);
    Serial.println(" %");

    Serial.print("Temperatura : ");
    double t = bme.readTemperature();
    TempArAcum += t;
    Serial.print(t);
    Serial.println(" *C");

    Serial.print("Pressao : ");
    double p = bme.readPressure() / 100.0F;
    Serial.print(p);
    Serial.println(" hPa");

    Serial.print("Altitude Aproximada : ");
    double a = bme.readAltitude(SEALEVELPRESSURE_HPA);
    Serial.print(a);
    Serial.println(" m");

    // float pluv();

    Serial.println();

    //incrementa n. de medicoes
    numeroDeMedicoes++;

    //Notificações e Envio
    unsigned long currentMillis = millis(); //Tempo atual em ms
    double deltaT = currentMillis - previousMillis;

    //Lógica de verificação do tempo
    if (deltaT > notificacoes) {
        previousMillis = currentMillis; // Salva o tempo atual

        //Cálculo das médias

```

```

double mediaTempAr = TempArAcum / numeroDeMedicoes;
double mediaUmiAr = UmiArAcum / numeroDeMedicoes;

Serial.print ("Média Temperatura do ar:");
Serial.println(mediaTempAr);

Serial.print ("Média Umidade do ar:");
Serial.println (mediaUmiAr);

//Cálculo das equações
double hp = mediaUmiAr / 100; //percentual de umidade
double TGN = (20.4156 + (0.544 * mediaTempAr) - (.0901 * hp));
double TPO = (mediaTempAr - ((100 - hp) / 5));
double ITU = (((mediaTempAr + 273) + 0.36 * (TPO + 273)) - 330.08);
Serial.print ("ITU: ");
Serial.println(ITU);
double ITGU = ((TGN + 273) + (0.36 * (TPO + 273)) - 330.08);
Serial.print ("ITGU: ");
Serial.println(ITGU);

if (client.connect(server, 80) // "184.106.153.149" or
api.thingspeak.com
{

String postStr = apiKey;
postStr += "&field1=";
postStr += String(mediaTempAr);
postStr += "&field2=";
postStr += String(mediaUmiAr);
postStr += "&field3=";
postStr += String(ITU);
postStr += "&field4=";
postStr += String(ITGU);
// postStr += "&field5=";
// postStr += String(REEDCOUNT2);
postStr += "\r\n\r\n";

client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
client.print("Connection: close\n");
client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: " + apiKey + "\n");
client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
client.print("Content-Length: ");
client.print(postStr.length());
client.print("\n\n");
client.print(postStr);

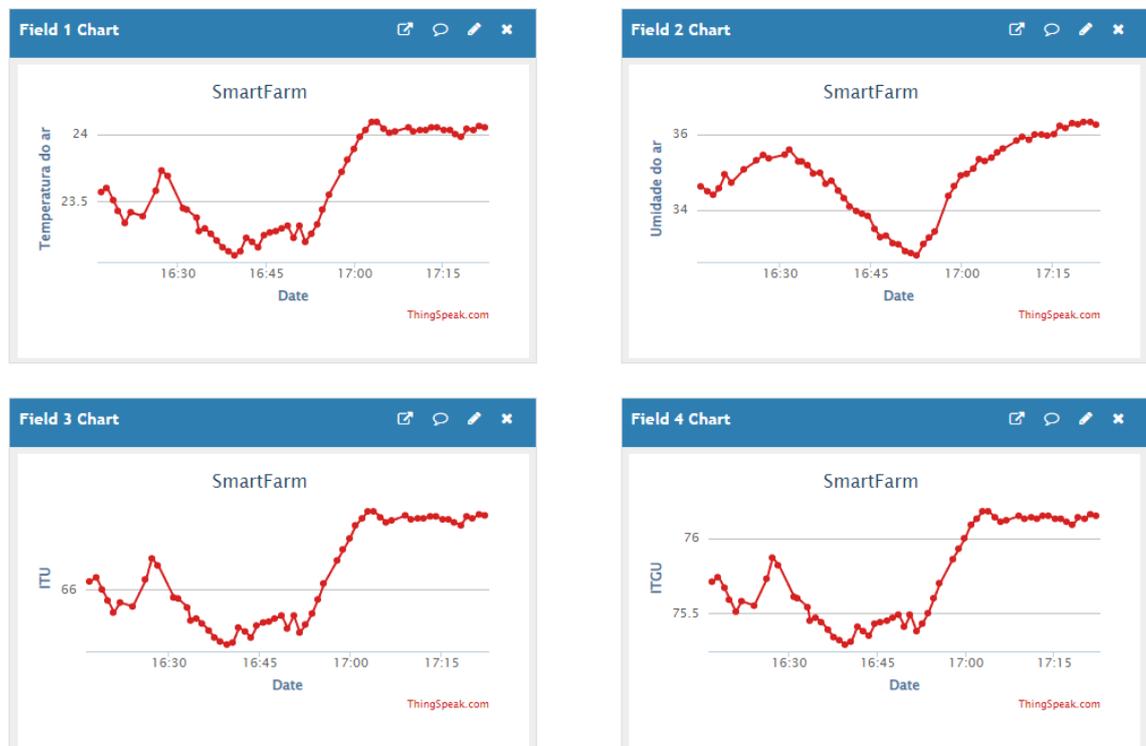
Serial.println("Enviando para o THingspeak.");
}
UmiArAcum = 0;
TempArAcum = 0;
numeroDeMedicoes = 0;
}
delay(10000);
}

```

O *thingspeak* é um site onde é possível utilizar sua API para enviar dados de equipamentos para o site em tempo real, assim é possível acompanhar os dados enviados a partir de gráficos e armazená-los em arquivos .CSV.

Na figura abaixo é possível visualizarmos 4 gráficos de linha, onde podemos acompanhar dados de temperatura do ar, umidade do ar, índice de temperatura e umidade e índice de temperatura globo e umidade.

**Figura 11 - Dashboards do *thingspeak*.**



**Fonte:** Autoria própria

A partir desse processo o script fazia a requisição para que os dados fossem enviados através da API para o webserver. Esse processo então é repetido enquanto há conexão com a rede Wi-Fi conectada e/ou o equipamento esteja ligado à rede de energia.

Para o desenvolvimento do equipamento foi investido um valor de R\$ 24,79 reais com todas as peças importadas, já com peças compradas em território brasileiro o valor seria de R\$ 109 reais.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho quando comparado a formas manuais de se determinar estes índices se mostrou eficiente monitorando em tempo real o ambiente que o animal estará inserido, de forma precisa e quase instantânea fazendo com que seja possível o produtor a qualquer local do mundo monitorar suas instalações com a palma da sua mão através de um Smartphone ou desktop e tome a decisão correta para que os animais não sofram estresses indesejados, fazendo com que sua produção seja afetada. Tudo isso através de um equipamento de baixo custo e fácil manipulação.

Mostrando a importância da automação na agricultura, pecuária e de levarmos equipamentos com tecnologia de ponta ao agricultor para potencializar sua produção e economizar seu tempo automatizando os processos na sua propriedade.

## REFERÊNCIAS

- ABSI – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SANTA INÊS. **Produtores do Ceará apostam na criação de ovinos e caprinos**. 2013. Disponível em: . Acesso em: 5 jul. 2020.
- ALBUQUERQUE, Pedro H. *et al.* Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimção da probabilidade de automação de ocupações no Brasil. Texto para Discussão, 2019.
- ANDRADE, Raquel de Oliveira. **Estresse térmico em vacas leiteiras: revisão bibliográfica**. 2021.
- ANTOINE, Saint-Exupery. **Internet of Things: Strategic Reserach Roadmap. IoT: Internet of Things European Research Cluster**, 15 set. 2009. Disponível em: . Acesso em: 26 dez. 2022.
- ASHTON, Kevin. **That “Internet of Things” Thing**. RFID Journal, 23 jun. 2009. Disponível em: . Acesso em: 26 dez. 2022.
- AZEVEDO, Hierro Hassler Freitas *et al.* **Bem-estar e suas perspectivas na produção animal**. Pubvet, v. 14, n. 1, p. a481, 2020.
- Baeta, F. D. C., & Souza, C. F. **Ambiência em Edificações Rurais: conforto animal**. (2a ed.):UFV. 2010.
- BARBOSA, Robson Fernandes; XAVIER, Rafael Albuquerque. **Proposta de uma matriz de indicadores de sustentabilidade para avaliação da caprinovinocultura no cariri paraibano através de uma adaptação da metodologia MESMIS**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 10, n. 4, p. 175-190, 2019.
- BERCKMANS, D.; GUARINO, M. **Precision livestock farming for the global livestock sector**. Animal Frotiers, v. 7, n. 1, p. 4 –5,2017.
- BITTENCOURT, B. A.; SALLES, A. C.; DANIEL, V. M.; BARCELLOS, M. D. **Inovação no agronegócio: um estudo sobre os tipos de inovação presentes na cadeia produtiva da**

**ovinocultura no Rio Grande do Sul. Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 1, n. 3, p. 117, set./out. 2016.04.

BORGES, Daniela Freitas *et al.* **Prototipagem de um sistema de alarme controlado pelo aplicativo Blynk. Engenharias em foco**, p. 103, 2021.

BORGES, L. S. **Gestão zootécnica e genética informatizadas em pequenos ruminantes: uma revisão.** *Medicina Veterinária (UFRPE)*, Recife, v. 13, n. 2, p. 251, abr./jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.26605/medvet-v13n2-3083>

BORGES, L. S.; ROCHA, F. S. B.; NERI, V. S.; MAIA, F. S. P.; CASTRO, O. C. C.; CAMPELO, J. E. G.; SARMENTO, J. L. R. **Gestão zootécnica e genética informatizadas em pequenos ruminantes: uma revisão.** *Medicina Veterinária (UFRPE)*, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 251–257, 2020. DOI: 10.26605/medvet-v13n2-3083.

BORJA, Leonardo. **IoT no Agronegócio: como IoT vem trazendo resultados para o produtor rural.** *Por Dentro do Agro*. 27 ago. 2018 Disponível em: . Acesso em: 26 dez. 2022.  
BROOM, Donald M. **Bem-estar animal. Comportamento Animal**, 2a edn, ed. Yamamoto, ME and Volpato, GL, p. 457-482, 2011.

**Censo agropecuário 2017: resultados definitivos.** Rio de Janeiro: Sidra/IBGE, 2017. Disponível em: . Acesso em: 06 janeiro. 2023.

COSTA, M. J. R. P. *et al.* Strategies to promote farm animal welfare in Latin America and their effects on carcass and meat quality traits. **Meat Science**, Vol. 92, Issue 3, pp. 221-226, 2012.

DA SILVA, Iran José Oliveira. **Contribuições à Zootecnia de Precisão na Produção Industrial de Aves e Suínos no Brasil.** 2007.

DAVISON, C.; MICHIE, C.; HAMILTON, A. *et al.* **Detecting heat stress in dairy cattle using neckmounted activity collars.** *Agriculture*, v.10, p.210, 2020.

DE ANDRADE, Matheus Vinicius Vidal *et al.* **Validação de ferramenta para o gerenciamento do rebanho de caprinos e ovinos no sertão pernambucano.** Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 14, n. Supl. 1, p. 1-11, 2021.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de produção de caprinos e ovinos de corte para o semiárido brasileiro.** 2016. Disponível em: . Acesso em: 23 jul. 2020.

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL -FAWC. **Five Freedoms.** London: FAWC, 1979. Disponível em: <http://www.fawc.org.uk/>

GALVÃO, Andria Tavares, *et al.* **"Bem-estar animal na suinocultura: Revisão."** *Pubvet* 13 (2019): 148.

GRANDIN, T. & JOHNSON, C. (2010). **O bem-estar dos animais: proposta de uma vida melhor para todos os bichos.** Rio de Janeiro, Brasil: Rocco.

GÜNDÜZ, K. A.; BAŞÇİFTÇİ, F. **Monitoramento de pH com base em IoT para detecção de acidose ruminal.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 74, p. 457-472, 2022.

HOCQUETTE, J. F. *et al.* **Opportunities for predicting and manipulating beef quality.** Meat Science, Vol. 92, Issue 3, pp. 197-209, 2012.

KEMER, Andressa; GLIENKE, Carine Lisete; BOSCO, Leosane Cristina. Índices de conforto térmico para bovinos de leite em Santa Catarina Sul do Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 29655-29672, 2020.

LINS, Lillian Brito. **Ovinocultura: bem-estar e seu impacto na produção animal.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

LOPES, Marcos Aurélio *et al.* Technical and economic efficiency of bovine weighing methods. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 1167-1179, 2018.

LOVARELLI, D.; BACENETTI, J.; GUARINO, M. **A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production?** *Jornal of Cleaner Production*, v. 262, p. 121-409, 2020.

MAGALHÃES, Alessandra Fernandes dos Santos e FONSECA, Danielle de Cássia Martins da e VIDAL, Ana Maria Centola. **Tecnologias da zootecnia de precisão aplicadas à bovinocultura de leite. O papel da zootecnia no cenário mundial.** Tradução. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/9786587023229>. Acesso em: 28 nov. 2022.

MANYIKA, James. *et al.* **Unlocking the potential of the Internet of Things.** Mckinsey Digital, 2016. Disponível em:. Acesso em: 26 out. 2022.

MARTELLO, Luciane Silva. **Zootecnia de Precisão (ZP): conceitos, aplicações e desafios.** 2017, Anais. Pirassununga: FZEA-USP, 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/zootec/trabalhos/zootecnia-de-precisao-zp-conceitos-aplicacoes-e-desafios>. Acesso em: 10 dez. 2022.

MARTINS, E.A, *et al* - **Tecnologias e Inovações para o Agronegócio - AgroFocus Sistema Ágil de Gerenciamento de Gado Leiteiro - IX Sintagro – Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio -2017.**

MATARAZZO, S. V. (2004). 143 f. **Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo Freestall para vacas em lactação.** 143 f. Universidade de São Tese (Doutorado em Agronomia) –Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

McLEOD, A. **World livestock 2011 –Livestock in food security**, FAO, 2011.

MENDONÇA, Andréia Tenório Autran *et al.* **Bem-estar animal: conceitos, importância e aplicabilidade para animais de companhia e de produção.** 2019.

MESQUITA, Sandra; CAPELO, Jorge; AGUIAR, Carlos. **Bioclimatologia.** *Vegetação de Portugal*, v. 4, p. 15-18, 2021.

MOLENTO, C. F. M. **Bem-estar e produção animal: aspectos econômicos.** Archives of Veterinary Science, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2005.

MOLIN, Luis Felipe Dal. **Plataforma IoT de baixo custo para monitoramento de clima e automatização do meio agropecuário.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso.

MONTEIRO, Maicon Gonçalves; BRISOLA, Marlon Vinícius; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil.** Texto para Discussão, 2021.

NEETHIRAJAN, S.; KEMP, B. **Digital Livestock Farming. Sensing and Bio-Sensing Research**, v. 32, p. 1-12, 2021.

NUNES COSMO, B. M.; GALERIANI, T. M. introdução a automação agrícola: automação nos sistemas de irrigação em tempo real. DESAFIOS - **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 179–193, 2022. DOI: 10.20873/uftv9-8742. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/8742>. Acesso em: 7 jan. 2023.

OLIVEIRA, Kassiana Adriano Pinto; DAMASCENO, Mariana Siqueira. Construção de maquetes de sistema de produção e criação de animais: viabilidade no nordeste evidenciada pelos alunos da disciplina de bioclimatologia. **Sinapse Múltipla**, v. 10, n. 1, p. 55-57, 2021.

ÖZEL, O.T.; SARIÇIÇEK, B.Z. Presence and importance of romanian microorganisms in ruminants. **TÜBAV J. Sci.**, v.2, p.277-285, 2009.

PANDORFI, Héilton; ALMEIDA, Gledson Luiz Pontes; GUISELINI, Cristiane. **Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura.** Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 13, p. 558-568, 2012.

RIBAS, M.N.; CALVALCANTE, L. F. L.; MACHADO, F. S.; PAIVA, C. A. V.; PEREIRA, L. G. R. **Pecuária de Precisão: Uso de tecnologias para apoio à tomada de decisão.** In: ZOOTECA, Santos, São Paulo, 2017.

RIBEIRO, Laryssa Freitas; COPOVILLA, Carla Carolina. Bem-estar animal e sua relação com a qualidade do leite: bem-estar animal e a qualidade do leite. **Revista GeTeC**, v. 12, n. 37, 2023.

ROBICHAUD, M. V., RUSHEN, J., PASSILLÉ, A. M., VASSEUR, E., ORSEL, K., PELLERIN, D. Associations between on-farm animal welfare indicators and productivity and profitability on Canadian dairies: I. On freestall farms. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 5, p. 4341-4351, 2019. DOI: doi.org/10.3168/jds.2018-14817

ROSARIO, Joao Mauricio. **Automação industrial**. Editora Baraúna, 2009

SOARES, Wedes de Oliveira; FARIA, Nádia Camila dos Santos. **Gerenciamento remoto da climatização de data center via IoT**. 2021.

SORIO, A. **Diagnóstico da oferta e demanda de ovinos e caprinos para processamento de carne, pele e leite na região central do Tocantins**. Tocantins: Triunfal, 2017.

SUNDMAEKER, Harald. *et al.* **Internet of Food and Farm 2020**. Digital and Virtual Worlds. 2016.

Teixeira, I.A.M.; Gomes, R.A.; Castagnino, D.S.; Figueiredo, F.O.M.; Härter, C.J.; Biagioli, B.; Silva, S.P.; Rivera, A.R. **Technological innovation in goat production**. *Revista Brasileira de Saúde Produção Animal*, 14(1): 104-120, 2013.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. **Competências organizacionais, trajetória tecnológica e aprendizado local na agricultura: o paradoxo de Prebisch**. *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 25, n. 3, v. 58, p. 599-630, dez. 2016.