

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LUIZ CLAUDIO MACENA ALVES

**Análise de requisitos para desenvolvimento de sistema de
informação baseado em IoT aplicada à cultura apiária de abelhas
*Apis Mellifera***

Pirassununga
2023

LUIZ CLAUDIO MACENA ALVES

**Análise de requisitos para desenvolvimento de sistema de
informação baseado em IoT aplicada à cultura apiária de abelhas
*Apis Mellifera***

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências do programa de Mestrado Profissional em Gestão e Inovação na Indústria Animal.

Área de Concentração: Gestão e Inovação na Indústria Animal

Orientador: Prof.^a Dra. Ana Carolina de Sousa Silva

Pirassununga
2023

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A474a Alves, Luiz Claudio Macena
Análise de requisitos para desenvolvimento de sistema de informação baseado em IoT aplicada à cultura apiária de abelhas Apis Mellifera / Luiz Claudio Macena Alves; orientadora Ana Carolina de Sousa Silva. -- Pirassununga, 2023.
89 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional Gestão e Inovação na Indústria Animal) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Sensoriamento. 2. Monitoramento. 3. Apicultura. I. Silva, Ana Carolina de Sousa, orient. II. Título.

LUIZ CLAUDIO MACENA ALVES

**Análise de requisitos para desenvolvimento de sistema de
informação baseado em IoT aplicada à cultura apiária de abelhas
*Apis Mellifera***

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências do programa de Mestrado Profissional em Gestão e Inovação na Indústria Animal.

Área de Concentração: Gestão e Inovação na Indústria Animal

Data de aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

1º Examinador – Presidente da Banca Examinadora

2º Examinador

3º Examinador

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Epígrafe

“A arte de se desenvolver o mais profundo diálogo no mais absoluto silêncio
somente se reserva aos grandes mestres”

Luiz Claudio Macena Alves

RESUMO

ALVES, L. C. M. Análise de requisitos para desenvolvimento de sistema de informação baseado em IoT aplicada à cultura apiária de abelhas *Apis Mellifera*. Ano 2023. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023.

Do ponto de vista tecnológico a cultura apiária possui algumas lacunas passíveis de maior desenvolvimento e exploração tais como: sensoriamento, predição, rastreabilidade, uso de ferramental tecnológico como redes neurais, *machine learning* (aprendizado de máquinas), *big data*, dentre outros. O uso destas ferramentas permitiria um maior controle de cada etapa do processo produtivo, refinando o poder de tomar decisões tornando-as mais assertivas. Deste modo, o presente trabalho propôs o sensoriamento de colmeias, para coletar os dados gerados durante os ciclos de produção. Assim, considerando as informações mais relevantes para a apicultura, as variáveis observadas foram: temperatura do ninho, umidade relativa do ar, gases (fumaça) e inclinação das colmeias (posição). Tendo como base os conceitos da IoT (*Internet of Things* – Internet das coisas), e se utilizando da rede de telefonia móvel para acessar a Internet, os dados coletados foram enviados para uma plataforma *online* por meio da qual foi possível ter acesso aos dados coletados promovendo a possibilidade de suporte à tomada de decisão, colaborando para um processo menos custoso no que tange o manuseio do apiário. Através dos experimentos realizados, foi possível avaliar o comportamento dos sensores e a eletrônica utilizados, bem como seu potencial para a automação dos processos inerentes à cultura estudada.

Palavras-chave: Sensoriamento, monitoramento, apicultura.

ABSTRACT

ALVES, L. C. M. **Analysis of requirements for the development of an information system based on IoT applied to the apiary culture of Apis Mellifera bees.** Ano 2023. Dissertação de mestrado - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023.

From a technological point of view, apiary culture has some gaps that can be further developed and explored, such as: sensing, prediction, traceability, use of technological tools such as neural networks, machine learning, big data, among others. The use of these tools would allow greater control of each stage of the production process, refining the power to make decisions, making them more assertive. In this way, the present work proposed the sensing of hives, to collect the data generated during the production cycles. Thus, considering the most relevant information for beekeeping, the observed variables were: nest temperature, relative air humidity, gases (smoke) and hive inclination (position). Based on the concepts of IoT (Internet of Things), and using the mobile phone network to access the Internet, the collected data were sent to an online platform through which it was possible to access the collected data. promoting the possibility of supporting decision-making, collaborating for a less costly process in terms of handling the apiary. Through the experiments carried out, it was possible to evaluate the behavior of the sensors and electronics used, as well as their potential for automating the processes inherent to the culture studied.

Keywords: Sensing. Sensing, monitoring, beekeeping.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1. Apicultura	15
3.2. Organização das Colmeias	16
3.3. Manejo.....	17
3.4. Sensoriamento remoto	20
3.5. Internet of Thing – IoT (Internet das Coisas)	27
3.6. Aplicações	28
3.7. Sensores	29
3.8. Transdutores	31
3.9. Atuadores	32
3.10. Microcontrolador	33
3.11. Sistemas de informação – computadorizados	35
4. Materiais e Métodos	37
4.1. Levantamento de requisitos junto aos apicultores.....	37
4.2. Materiais.....	38
4.2.1. Plataforma ThingSpeak	38
4.2.2. Placa de prototipagem	38
4.2.3. Sensor de temperatura	39
4.2.4. Sensor de temperatura e umidade	39
4.2.5. Sensor de Gás.....	40
4.2.6. Sensor de Inclinação	40
4.2.7. Bateria 12 volts.....	41
4.2.8. Regulador de tensão	41
4.2.9. Colmeia	42
4.2.10. Caixa hermética	43
4.3. Métodos.....	43
4.3.1. Construção do sistema de monitoramento	43
4.3.2. Teste e avaliação do comportamento do sistema.....	46
Sensor de Inclinação	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
5.1. Análise do levantamento de requisitos junto aos apicultores	51
5.2. Apresentação dos dados.....	53

5.3. Sensores.....	54
Temperatura ambiente	55
Umidade relativa do ar	56
Temperatura do ninho	56
Sensor de Inclinação	56
Qualidade do ar (gases).....	56
5.4. Bateria.....	59
5.5. Placa de prototipagem	59
Conclusão	61
REFERÊNCIAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

Sendo os insetos responsáveis por grande parte da polinização das plantas, as abelhas ocupam um papel de destaque nesta tarefa (MÁRCIA D´AVILA, 2005; CARLOS DE OLIVEIRA, 2016) . Sua contribuição se aplica tanto para as plantas com reprodução sexuada, sendo para estas de fundamental importância, quanto para as plantas com reprodução assexuada, proporcionando, em ambos os casos, melhoria na qualidade dos frutos, sementes e variabilidade genética (SOUZA; EVANGELISTA-RODRIGUES; PINTO, 2007).

Neste contexto, observa-se a relevância da referida tarefa desempenhada por estes insetos na agricultura contribuindo fortemente para a segurança alimentar (CHAM et al., 2017)

Muito embora os polinizadores sejam de elevada contribuição para a produção agrícola o uso de agrotóxicos aponta ser uma forte variável na causa da diminuição destes insetos.

Apesar de que a *Apis Mellifera* é incluída entre os organismos não-alvo na exigência dos testes de toxicidade para concessão de registro junto aos órgãos competentes para comercialização de defensivos agrícola, ainda assim, estas sofrem com o manejo destes produtos que podem causar a desorientação das mesmas em suas tarefas diárias de coleta de alimentos (polinização) impedindo-as de encontrarem o caminho de volta para as colmeias. Outro problema enfrentado neste cenário é a transmissão da contaminação por agentes químicos (agrotóxicos) das abelhas coletoras para o restante da colmeia culminando na morte do enxame.

Motivados por este impacto dos agrotóxicos, várias ações são adotadas pelo IBAMA bem como em alguns projetos de lei referentes a reavaliação de registros concebidos a diferentes tipos de produtos que já foram liberados para uso (CARLOS DE OLIVEIRA, 2016).

Devido às várias contribuições proporcionadas pelas abelhas, estas também são utilizadas com fins econômicos, como por exemplo na produção de mel, própolis, cera e etc.

Neste cenário, a atual metodologia de manejo na produção apícola no Brasil, em sua grande maioria, está muito aquém do momento atual das tecnologias disponíveis no cenário mundial (MACIEL et al., 2018).

No Brasil é comum encontrar processos rudimentares e deficientes de dados mais refinados acerca da produção, o que obriga os produtores a dispenderem constantes visitas aos apiários a fim de coletar dados dos mesmos. Essa realidade aumenta o custo da produção devido às distâncias percorridas até os apiários e o tempo necessário para tanto. Existe ainda a necessidade da utilização de vestimentas adequadas, bem como o emprego de ferramental próprio para abertura das colmeias e manuseio dos quadros de mel.

Além de ser custoso para o apicultor esse tipo de manejo também traz prejuízo para as abelhas, pois gera muito *stress* para na colmeia podendo ocasiona a morte de algumas abelhas. (FERREIRA MOJARAVSCKI et al., 2020).

Dessa maneira, os processos iniciais da cadeia produtiva da apicultura no Brasil não são encarados como uma parte essencial do negócio apícola e por tanto não são modernizados, ao contrário do que acontece com os processos finais da cadeia produtiva (beneficiamento).

Com pouca ou nenhuma coleta de dados acerca dos produtores e seu processo produtivo se torna muito difícil o rastreamento dos lotes produzidos antes do beneficiamento, o que dificulta a implementação de estratégias que permitam o aumento da produtividade da apicultura.

O crescimento do poder computacional no que tange a processamento, armazenamento, segurança e conectividade de dados; considerando ainda a expressiva redução nos custos que pode ser promovida pelo emprego dessas tecnologias, pode beneficiar também a apicultura, gerando um modelo de negócio disruptivo às práticas convencionais explorando campos onde a regência tecnológica dará ritmo a processos mais ágeis, econômicos, de produção elevada e maior rentabilidade.

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve por objetivo testar a hipótese de que ***“é possível implantar um sistema de monitoramento remoto de apiários, com foco principal nas etapas iniciais do processo produtivo”***. E, para testar essa hipótese, foram trabalhados os seguintes objetivos parciais:

1. Escolha de variáveis de simples aferição do processo e sensores adequados ao seu monitoramento.
2. Autonomia do conjunto de monitoramento – *Software, Hardware*, alimentação elétrica (baterias).
3. Conexão e transmissão de dados para a Internet com uso de chip da dados moveis.

3. REVISÃO DE LITERATURA

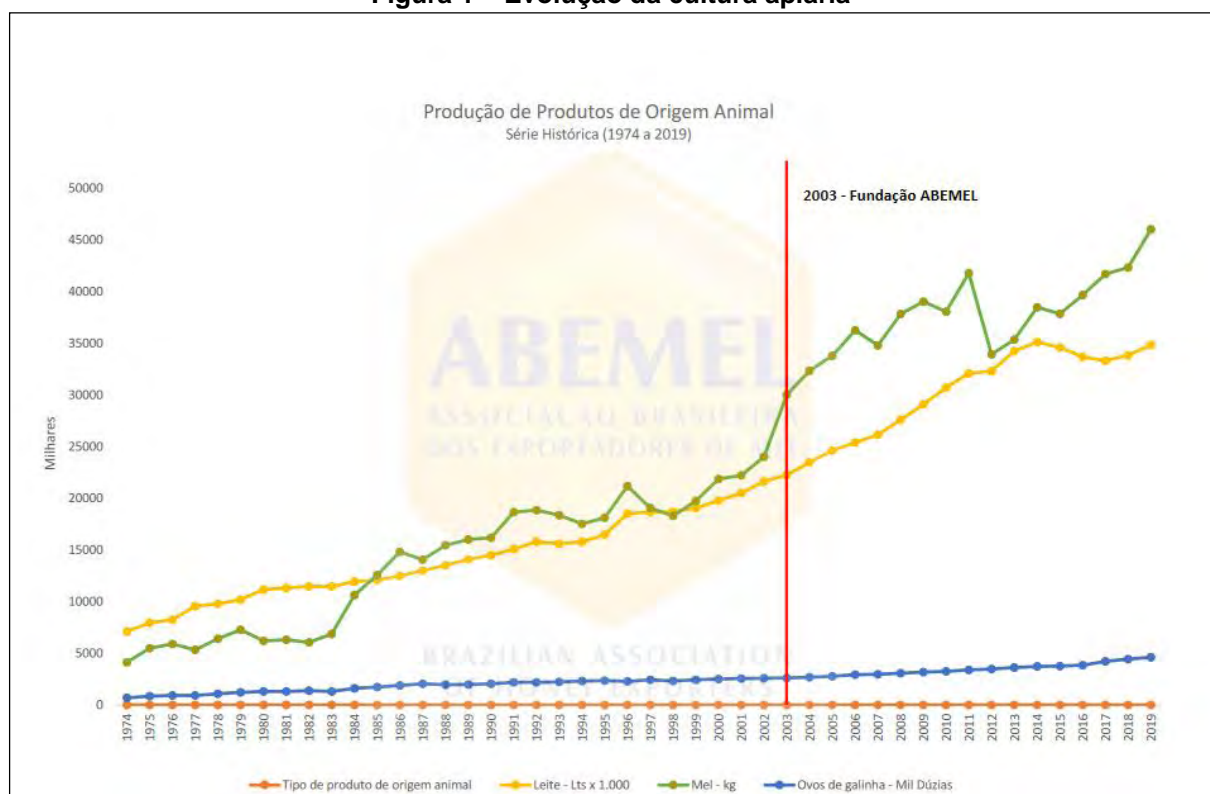
3.1. Apicultura

A apicultura como é conhecida atualmente se remonta a longa data. Passando por vários processos de transformação e entendimento relacionados a seu manejo teve no século XVII uma considerável evolução com um melhor entendimento acerca da reprodução das abelhas e seu comportamentos bem como desenvolvimento de técnicas de manejo e beneficiamento do mel.

Esta atividade vem em constante evolução e, a partir da criação da colmeia modelo Langstroth em 1851, pode-se observar um avanço grande nas práticas de manejo tornando-se uma das técnicas de manejo mais comum até a atualidade (ROCHA, 2008).

O gráfico da figura 1 evidencia o constante desenvolvimento da cultura apiária no Brasil a partir da década de 70, confirmando a importância deste segmento no mercado agrícola, visto que essa atividade necessita de pouco esforço para seu desenvolvimento, em comparação a outras dentro do campo da agricultura. Ainda, pode e recomenda-se seu desenvolvimento em paralelo a outras culturas como por exemplo a citricultura, pois essa sinergia contribui para uma melhor produtividade em ambas, haja vista o fundamental papel das abelhas como um dos principais agentes polinizadores na natureza.

Figura 1 – Evolução da cultura apiária



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE MEL – ABEMEL.

3.2. Organização das Colmeias

Até antes do século XVII não se tinha muitas informações acerca da composição das colmeias e suas dinâmicas de funcionamento acreditando-se que estas eram comandadas por um rei e não uma rainha. (ROCHA, 2008).

Após aprofundamento nos estudos e com o surgimento de ferramentas tais como o microscópio, por exemplo, pôde-se compreender melhor a biologia desses insetos. Desta forma, conhecendo o papel de cada um dos indivíduos dentro das colmeias, foi possível classificá-los de acordo com suas funções (ROCHA, 2008; Coleção SENAR AbelhAs Apis mellifera Instalação do apiário, 2009).

- **Rainha:** Vivem por aproximadamente cinco anos, é responsável pela postura dos ovos de sua colmeia. A rainha é fecundada por vários zangões durante seu voo nupcial, quando ainda é considerada uma princesa e foi escolhida para substituir uma rainha, estando esta morta por algum motivo, ou, por conta da divisão

do enxame, quando, frequentemente, a rainha mais velha deixa a colmeia para formar uma nova, promovendo o enxameamento por divisão

- **Zangão:** Com a função exclusiva de fecundar as futuras rainhas, as ainda princesas virgens, vivem por aproximadamente 80 dias e, caso venha a se acasalar com alguma princesa, este logo morrerá devido suas partes sexuais ficarem presas junto ao corpo da rainha após seu acasalamento.

- **Operária:** É responsável pelas funções de limpeza, alimentação das larvas e da rainha, coleta de alimento e a defesa da colmeia. Vivem entre 28 a 42 dias em média.

3.3. Manejo

Sendo a maneira mais comum de se montar uma colmeia, o modelo de Langstroth propicia ao apicultor uma agilidade no processo de manejo uma vez que utiliza medidas padronizadas respeitando as características de desenvolvimento dos favos pelas abelhas (ROCHA, 2008; Coleção SENAR AbelhAs Apis mellifera Instalação do apiário, 2009).

Assim, a partir desta padronização, todo ferramental para o manejo e beneficiamento podem ser aplicados com mais facilidade.

Para assegurar que não haja acidentes com animais e pessoas, os apiários devem ser montados longe de áreas urbanas bem como da criação de outros animais. O apicultor deve observar também os acessos disponíveis para se chegar ao apiário, pois constantes visitas serão necessárias em período de escassez de alimentos, sendo necessário neste período a introdução de alimentação artificial para garantir a robustez do enxame quando a florada estiver disponível (ROCHA, 2008). Ainda, neste quesito, o transporte do mel retirado será realizado pelo mesmo caminho. Sendo assim, a localidade do apiário deve ser bem estudada antes de seu desenvolvimento, pois de outra forma sua manutenção se tornará muito custosa (Coleção SENAR AbelhAs Apis mellifera Instalação do apiário, 2009).

Na figura 2 é mostrado o modelo da colmeia de Langstroth.

Figura 2 – Colmeia modelo Langstroth.



Fonte: SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR.
Coleção SENAR – 141 – Abelhas *Apis Mellifera* – Instalação do Apiário. Brasília:
SENAR, 2010.

Para o manejo das colmeias são utilizados os seguintes EPIs e ferramentas: Macacão, luvas, máscara, bota, chapéu, formão, vassourinha e fumigador conforme ilustrado nas figuras de 3 a 6 a seguir.

Figura 3: EPIs para manejo do apiário.



Fonte: SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR.
Coleção SENAR – 141 – Abelhas *Apis Mellifera* – Instalação do Apiário. Brasília:
SENAR, 2010.

Figura 4: Formão utilizado no manejo do apiário



Fonte: SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. Coleção SENAR – 141 – Abelhas *Apis Mellifera* – Instalação do Apiário. Brasília: SENAR, 2010.

Figura 5: Vassourinha utilizada no manejo do apiário



Fonte: SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. Coleção SENAR – 141 – Abelhas *Apis Mellifera* – Instalação do Apiário. Brasília: SENAR, 2010.

Figura 6: Fumigador

Fonte: SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. Coleção SENAR – 141 – Abelhas Apis Mellifera – Instalação do Apiário. Brasília: SENAR, 2010.

Apesar do emprego de ferramentas e práticas apropriadas durante o manuseio das colmeias, ainda há a possibilidade de acidentes que causarão a morte de algumas abelhas, normalmente por esmagamento.

Outro fator importante é a perturbação causada pelas movimentações necessárias para a realizar a inspeção de rotina nas colmeias. Esse procedimento causa alterações no microclima das mesmas obrigando as abelhas a gastarem energia extra para reequilibrar o ambiente interno.(BRAGA, 2020)

3.4. Sensoriamento remoto

Observado seu papel de fundamental importância no processo polinizador as abelhas encontram-se como foco principal do processo produtivo em algumas culturas desenvolvidas pelo agronegócio (MACIEL et al., 2018). Deste modo surge a necessidade dos gestores (apicultores e produtores rurais), bem como de pesquisadores, de buscarem novas técnicas de manejo mais alinhadas ao atual cenário mundial no que tange a emprego tecnologia, preservação do meio ambiente e alta rentabilidade produtiva.

De modo cooperativo a intersecção entre as áreas do conhecimento TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) e a apicultura apontam para novos caminhos juntando o manejo tradicional juntamente com a aplicação de novas

ferramentas, processos e procedimentos. Tal interação resulta em melhores técnicas de manejo possibilitando uma visão mais ampla de toda a cadeia produtiva (SIMÕES; SLUTER, ; ELISANGELA; AGUIAR¹; LÚCIA BRITO DA CRUZ, 2010; CARVALHO et al., 2020).

Com o avanço das TIC's e seu alto poder de aplicação em distintas áreas, a apicultura passa também a ter um olhar mais profissional a exemplo de culturas como a da soja, laranja e agropecuária. Com essa relação, variáveis antes ignoradas ou pouco exploradas na cadeia produtiva apiária, poderão ser estudadas de maneira mais detalhada, oferecendo a possibilidade de maior produtividade e controle dos processos, conforme observado no trabalho de (MACIEL et al., 2018).

As ferramentas oriundas da IA (inteligência artificial), como por exemplo as redes neurais artificiais (RNA), podem possibilitar que dados anteriormente ignorados ou pouco estudados tais como a direção e velocidade do vento do entorno das colmeias, poderão fornecer informação/conhecimento em um curto espaço de tempo dando base a tomadas de decisão com maior assertividade pelos gestores do negócio.

Por ser a apicultura uma atividade que demanda constante acompanhamento, ocorre que por muitas vezes o manuseio frequente das colmeias contribui para a mortalidade de algumas abelhas bem como para elevar o custo financeiro e de tempo de produção, considerando as distâncias percorridas entre apiários e locais de beneficiamentos (SILVA; E, 2017).

Observado ainda a impossibilidade de se coletar dados mais precisos acerca de cada colmeia, os processos decisórios se tornam desalinhados ao que exigem o cenário da atualidade, alinhado a diferentes técnicas e tecnologias de distintas áreas de aplicação, envolvendo um grande poder de coleta de dados em diferentes etapas produtivas tornando cada produto único dada o alto grau de conhecimento do mesmo em seu processo produtivo.

Com base em alguns estudos já realizados, o monitoramento não invasivo de colmeias, aponta para uma direção a qual insere o apicultor em um cenário mais assertivo visto a capacidade que este passará a desenvolver no manejo de seus apiários (MACIEL et al., 2018). Deste modo, dados anteriormente coletados de maneira presencial poderão ser acessados de maneira remota, sem a necessidade de abrir as colmeias ou estar presente no local.

Em paralelo ao entendimento supracitado (RODRIGUES, 2004), evidencia em seu trabalho a importância da observação de algumas variáveis tais como a temperatura e a umidade no comportamento dos insetos.

Visto a necessidade de contribuir com a termorregulação dos insetos e, no caso das abelhas *apis mellifera*, onde a média ideal para a temperatura de seus ninhos deve ficar em torno de 34,5°C para uma melhor produtividade (ALMEIDA, 2008), a harmonia com a localidade onde se desenvolve a atividade apícola deve ser respeitada, pois um dos fatores que contribuem para o enxameamento por abandono é a desregulação da temperatura das colmeias (RODRIGUES, 2004).

Em alguns trabalhos já desenvolvidos acerca do tema são observadas, de maneira não invasiva, as variáveis temperatura, vibração, umidade, áudio, imagens, gases, massa das colmeias e seu entorno (MACIEL et al., 2018). Dentre essas, a variável mais estudada foi a temperatura, que tem alto grau de importância para o desenvolvimento das colmeias (RODRIGUES, 2004).

Por meio deste sensoriamento se torna possível a diminuição das inspeções invasivas que são prejudiciais ao desenvolvimento das colmeias, principalmente no inverno, quando o enxame se encontra em tamanho reduzido. Ainda por meio desta metodologia é possível extrair a estatística dos dados propiciando uma melhor compreensão do comportamento das colmeias, como por exemplo o enxameamento por abandono (RODRIGUES, 2004; BENCSIK et al., 2011, 2015). Compreendendo as diferentes características por meio da análise dos dados coletados em tempo real, é possível prever um enxameamento possibilitando ao apicultor tomar as devidas providências antes do abandono do enxame.

Ainda em alinhamento ao raciocínio discutido nos parágrafos anteriores, observa-se uma necessidade constante de entender melhor certas características do comportamento das abelhas em distintos cenários. Nesse sentido, o trabalho publicado por BRAGA (2020), refere uma análise dos dados coletados de forma remota em seis apiários contendo no total vinte e sete colmeias ao longo de três anos. O objetivo foi prever o comportamento das abelhas por meio de algoritmos conhecidos, sendo eles: k-Nearest Neighbors, Random Forest, e Neural Networks.

Foram coletados dados internos e externos às colmeias. No interior das colmeias foram coletados a temperatura (°C) e massa das colmeias; externamente às colmeias os dados foram coletados a partir de estações meteorológicas sendo estes:

temperatura, ponto de orvalho, direção e velocidade do vento e precipitação. Estes dados foram confrontados por inspeções *in loco* a fim de confirmar as leituras realizadas pelos sensores. BRAGA (2020) mostrou que a temperatura interna das colmeias exerce uma forte correlação com as demais variáveis medidas, mostrando ser um parâmetro de elevada importância para a predição do comportamento das abelhas. O experimento citado mostrou que houve pouca variação entre os resultados dos algoritmos testados e todos eles se mostraram eficientes na interpretação dos dados podendo fornecer uma predição segura para os apicultores.

HALACHMI et al., (2019) destacam também algumas aplicações abordando o uso de diferentes sensores com a finalidade de prever resultados que as variáveis ambientais podem causar no comportamento dos animais observados, assim, a tabela 1 mostra a quantidade e as aplicações de sensores usados em algumas culturas agrícolas.

Tabela 1 - Aplicações animais (linhas) versus tecnologias de detecção (colunas)

Aplicações		Sensores										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		Visão computacional (Câmeras)			Análise Sonora	Superfície de resposta	Acelerômetros: pescoço, pernas e bicos (etiqueta)	Posicionamento GPS, Baixa frequência RFID, UWB RFID, radar	Célula de carga	Bolus	Nariz eletrônico	Outros
Térmica	3D	RGB										
1	Pontuação da condição corporal	Laticínios	Laticínios	Laticínios								Laticínios
2	Peso corporal		Porcos Gado		Frangos				Laticínios Frango	Laticínios , Gado de corte		
3	Detecção precoce de claudicação	Laticínios Aves Cavalos	Laticínios	Laticínios Aves	Porcos	Laticínios	Laticínios, Porcos	Laticínios	Laticínios	Laticínios Porcos	Laticínios Aves	
4	Quantificando a dor e o estresse	Ovelhas cabras		Cavalos	Porcos		Laticínios					
5	Consumo de ração e comportamento alimentar		Laticínios	Laticínios	Laticínios , Gado de corte, Aves, Ovelhas, Cabras			Laticínios	Laticínios	Gado		
6	Ingestão de água								Ovelhas, Cabras			Cabras
7	Tempo de ruminação				Laticínios		Laticínios					

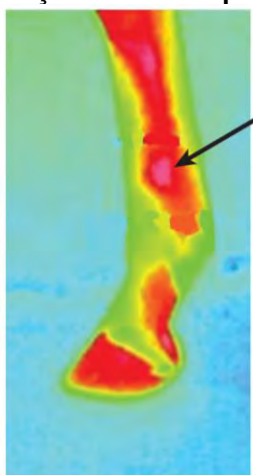
8	Detecção de estros						Laticínios, Porcos	Laticínios				
9	Produção e composição do leite											Laticínios
10	Detecção de parto			Cavalos			Laticínios					
11	Temperatura corporal	Aves										Laticínios
12	Comportamento agressivo			Porcos								
13	Quantificando o bem-estar animal				Porcos							
14	Manejo de pastagem							Gado de corte, Laticínios	Gado de corte, Rena			
15	Esgrima Virtual							Gado de corte, Laticínios, Ovelhas, Cabras				
16	Frequência cardíaca											Gado de corte
17	Qualidade do ar										Laticínios, Gado de corte, Aves Porcos	

Fonte: HALACHMI et al., 2019

Tendo como exemplo ainda o supracitado trabalho, destacando uma das aplicações, a coleta de imagens térmicas, com a finalidade de monitorar possíveis anomalias na saúde dos animais antes mesmo de uma averiguação clínica.

Por exemplo, a figura 7 mostra a lesão detectada em destaque na observação da imagem térmica. Essa mesma técnica poderia ser utilizada para avaliar as condições ambientais da colmeia e o comportamento dos insetos conforme trabalho de (SHAW et al., 2011).

Figura 7 - Detalhe de inflamação detectado por meio de imagem térmica



Fonte: *Annual Review of Animal Biosciences Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensors to Improve Animal Well-Being and Production*

3.5. Internet of Thing – IoT (Internet das Coisas)

IoT (*Internet of Things* – Internet das Coisas), termo usado inicialmente no final da década de 90 (QUEIROZ et al., 2020; LIMA et al., 2021) para descrever o início de algo que se tornaria mais comum alguns anos a diante. IoT, vem tomando espaço à medida que novas tecnologias surgem e, desta forma, proporcionando a conectividade de diferentes “coisas” com a Internet. Neste sentido, esta conectividade corrobora para um horizonte disruptivo em distintas áreas de aplicação se tornando ubíqua nestes cenários (PACHECO; KLEIN; RIGHI, 2016).

Com essa possibilidade das “coisas” estarem conectadas, os modelos de negócios tendem a se adaptarem a esta transformação digital agregando novos

valores ao mesmo tendo um foco mais consciente na forma da coleta e tratamento de dados.

Nesse ecossistema, onde a conectividade tem fundamental importância, pode-se observar, ao menos nos centros urbanos, onde o desenvolvimento segue um ritmo mais acelerado, muitos dispositivos entrelaçados ao cotidiano das pessoas, tais como assistentes de voz, monitores biométricos presos ao corpo e etc.

Em oposição ao cenário supracitado, no campo há uma grande dificuldade de conexão, visto a falta de investimento das empresas de Telecom nestas regiões (LIMA et al., 2021). Ainda, a exemplo das indústrias, existem vários dispositivos e redes diferentes o que culmina em uma falta de padronização de protocolos de comunicação, dificultando ainda mais a utilização destes.

Muito embora a falta de Internet e padronização de protocolos dificultem a implementação de soluções, algumas alternativas surgem a fim de contornar estes empecilhos. Com a implantação de torres de comunicação em áreas remotas, redes privadas são desenvolvidas provendo a possibilidade de monitoramento em tempo real das atividades desenvolvidas no campo, onde se torna possível a correção de falhas em plantio e pulverização, bem como o acompanhamento do microclima de ambientes controlados e o bem estar animal, por exemplo (QUEIROZ et al., 2020).

Ainda neste sentido, há um esforço das organizações de padronização as quais buscam a adoção de protocolos de comunicação unificado, juntamente com as agências governamentais, com o licenciamento de frequências específicas de RF (rádio frequência) objetivando a ampliação do espectro de coberturas das redes de Telecom (LIMA et al., 2021).

Assim, fica evidente a necessidade de harmonia de distintas áreas para um bom funcionamento da IoT.

3.6. Aplicações

O avanço das tecnologias bem como as necessidades impostas ao aumento da produção agrícola considerando juntamente as restrições ambientais, as TICs se destacam no auxílio de soluções práticas e inteligentes corroborando para o desenvolvimento de um ecossistema capaz de contribuir com este novo modelo de negócio emergente no campo agrícola (SIMIONATO et al., 2021).

Buscando promover um melhor controle da produção, sensores e atuadores são inseridos/implantados em diferentes ambientes e também em distintas

partes dos animais (HALACHMI et al.,). Neste contexto, a geração de dados fornece base para criação de informações e conhecimentos sendo fonte fundamental para apoio à tomada de decisão neste cenário.

Ainda neste sentido, o emprego dos sensores e atuadores, quer sejam automáticos, automatizados, ou ainda acionados por um operador, permite interferir no andamento de um processo. Assim, técnicas de monitoramento de apiários como as apresentadas nos trabalhos de MACIEL et al., 2018 e RAFAEL BRAGA et al., 2020, podem contribuir para automação do processo de termorregulação tendo como atuadores do processo, por exemplo, resistências elétricas, atuando no aquecimento da colmeia e arrefecedores atuando em seu resfriamento.

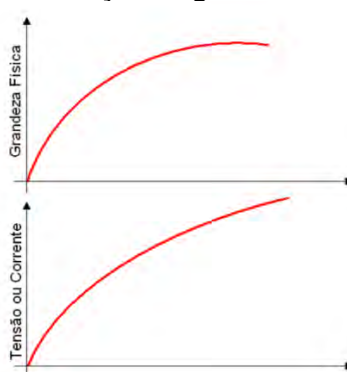
3.7. Sensores

Os sensores são dispositivos que reagem às variáveis físicas do ambiente onde estão inseridos a fim de que estas possam ser medidas. A saída dos sensores é comumente conectada a um sistema de instrumentação que acondiciona o sinal para que possa ser lido usando um computador, microcontrolador ou um CLP (Controlador Lógico Programável). Desta forma os dados coletados são introduzidos no ambiente computacional para as finalidades projetadas, servindo como base para tomada de decisões humanas, por meio de uma IHM (Interface Homem Máquina), ou por atuadores acoplados aos controladores/processadores.

Os sensores servem para medir diferentes grandezas dentro de sua faixa de operação. Estes podem ser analógicos ou digitais.

- Sensores analógicos: Podem mensurar uma infinidade de pontos dentro de sua faixa de atuação como por exemplo o voltímetro ou amperímetro (Gráfico 1).

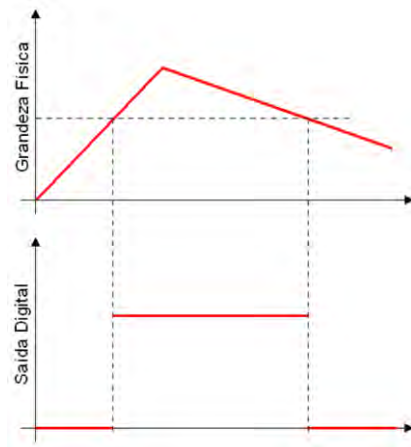
Gráfico 1 - Medição de grandezas analógicas



Fonte: (WENDLING, 2010)

- Sensores digitais: Atuam na medição de grandezas discretas verificando, por exemplo, a presença de pressão ou não, ou ainda, a presença de luz em determinada aplicação (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Medição de grandezas digitais



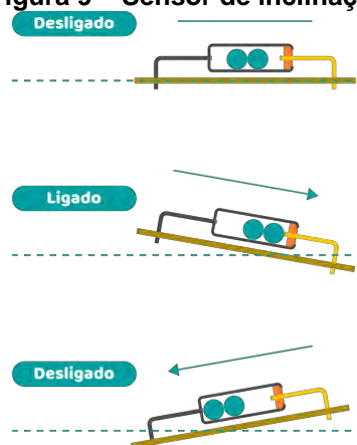
Fonte: (WENDLING, 2010)

Considerando ainda seus modos de atuação, os sensores podem executar estas tarefas de forma eletrônica ou mecânica. Um exemplo de sensor eletrônico é o sensor de temperatura (Figura 8), já o mecânico seria o sensor de inclinação (Figura 9).

Figura 8 – Sensor de temperatura



Fonte: Adaptado pelo autor

Figura 9 – Sensor de inclinação

Fonte: Adaptado pelo autor

3.8. Transdutores

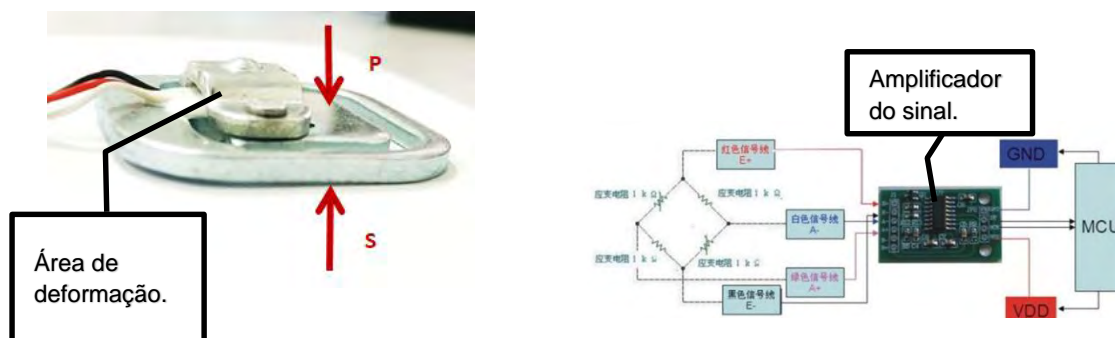
Muito embora na maioria das vezes sejam tratados como sensores, os transdutores, diferente dos sensores, convertem as grandezas (energia) obtidas pelos sensores em outra que possa ser medida. Sendo assim, pode-se entender que o transdutor converte uma energia em um sinal elétrico passível de ser medido e que é proporcional ao estímulo de entrada (MOTTA, 2002; RAFAELLI, 2007).

Os transdutores podem ser ativos, onde este não necessita de um fonte de energia para gerar seu sinal elétrico. Já no caso dos passivos, estes necessitam de uma fonte de energia elétrica para a geração do sinal a ser medido.

Na maioria dos casos os transdutores são encontrados em uma única peça junto com o sensor.

Nas figuras a seguir são exibidos dois exemplos de transdutores. Na primeira (Figura 10), são capturadas as variações da deformação mecânica sofrida pelo material através de um sensor, comumente um extensômetro, e então a variação da resistência do extensômetro é transformada em um sinal elétrico amplificado e filtrado os ruídos por meio de um sistema de instrumentação.

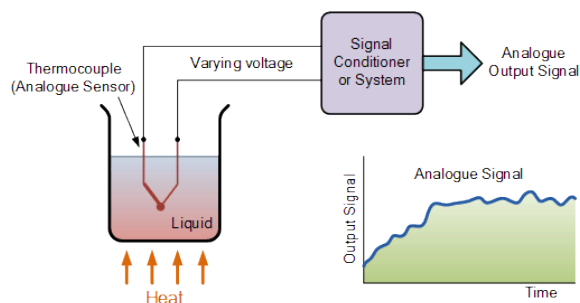
Figura 10 – Célula de carga



Fonte: Adaptado pelo autor.

Na figura 11 é exemplificado o esquemático da leitura da temperatura de um recipiente por meio de um termopar onde este gera um sinal elétrico proporcional à temperatura medida, de forma que este sinal possa ser amplificado e medido.

Figura 11 - Leitura de temperatura



Fonte: https://www.electronics-tutorials.ws/io/io_1.html

3.9. Atuadores

São elementos projetados para interferir (atuar) no andamento de algum tipo de processo. Para tanto recebem algum estímulo (comando), podendo ser este: manual, mecânico ou eletrônico (SANTOS et al., 2017).

Com a ação dos atuadores é possível alterar o *status* de alguma variável do processo podendo ser: temperatura, direção, pressão etc. (CAMARGO, 2014)

Os atuadores podem ser encontrados em diferentes tipos:

- Eléctricos
 - Motores
 - Resistência eléctrica
 - Solenoides
- Hidráulicos
 - Válvulas
 - Motor
 - Pistão hidráulico
- Pneumáticos
 - Pistão pneumático

Além deste formatos distintos eles ainda podem apresentar a combinação de todos os tipos em um único elemento.

A figura 12 a seguir ilustra o exemplo de um atuador. Neste caso, o mesmo exerce sua função aquecendo a superfície e o ambiente em contato com o mesmo.

Figura 12 – Aquecedor externo para abelhas sem ferrão

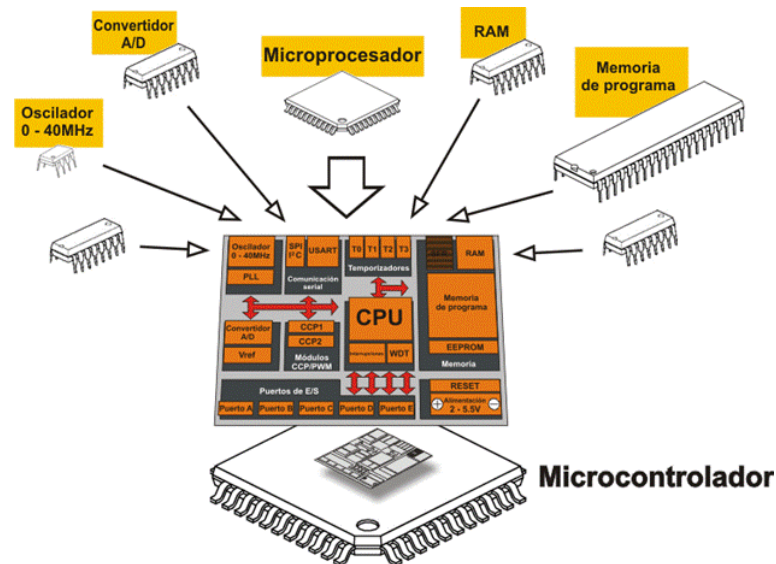


Fonte: Adaptado pelo autor.

3.10. Microcontrolador

Construídos com o intuito de prover tarefas específicas de acordo com sua programação, os microcontroladores possuem incorporados dentro de um único invólucro todos os recursos necessários a seu funcionamento. A figura 13 ilustra sua composição interna (CRISPIM, 2020).

Figura 13 - Esquemático de um microcontrolador



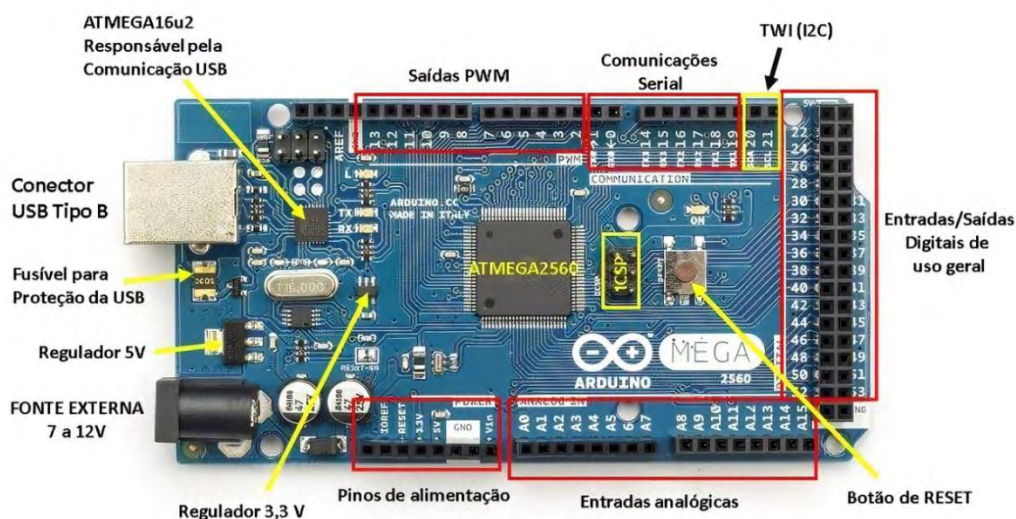
Fonte: <https://microsintroduccion.blogspot.com/2014/04/arquitectura-interna-y-externa-del.html>

Sua aplicação se destina a projetos cujo objetivo está na capacidade de controle, baixo consumo de energia, tamanho reduzido e também baixo custo monetário. Deste modo este componente encontra-se presente em distintos produtos comuns do mercado como: TVs, geladeiras, carros, brinquedos e etc.

Com a redução expressiva de seu valor, estes componentes se popularizaram e compõem uma ampla gama de plataformas de prototipagem tais como Arduino, ESP32 entre outras.

A figura 14 a seguir exemplifica a plataforma de prototipagem Aduino embarcada como microcontrolador ATMEGA 2560.

Figura 14 - Plataforma de prototipagem Aduino



Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/95/9c/73/959c735aad2c53d51a50688cc9b23856.jpg>

3.11. Sistemas de informação – computadorizados

Objetivando atuar como uma ferramenta do processo de gestão, os sistemas de informação auxiliam os tomadores de decisão a optarem pelo caminho mais assertivo baseado em sua coleção de dados e processos alinhados com o foco da organização.

Para manter alusivo alinhamento com a organização o desenvolvimento dos sistemas de informação – SI, deve ocorrer de modo a contemplar o entendimento de todos os atores participantes dos processos organizacionais (LUDMER - PROFESSOR; RODRIGUES FILHO; LUDMER, 2005); assim, esta ferramenta poderá entregar os resultados esperados durante sua aplicação.

Atualmente com o advento da computação grande parte dos SI's são baseados em computadores (CORRÊA JANNUZZI; FALSARELLA; SUGAHARA, 2014). Assim, esta ferramenta traz agilidade na manipulação dos dados envolvidos nos processos gerenciais.

Tendo como foco principal a produção de informação a partir da coleta, armazenamento e recuperação de dados, esta ferramenta possibilita a inserção de toda a documentação da organização sendo então esta gerida por meio do SI.

Para que este “ecossistema” funcione em harmonia o ambiente de TI deve ser levado em consideração garantindo a sinergia entre os atores envolvidos (BIANCOLINO, 2010). Desta forma, processos, pessoas, infraestrutura de TI (*hardware, software* e estrutura de telecomunicações) e aplicação de atualizações aos sistemas e processos, quando necessário, são fundamentais (LÖBLER et al., 2011).

4. Materiais e Métodos

O objetivo deste trabalho foi implantar um sistema de monitoramento remoto de apiários, com foco principal nas etapas iniciais do processo produtivo. Assim, conhecendo as principais variáveis influenciadoras diretas e indiretas da cadeia produtiva (ALMEIDA, 2008; CATANIA; VALLONE, 2020; RAFAEL BRAGA et al., 2020) foi realizada a coleta de dados de temperatura interna e externa à caixa, umidade relativa do ar e gases por meio de sensores fixados na colmeia.

Para realização de dada pesquisa referido projeto fora submetido às suas respectivas comissões de ética, 5422 - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo – USP sob o número 63087622.0.0000.5422 e CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais sob o número 1281101022 para obtenção do consentimento no prosseguimento da pesquisa.

4.1. Levantamento de requisitos junto aos apicultores

Para um melhor entendimento dos diferentes cenários presentes dentro do processo apícola fora aplicado um questionários via *Google Form* publicado via grupos de *WhatsApp* das cooperativas de apicultores considerando todo o território nacional. Referido questionário é composto de 24 questões que podem ser vistas no ANEXO I. De forma resumida, as questões levantaram o número de apiários por apicultor, frequência de visitação aos mesmos, distâncias percorridas, dificuldade de acesso, custo financeiro, facilidade de receber informações do estado dos apiários, além de questões de manejo que, futuramente, com um entendimento mais refinado deste processo, poderiam nortear aplicações de inteligência artificial, bem como automação de alguns processos.

Em conjunto com a revisão da literatura, o entendimento dos processos junto aos apicultores permitiu embasar a escolha dos sensores, o tipo plataforma de prototipagem bem como o tipo de programação utilizados neste trabalho.

4.2. Materiais

Para leitura dos dados citados anteriormente foram utilizados os seguintes materiais:

4.2.1. Plataforma ThingSpeak

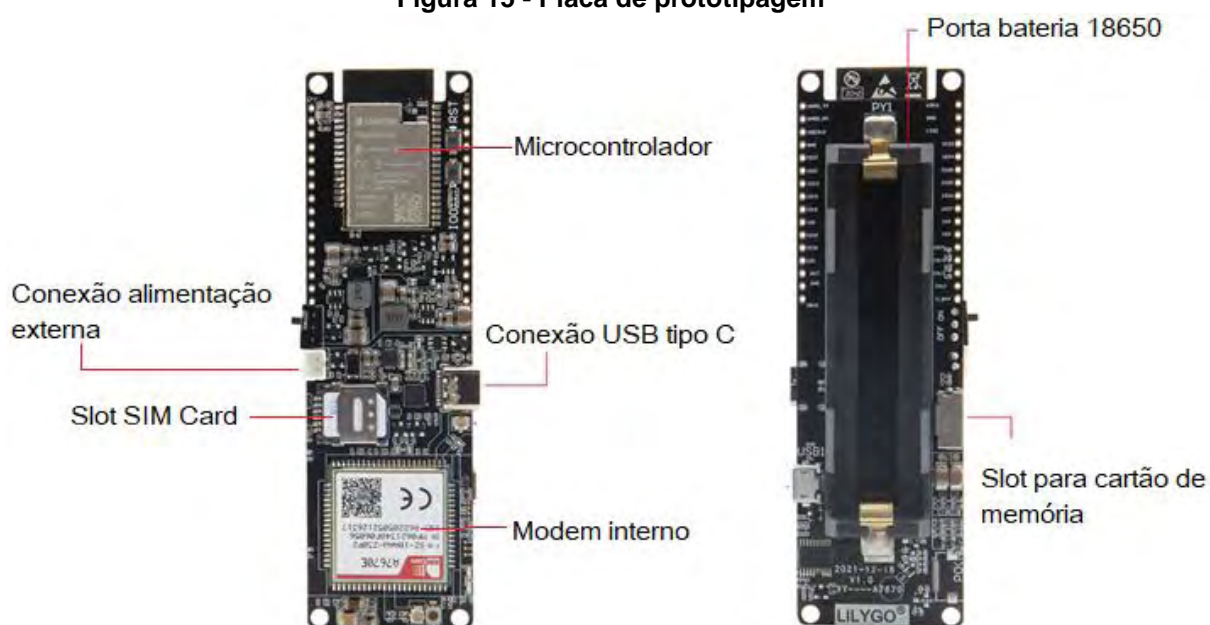
A plataforma ThingSpeak é um serviço de plataforma de análise de IoT que permite agregar, visualizar e analisar fluxos de dados na nuvem em tempo real, bem como a possibilidade de se fazer *download* dos dados caso seja necessários, o que possibilita a análise dos dados com outras ferramentas para este fim. Ela foi escolhida por apresentar simplicidade em sua programação e monitoramento de dispositivos remotos, bem como dar suporte gratuito para este tipo de experimentação.

4.2.2. Placa de prototipagem

O módulo ESP32-WROVER-B SIM7600A é uma placa de prototipagem que contém embarcada na mesma um microcontrolador ESP32, suporte para cartão micro SD, modem GSM, *slot* para chip de telefonia móvel, GPS (*Global Position System* – Sistema de Posicionamento Global), *wi-fi*, *BlueTooth*, suporte para bateria e conexão para alimentação via painel solar.

Na figura 15 são mostradas as principais características físicas desta placa de prototipagem.

Figura 15 - Placa de prototipagem



Fonte: Adaptado pelo autor

4.2.3. Sensor de temperatura

O sensor de temperatura utilizado foi o DS18B20, possuindo as seguintes características: Trabalha com faixa de medição de -55 a 125° C, sua precisão é de 0,5°C e resolução de 9 a 12 bits. O modelo utilizado possui um invólucro metálico que protege o sensor e suas conexões no ambiente de trabalho. A figura 16 ilustra suas características físicas do sensor.

Figura 16 - Sensor de temperatura



Fonte: Adaptado pelo autor

4.2.4. Sensor de temperatura e umidade

Para a medição da temperatura externa bem como a umidade relativa do ar, o sensor a ser utilizado é o DHT22 o qual apresenta as seguintes características: Alimentação DC entre 3,3 a 6 Volts, faixa de trabalho entre 0 a 100% para umidade relativa do ar e -40 a 80° C para temperatura ambiente sua precisão é de 2% a 5% para a umidade relativa e 0,5% para a temperatura. A figura 17 a seguir ilustra suas características físicas.

Figura 17 - Sensor de temperatura e umidade

Fonte: <https://cdn.awsli.com.br/600x700/468/468162/produto/19414404/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht22-am2302-4cc9eabe.jpg>

4.2.5. Sensor de Gás

Para a medição da presença de fumaça próximo às colmeias foi utilizado o sensor de gás modelo MQ-135 que apresenta as seguintes características: tensão de alimentação 5 volts, temperatura de trabalho entre -10 a – 45° C Umidade relativa do ar < 95%, capaz de detectar a presença de gases como amônia, sulfeto, enxofre, fumaça entre outros. Suas características físicas são ilustradas na figura 18.

Figura 18 - Sensor de Gases

Fonte: <https://uploads.filipeflop.com/wp-content/uploads/2017/07/1-25.jpg>

4.2.6. Sensor de Inclinação

Para verificar a posição da colmeia foi utilizado o módulo sensor de inclinação modelo Sw520d; suas características são: tensão de trabalho de 3,3 a 5 volts, precisão entre 15 e 45°, provido de um circuito amplificador operacional LM393. Suas características físicas são ilustradas na figura 19.

Figura 19 – Módulo Sensor de Inclinação



Fonte: Adaptado pelo autor

4.2.7. Bateria 12 volts

Como fonte de alimentação dos equipamentos foram usadas baterias de 12 volts, corrente 7.2 Ah.

Figura 20 - Bateria de 12 Volts



Fonte: Adaptado pelo autor

4.2.8. Regulador de tensão

O regulador de tensão modelo 100W 12A do tipo *step down*, foi usado para adequar a tenção de alimentação para a placa de prototipagem e os sensores a ela conectados. Características: Tensão máxima de entrada de 5 a 30 volts, Saída de 2 a

28 volts e corrente máxima de saída 12 amperes. A figura 21 ilustra as características do regulador utilizado.

Figura 21 - Regulador de tensão



Fonte: Adaptado pelo autor

4.2.9. Colmeia

Para o monitoramento foi utilizado uma caixa de abelha modelo *Langstroth* cujas características físicas são apresentadas na figura 22.

Figura 22 - Colmeia modelo *Langstroth*



Fonte: Adaptado pelo autor

4.2.10. Caixa hermética

Foi utilizada uma caixa hermética plástica (figura 23) com as seguintes medidas largura 240mm, altura 180mm e profundidade de 100mm. Esta caixa foi utilizada para acomodação de alguns sensores e o microcontrolador.

Figura 23 - Caixa hermética



Fonte: Adaptado pelo autor.

4.3. Métodos

4.3.1. Construção do sistema de monitoramento

Para a montagem dos sensores e microcontrolador foi seguido o diagrama conforme figura 24.

Figura 24 - Diagrama disposição sensores

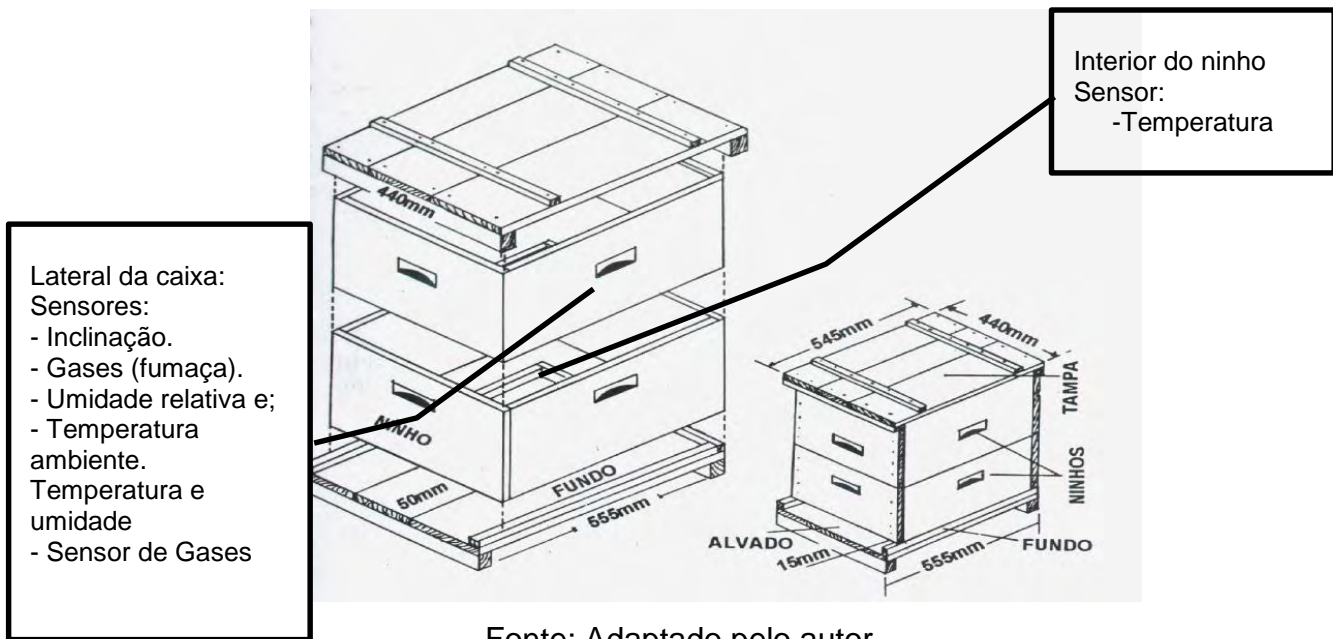


Figura 25 - Caixa hermética afixada



Para os sensores afixados na lateral da caixa, conforme figura 25, foi utilizada uma caixa hermética afixada por meio de parafusos.

Ainda nesta lateral, dentro do referido recipiente, há um pequeno orifício destinado à exposição do sensor de gases e outro para o de temperatura e umidade relativa do ar, conforme disposto na figura 26. No entanto, ambos os sensores possuem proteção contra água da chuva como mostra a figura 27. No interior deste recipiente encontra-se o sensor de posição, uma bateria de 12 volts, a placa de prototipagem e o regulador de tensão conforme figura 28.

Figura 26 - Orifícios para leitura externa



Fonte: Próprio autor

Figura 27 - Proteção sensores



Fonte: Próprio autor

Figura 28 - Disposição interna da caixa hermética



Fonte: Próprio autor.

4.3.2. Teste e avaliação do comportamento do sistema

Tendo como base a revisão da literatura bem como o levantamento de requisitos junto aos apicultores, para avaliação do comportamento dos componentes envolvidos nos dois experimentos foram realizados os testes descritos a seguir. Ambos os testes foram realizados em ambientes controlados, no entanto, um em ambiente abrigado do sol e da chuva (somente caixa hermética e componentes) – experimento 1 e outro afixado a uma caixa sem as abelhas exposto a céu aberto – experimento 2, conforme mostra a figura 29 abaixo.

Figura 29 - Experimento externo



Fonte: Próprio autor.

As experimentações foram realizadas de 29 de dezembro de 2022 a 29 de janeiro de 2023.

Conexão, transmissão e apresentação dos dados

Para o desempenho da rotina de leitura dos sensores e o processamento dos dados, o microcontrolador foi programado utilizando a linguagem de programação C++ com a IDE (*Integrated Development Environment* - Ambiente de Desenvolvimento Integrado) do Arduino.

A rotina programada consistiu em fazer a leitura dos sensores, tratar os dados lidos de modo a estarem no padrão da plataforma *ThingSpeak*, estabelecer a conexão com a torre de telefonia móvel, fazer a conexão com a plataforma *ThingSpeak*, enviar os dados e entrar em *stand by* por cinco minutos desligando

algumas funções de processamento e as conexões sem fio com a finalidade de reduzir o consumo da bateria. Transcorrido o tempo estipulado, a rotina se inicializa de modo automático repetido o ciclo novamente.

Para indicativo de sucesso ou erro nas rotinas de conexão e envio dos dados foi programado um sinal de alerta por meio de um sinalizador LED, afixado na lateral da caixa hermética (figura 30) o qual pisca em intervalos de 500 ms em caso de sucesso das rotinas e, em intervalos de 1 segundo em caso de erro.

Figura 30 - LED indicador



Fonte: Próprio autor.

Por meio do *slot* para SIM CARD da placa de prototipagem (figura 15) foi inserido um chip comum de celular. Este chip foi utilizado para fazer a conexão via dados móveis, disponibilizados pela maioria das operadoras de telefonia móvel.

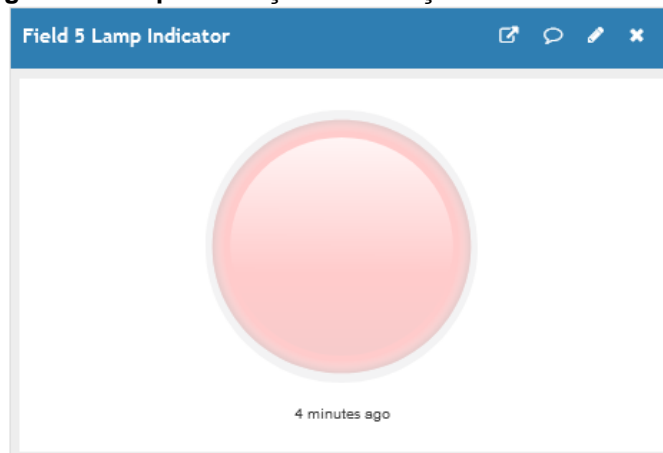
Após o estabelecimento da conexão bem sucedida com a operadora, foi feita uma requisição HTTP junto a plataforma ThingSpeak para envio e armazenamento dos dados lidos.

Sensor de Inclinação

Para o sensor de inclinação da colmeia (caixa), foi configurado na plataforma ThingSpeak, uma sinalização que representa uma lâmpada indicadora de emergência na cor vermelha onde, o vermelho opaco representa uma situação normal

da inclinação da colmeia (Figura 31) e o vermelho “vivo” uma situação de emergência – tombamento da colmeia (Figura 32).

Figura 31 - Representação de situação normal da colmeia



Fonte: Adaptado pelo autor.

Figura 32 - Representação de alerta de tombamento da colmeia

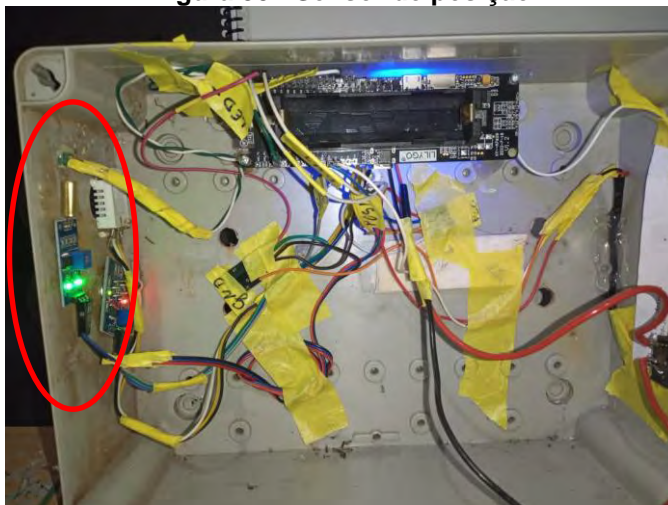


Fonte: Adaptado pelo autor.

Este sensor apresenta apenas dois estados, “verdadeiro” ou “falso”, representando em seus estados a colmeia em sua inclinação normal (vertical) e o outro em situação de caída.

Considerando os três graus de liberdade da caixa, havendo uma rotação entre 15° a 45° nos eixos X ou Z o sensor é acionado.

O sensor de inclinação foi afixado na parte interna da caixa hermética, conforme figura 33 abaixo, de modo que ficasse na posição vertical e, desta forma, seja capaz de detectar o tombamento de todo o conjunto.

Figura 33 - Sensor de posição

Fonte: Próprio autor.

Sensor de gases

No experimento 1, foi provocado uma perturbação na qualidade do ar inserindo fumaça próximo ao sensor, conforme figura 34 a seguir. Esta perturbação foi captada pelo sensor e transmitida com sucesso para a plataforma de monitoramento. Esta exposição teve início às 19 horas e 15 minutos do dia 26 de janeiro de 2023, tendo sua duração de aproximadamente uma hora e vinte minutos conforme mostrado na tabela 3.

Figura 34 - Inserção de fumaça no sensor

Fonte: Próprio autor

Sensor de temperatura do ninho

Este sensor fora colocado dentro de um recipiente com água (figura 35) para aumentar sua superfície de contato para leitura visto que este estaria em contato com a superfície do ninho. No experimento 2 este recipiente com água foi colocado dentro da caixa (colmeia) e no outro experimento não.

Figura 35 – Superfície de contato para sensor de temperatura interna



Fonte: Próprio autor.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise do levantamento de requisitos junto aos apicultores

A pesquisa junto aos apicultores foi respondida por 56 participantes e as respostas completas podem ser vistas no ANEXO II.

O perfil dos participantes foi muito amplo, desde o indivíduo que está estudando o negócio até um produtor com 100 apiários. Em relação à quantidade de caixas no apiário, os números variaram entre 10 e 50, com a maioria relatando ter 20 caixas. O questionário obteve respostas de produtores de todas as regiões do país, com menor representatividade para a região Norte com 3,6%.

Quanto à frequência de visitação a maioria indicou que visita semanalmente (35,7%) ou quinzenalmente (33,95%), os demais visitam com frequências mensais ou mesmo em intervalos superiores. Quanto à distância do apiário tem-se aqueles localizados na propriedade (poucos metros) até 150 km, estando a maioria, 69,6%, até 30 km. Com relação aos custos de visita, 62,5% relatam gastar até R\$100,00, 30,4% gastam até R\$300,00 e os demais relatam gastar R\$500 ou mais. Sendo que a maioria considera o acesso aos apiários relativamente fácil. Em caso de roubo, 94,6% relatam que não tem como monitorar o paradeiro das colmeias. Contrastando com o fato de a maioria ter acesso a algum serviço de telefonia na propriedade.

Quanto ao manejo realizado no local, a maioria relata executa-lo em até 3 horas.

Quando questionados a respeito da notificação de emergência em seus apiários, 67,9% informaram não ter nenhuma forma de saber. Dois produtores informaram ter sistema de monitoramento e 12 terem colaboradores no local. Os demais se dividiram naqueles que visitam diariamente ou contam com algum parceiro local.

A seguir foram questionados sobre o método que utilizam para detectar anomalias. Em geral estão ligados a comportamento anormal das abelhas. A maioria nota alterações como a baixa na produção, diminuição ou aumento de enxames e até

a morte das abelhas. A maioria nota as alterações em até 30 dias, mas destacam que muitas vezes o período pode ser o intervalo de visita ao apiário.

No tocante à necessidade de nutrientes para sustento dos enxames, o que pode ocasionar o abandono da colmeia (enxameamento por abandono), mais de 50% das respostas apontam para diminuição dos enxames e diminuição da florada no entorno do apiário, 40% das respostas apontam para a observação na diminuição da produção. E, inferior a 22%, estão as observações referente a “roubo” de alimento entre colmeias vizinhas, diminuição do peso da colmeia e comportamento anormal das abelhas.

No que tange aos dois tipos de enxameamento tem-se, no caso do abandono da colmeia, 50% das respostas relacionadas à diminuição do enxame e da oferta de alimentos, 26% relacionado ao comportamento das abelhas, 12% relacionado ao peso das colmeias e, inferior a 2%, diz respeito a organização do interior da colmeia. Já em relação a divisão das colmeias, 40% se referem a observação do aumento da oferta de alimentos, 16,4% ao peso da colmeia, 18,2% está relacionado ao comportamento anormal das abelhas, 76,4% se referem ao aumento expressivo no tamanho do enxame e, inferior a 2%, observações relacionadas a organização interna da colmeia.

Referente à coleta do mel, em mais de 85% das respostas é afirmado que essa detecção se dá por meio de inspeção visual das colmeias e, em 5,4% das respostas, é observado o aumento no peso das colmeias.

Em relação a dificuldade de acesso aos apiários, de uma escala de 0 a 10, sendo 10 mais dificultoso (considerando os obstáculos: estradas, distâncias e autorizações de acesso (portarias)), a maioria 19,6% tem um custo razoável de acesso aos apiários, 46,4% considera ser mais fácil e, 33,9% das respostas, considera sendo mais dificultosa.

Referente à identificação da rastreabilidade do mel, no que tange processo ou cadastro em órgãos oficiais, menos de 4% possuem georreferenciamento dos apiários e, menos de 25%, afirmam ter participado do último censo agrícola de 2017 ou, possuir cadastro no GEDAVE¹ (Gestão de Defesa Animal e Vegetal).

¹ O GEDAVE é um sistema informatizado de processamento de dados capaz de integrar em plataforma web, diferentes serviços da Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA). Envolvendo aspectos como

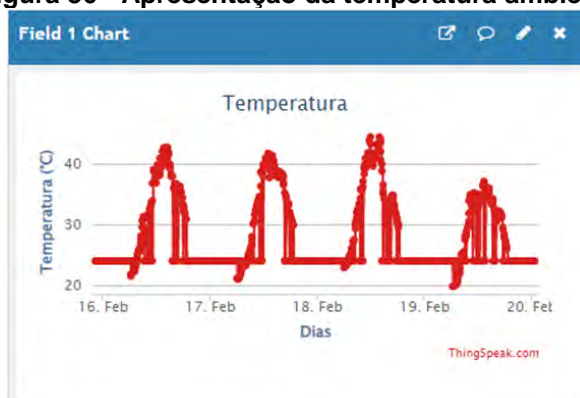
Com relação à padronização do tamanho das colmeias, 92,9% dos respondentes afirmam utilizarem o modelo *Langstroth*. Já em relação a localização das colmeias nos apiários 89,3% são fixadas em local sombreado.

No que tange a disponibilidade de algum tipo de serviço de telefonia móvel, apenas 14% afirmam não possuir nenhum tipo de serviço

5.2. Apresentação dos dados

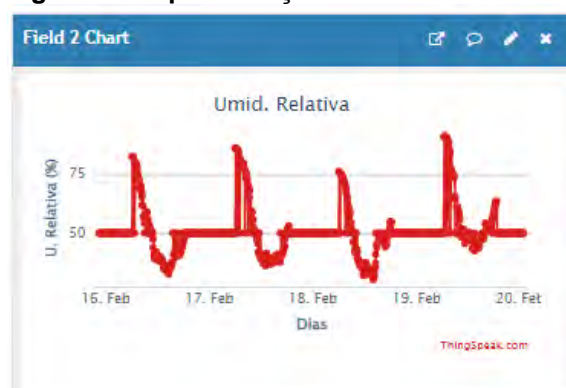
Na plataforma *online* ThingSpeak, com exceção do sensor de inclinação, os dados são expostos em forma de gráfico conforme figuras 36 a 39 seguir.

Figura 36 - Apresentação da temperatura ambiente



Fonte: Adaptado pelo autor.

Figura 37 - Apresentação da umidade relativa



Fonte: Adaptado pelo autor.

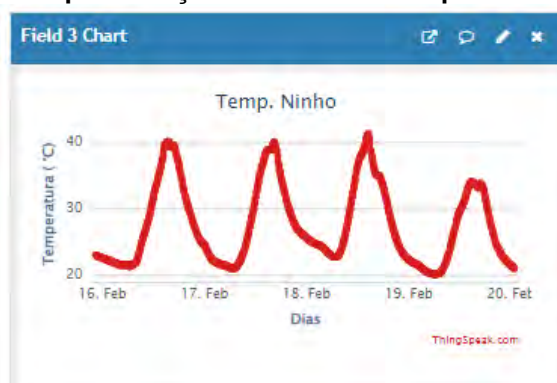
monitoramento do uso de insumos, controle de vacinação de animais, certificação sanitária das espécies animais e vegetais, e fiscalização de produtos e subprodutos de origem agropecuária.

Figura 38 - Apresentação da leitura do sensor de gases



Fonte: Adaptado pelo autor.

Figura 39 - Apresentação da leitura da temperatura do ninho



Fonte: Adaptado pelo autor.

5.3. Sensores

Os sensores utilizados nos testes estavam todos configurados com sua aferição de fábrica, pois para o propósito deste trabalho foi avaliado apenas a resposta aos estímulos a estes expostos.

Nas tabelas 1 e 2 a seguir estão dispostos os dados obtidos dos sensores dos dois experimentos em leituras sequenciais de quatro dias diferentes, exceto do sensor de inclinação.

Tabela 2 - Dados Experimento 1

Data	Hora	Temperatura. Ambiente	Umidade Relativa	Temperatura do Ninho	Sensor de Gás
------	------	-----------------------	------------------	----------------------	---------------

09/01/2023	16:59:40	24	50	24,5	139
09/01/2023	17:05:45	24	50	24,75	139
09/01/2023	17:11:46	24	50	24,75	139
11/01/2023	20:09:39	24	50	24,25	140
11/01/2023	20:15:41	24	50	24,25	139
11/01/2023	20:21:43	24	50	24,25	139
26/01/2023	21:25:51	24	50	27	233
26/01/2023	21:31:55	24	50	26,75	232
26/01/2023	21:37:58	24	50	26,75	231
28/01/2023	17:48:12	30,3	57,5	28	158
28/01/2023	17:54:16	30,4	57,2	28	158
28/01/2023	18:00:19	30,4	57,4	28	158

Fonte: Próprio autor.

Tabela 2 - Experimento 2

Data	Hora	Temperatura. Ambiente	Umidade Relativa	Temperatura do Ninho	Sensor de Gás
09/01/2023	16:57:48	25,6	73,3	27,25	107
09/01/2023	17:03:24	25,6	73,2	27,25	107
09/01/2023	17:09:00	25,9	73,3	27	109
11/01/2023	20:05:52	24	50	22,25	108
11/01/2023	20:11:29	24	50	22	108
11/01/2023	20:17:05	24	50	22	108
26/01/2023	21:25:03	24	50	27	111
26/01/2023	21:30:42	24	50	27	110
26/01/2023	21:36:15	24	50	26,75	110
28/01/2023	17:46:41	33,6	44,6	38,75	112
28/01/2023	17:52:17	33,6	44,7	38,5	113
28/01/2023	17:57:53	33,3	45,2	38,25	113

Fonte: Próprio autor.

Temperatura ambiente

Os sensores de temperatura ambiente apresentaram uma leve variação nos valores lidos em ambos os experimentos, conforme disposto nas tabelas 1 e 2 acima.

Durante os testes estes ficaram expostos às variações de temperatura ambiente, em seus respectivos locais (experimento 1 – ambiente abrigado do sol e chuva; experimento 2 instalado em um ambiente externo, conforme figura 29) e coletaram as leituras conforme a programação do microcontrolador.

Umidade relativa do ar

A exemplo dos sensores de temperatura ambiente, os sensores de umidade relativa do ar apresentaram um comportamento parecido, capturando as variações de umidade relativa de modo linear sem anomalias em sua leitura, conforme exposto nas tabelas 1 e 2.

Temperatura do ninho

Em conformidade com os sensores anteriormente citados, as leituras realizadas pelo sensor de temperatura do ninho mostraram também uma linearidade na leitura bem como uma coerência com a leitura de temperatura ambiente.

Sensor de Inclinação

Nos testes realizados o sensor de inclinação apresentou uma resposta coerente na leitura da inclinação da caixa sendo os valores transmitidos exibidos em forma de alerta na plataforma conforme sua programação.

Qualidade do ar (gases)

O comportamento do sensor de gases teve uma correlação em relação às leituras realizadas em ambos os experimentos mostrando uma regularidade dos dados em ambos os experimentos, conforme exibidos nas tabelas 1 e 2.

No entanto, com exposição do sensor à fumaça (experimento 1), com duração de aproximadamente uma hora e vinte minutos, foi obtida a variação crescente na leitura dos dados, conforme exibido na tabela 3.

A exposição do sensor à fumaça iniciou-se às 19 horas e 15 minutos. A alteração no valor lido foi obtida a partir das 19 horas e 28 minutos, conforme rotina do microcontrolador. Esta velocidade na detecção da perturbação pelo sensor possibilitaria aos apicultores tempo hábil para uma intervenção oportuna em uma situação crítica.

Tabela 3 - Dados de variação do sensor de gases (em ascensão)

Data	Hora	Sensor de gás (ppm)
26/01/2023	18:28:25	155
26/01/2023	18:34:26	155
26/01/2023	18:40:29	154
26/01/2023	18:46:32	154
26/01/2023	18:52:36	154
26/01/2023	18:58:40	154
26/01/2023	19:04:44	153
26/01/2023	19:10:49	153
26/01/2023	19:16:53	152
26/01/2023	19:22:56	153
26/01/2023	19:28:59	167
26/01/2023	19:35:03	171
26/01/2023	19:41:07	167
26/01/2023	19:47:11	170
26/01/2023	19:53:15	165
26/01/2023	19:59:22	167
26/01/2023	20:05:25	170
26/01/2023	20:11:29	200
26/01/2023	20:17:32	225
26/01/2023	20:23:36	223
26/01/2023	20:29:40	242
26/01/2023	20:35:44	238
26/01/2023	20:41:48	239

Fonte: Próprio autor.

Após a retirada da fonte de fumaça de próximo do sensor este passou a registrar a diminuição dos valores lidos, no entanto, de modo mais lento, conforme dados da tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Dados de variação do sensor de gases (em declínio)

Data	Hora	Sensor de gás
26/01/2023	21:01:37	242
26/01/2023	21:07:39	240
26/01/2023	21:13:43	238
26/01/2023	21:19:47	234
26/01/2023	21:25:51	233
26/01/2023	21:31:55	232
26/01/2023	21:37:58	231

26/01/2023	21:44:02	229
26/01/2023	21:50:06	228
26/01/2023	21:56:09	227
26/01/2023	22:02:18	226
26/01/2023	22:08:22	225
26/01/2023	22:14:24	223
26/01/2023	22:20:28	222
26/01/2023	22:26:31	221
26/01/2023	22:32:35	220
26/01/2023	22:38:38	219
26/01/2023	22:44:42	217
26/01/2023	22:50:46	217
26/01/2023	22:56:50	216
26/01/2023	23:02:53	214
26/01/2023	23:08:56	213
26/01/2023	23:15:00	212
26/01/2023	23:21:04	211
26/01/2023	23:27:08	210
26/01/2023	23:33:12	209
26/01/2023	23:39:16	208
26/01/2023	23:45:19	207
26/01/2023	23:51:23	206
26/01/2023	23:57:27	205
27/01/2023	00:03:31	204
27/01/2023	00:09:35	204
27/01/2023	00:15:39	202
27/01/2023	00:21:41	201
27/01/2023	00:27:45	201
27/01/2023	00:33:49	200
27/01/2023	00:39:52	199
27/01/2023	00:45:56	198
27/01/2023	00:52:02	197
27/01/2023	00:58:05	197
27/01/2023	01:04:09	196
27/01/2023	01:10:13	196
27/01/2023	01:16:16	196
27/01/2023	01:22:20	195

Fonte: Próprio autor.

5.4. Bateria

Em ambos os experimentos a bateria teve duração de aproximadamente 96 horas o que, considerando as distâncias, localidade e quantidade de caixas (colmeias) dos apiários, aponta ser uma solução inviável.

5.5. Placa de prototipagem

Muito embora o a placa de prototipagem tenha apresentado um comportamento satisfatório durante a maior parte do tempo em que ficou ligado, foram apresentadas algumas falhas no reestabelecimento da conexão com o servido da plataforma *ThingSpeak* ou torre de telefonia, causando o travamento do sistema sendo necessário a reinicialização manual do mesmo.

Com os resultados obtidos nos experimentos realizados por meio da inserção de sensores e microcontroladores previamente programados, bem como o entendimento do processo produtivo apícola, seria possível desenvolver de uma automação nas colmeias (caixas) através de atuadores, controlando o aquecimento ou arrefecimento das mesmas, promovendo auxílio no controle da termorregulação e do microclima. Desta forma auxiliariam as abelhas a pouparem energia, no caso de um enxame enfraquecido (DOMINGOS; GONÇALVES, 2015). Ou, evitaria o enxameamento por abandono, estando o microclima muito desfavorável para a permanência dos insetos dentro da colmeia.

Ainda na questão da automação de alguns processos, uma variável apontada nas respostas ao questionário é a identificação do momento adequado para coleta do mel; o qual, em grande parte, é aferido por meio de inspeção visual às colmeias. Esta seria uma variável importante a ser monitorada pois, com este acompanhamento, se evitaria o manuseio excessivo das caixas, bem como a possibilidade da diminuição das visitas aos apiários. E ainda, uma diminuição abrupta no peso das colmeias, poderia indicar a divisão do enxame bem como seu enfraquecimento. Seu aumento excessivo, poderia indicar o fortalecimento do enxame conforme observado no trabalho de MACIEL et al. (2018) onde foi feita a análise dos padrões comportamentais das colmeias a partir da temperatura e umidade internas e o peso da colmeia.

Em relação às questões de detecção de anomalias (abandono das colmeias, enfraquecimento abrupto do enxame ou morte das abelhas), estas poderiam ser detectadas por meio do acompanhamento da variação anormal da temperatura interna do ninho em conjunto com a variação anormal do peso das caixas.

No caso de acidentes com defensivos agrícolas seria necessária a implantação de sensores para medição da qualidade do ar que detectam outros tipos de partículas e gases além da fumaça.

No tocante à questão da rastreabilidade do mel, esta fica mais atrelada aos processos de manuseio sendo o georreferenciamento, quando utilizado, em complemento a este processo, pois na revisão da literatura bem como na análise dos requisitos junto aos apicultores esta variável não dispõe de características passível de medição.

No que tange à aplicabilidade deste conceito de monitoramento e automação, alguns pontos necessitam de mais investigação; dentre os quais estão:

- **Alimentação elétrica para os equipamentos:** visto que a maioria dos apiários se encontram longe de locais com provimento de energia elétrica, o uso somente de baterias poderia ficar inviável devido a necessidade de troca constantes. Outro ponto é a localização das colmeias dentro da disposição do apiário, onde estas devem ficar em local sombreado e, desta forma, o uso de placas fotovoltaicas sobre as colmeias ficaria comprometido.
- **Conectividade:** em uma aplicação de maior escala, a forma de conexão para a transmissão dos dados deve ser aprimorada pois se tornaria muito custosa financeiramente a utilização de um chip (SIM card) por colmeia. Neste caso, a criação um nó central conectado por rede sem fio às demais caixas poderia trazer melhor viabilidade para a aplicação.
- **Aspecto construtivo:** Observada a forma de manuseio e transporte das caixas (colmeias), a disposição dos sensores e demais componentes deve ser considerada na maneira como estes ficarão dispostos nas caixas. Outra observação relevante diz respeito à rastreabilidade das caixas em caso de roubo. Muito embora o protótipo proposto possua um chip GPS, considerando

as dimensões de todo o conjunto (placa de prototipagem, bateria e caixa hermética), este seria facilmente desativado.

- **Interface de monitoramento:** Muito embora seja possível utilizar alguns serviços gratuitos de monitoramento de dados via Internet, como é o caso do *ThingSpeak*, o desenvolvimento ou contratação deste tipo de serviço por apicultores ou cooperativados pode trazer um maior controle e segurança no acesso dos dados gerados bem como a possibilidade de customização do serviço.

Conclusão

A respeito da hipótese testada, verificou-se ser possível o desenvolvimento de um sistema de monitoramento remoto de apiários observando algumas ressalvas de erro nas conexões com o serviço de telefonia móvel (dados moveis) ou plataforma de monitoramento o que pode ser melhorado no desenvolvimento da programação (*software*) do sistema. No tocante às variáveis e sensores utilizados também verificou-se ser pertinente para uso neste tipo de aplicação. No entanto, para um uso futuro onde os valores lidos necessitem de maior precisão, devem ser observadas as características dos sensores afim de evitar erros nos dados.

No tocante a autonomia do conjunto de sensores e controlador, a fonte de alimentação elétrica com baterias como fonte principal se mostrou ineficiente, deste modo, este ponto deve ser melhor estudado.

Ainda em relação a coleta de dados nos apiários, estes poderiam nortear estudos futuros mais aprofundados baseados em inteligência artificial acerca do comportamento desta espécie de abelha, gerando indicadores para que os gestores do processo possam desenvolver tarefas mais assertivas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. F. De. Fatores que interferem no comportamento enxameatório de abelhas africanizadas. **2008. 128 f. Tese (Doutorado em Ciências, Área: Entomologia)**, n. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, p. 1–128, 2008.
- BENCSIK, M. et al. Identification of the honey bee swarming process by analysing the time course of hive vibrations. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 76, n. 1, p. 44–50, mar. 2011.
- BENCSIK, M. et al. Honeybee colony vibrational measurements to highlight the brood cycle. **PLoS ONE**, v. 10, n. 11, p. 1–16, 2015.
- BIANCOLINO, C. A. **Valor de uso do ERP e gestão contínua de pós-implementação: estudo de casos múltiplos no cenário brasileiro**. 2010. 9 Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde-29112010-152921/publico/TESE_BIANCOLINO_FEA_USP_2010.pdf>.
- BRAGA, A. R. **MODELOS DE CLASSIFICAÇÃO PARA PREDIÇÃO DO BEM ESTAR DE COLÔNIAS DA ABELHA APIS MELLIFERA**. 2020. 91 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/51581/5/2020_tese_arbraga.pdf>.
- CAMARGO, V. L. A. DE. **Elementos de Automação**. 1. ed. [s.l.] Érica, 2014.
- CARLOS DE OLIVEIRA, A. EFEITO DO USO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS SOBRE A DIVERSIDADE DE POLINIZADORES E PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.). 2016.
- CARVALHO, H. V. F. de et al. Detecção de Anomalias em Comportamento de Abelhas Utilizando Redes Neurais Recorrentes. In: **Anais...2020**. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wcama/article/view/2931/2893>>. Acesso em: 2 jun. 2021.
- CATANIA, P.; VALLONE, M. Application of a precision apiculture system to monitor honey daily production. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 7, 2020.
- CHAM, K. et al. **Importância dos polinizadores na produção de alimentos e na segurança alimentar global**. [s.l: s.n.]
- Coleção SENAR Abelhas Apis mellifera Instalação do apiário**. [s.l: s.n.]
- CORRÊA JANNUZZI, C. A. S.; FALSARELLA, O. M.; SUGAHARA, C. R. Sistema de informação: um entendimento conceitual para a sua aplicação nas organizações empresariais. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 19, n. 4, p. 94–117, 1 out. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/pci/a/fKbBSPKSPdN6XbSkfyGMKMK/?lang=pt&format=html>>. Acesso em: 18 jun. 2022.
- CRISPIM, C. **Proposta de Arquitetura Segura de Centrais de Incêndio em Nuvem**. 2020. UNB, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/40580>>.
- DOMINGOS, H. G. T.; GONÇALVES, L. S. Thermoregulation in bees with emphasis on *Apis mellifera*. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 3, p. 151–154, 2015.
- ELISANGELA, A.; AGUIAR¹, X.; LÚCIA BRITO DA CRUZ, M. **SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A APICULTURA DE SENADOR POMPEU-CE UMA ALTERNATIVA CONSERVACIONISTA NAS ATIVIDADES RURAIS**. [s.l: s.n.].
- FERREIRA MOJARAVSCKI, D. et al. MONITORAMENTO DE COLMEIAS DE ABELHAS POR MEIO DA METODOLOGIA DE BOX E JENKINS. In: **Agrárias: Pesquisa e Inovação nas Ciências que Alimentam o Mundo Vol.I**. [s.l.] Editora

Artemis, 2020. p. 98–111.

HALACHMI, I. et al. **Agricultura Animal Inteligente: Aplicação de sensores em tempo real para melhorar o bem-estar e a produção animal | Solicitar PDF.** Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/329262194_Smart_Animal_Agriculture_Application_of_Real-Time_Sensors_to_Improve_Animal_Well-Being_and_Production>. Acesso em: 20 nov. 2021.

HALACHMI, I. et al. **Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensors to Improve Animal Well-Being and Production** *Annual Review of Animal Biosciences* Annual Reviews Inc., , 15 fev. 2019. .

LIMA, G. C. et al. Agro 4.0: Enabling agriculture digital transformation through IoT. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 5, p. 2020, 20 ago. 2021. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/rca/a/DVtW6Gqn88LZ7KSrMG8TnJh/?lang=en>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

LÖBLER, M. L. et al. AS INFLUÊNCIAS NA INTENÇÃO DE USO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO: UMA ABORDAGEM ENTRE A TEORIA DE ESTILOS COGNITIVOS DE KIRTON E A TEORIA UNIFICADA DE ACEITAÇÃO E USO DA TECNOLOGIA. **Review of Administration and Innovation - RAI**, v. 8, n. 2, 2011. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rai/article/view/79214/83286>>. Acesso em: 2 jul. 2022.

LUDMER -PROFESSOR, G.; RODRIGUES FILHO, J.; LUDMER, G. SISTEMA DE INFORMAÇÃO: QUE CIÊNCIA É ESSA? **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 2, n. 2, p. 1807–1775, 2005.

MACIEL, F. A. O. et al. Reconhecimento de padrões sazonais em colônias de abelhas *Apis mellifera* via clusterização. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 10, n. 3, p. 74–88, 2018.

MÁRCIA D'AVILA, L. C. M. **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA POLINIZAÇÃO REALIZADA POR ABELHAS EM CULTURAS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA NO BRASIL 1 MÁRCIA D'AVILA 2 *, LUÍS CARLOS MARCHINI 3** *Boletim de Indústria Animal*. [s.l: s.n.].

MOTTA, E. da C. **Contribuição ao desenvolvimento de transdutores indutivos de deslocamento.** 2002. 2002. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10580/000434273.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 22 abr. 2022.

PACHECO, F. B.; KLEIN, A. Z.; RIGHI, R. da R. Modelos de negócio para produtos e serviços baseados em internet das coisas: uma revisão da literatura e oportunidades de pesquisas futuras. **REGE - Revista de Gestão**, v. 23, n. 1, p. 41–51, jan. 2016. Disponível em: <<http://www.regeusp.com.br/>>. Acesso em: 2 mar. 2022.

QUEIROZ, D. M. de et al. Sensors applied to Digital Agriculture: A review. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 51, n. 5, p. 1–15, 2020. Disponível em: <www.ccarevista.ufc.br>. Acesso em: 20 mar. 2022.

RAFAEL BRAGA, A. et al. A method for mining combined data from in-hive sensors, weather and apiary inspections to forecast the health status of honey bee colonies. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 169, 1 fev. 2020.

RAFAELLI, R. F. **PROJETO E APLICAÇÃO DE UM TRANSDUTOR MULTIAXIAL DE CARREGAMENTO EM ANÁLISE ESTRUTURAL.** 2007. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2007. Disponível em: <http://www.grante.ufsc.br/pospublic/dissertacao-concluidas_arquivos/2012_M_projeto.pdf>.

ROCHA, J. S. **MANUAL TÉCNICO**, 05 ISSN 1983-5671 Jean Samel Rocha 05. 2008.

RODRIGUES, W. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info**

- Insetos**, v. 1, n. 4, p. 1–4, 2004. Disponível em: <<http://www.infoinsetos.ebras.bio.br/pdf/art0104-01.pdf>>.
- SANTOS, G. A. dos et al. Ambientes Inteligentes Aplicados a Agricultura de Precisão. **Revista eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 13, p. 271–281, 2017. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/319155613>>. Acesso em: 2 abr. 2022.
- SHAW, J. A. et al. Long-wave infrared imaging for non-invasive beehive population assessment. **Optics Express, Vol. 19, Issue 1, pp. 399-408**, v. 19, n. 1, p. 399–408, 3 jan. 2011. Disponível em: <<https://opg.optica.org/viewmedia.cfm?uri=oe-19-1-399&seq=0&html=true>>. Acesso em: 19 fev. 2023.
- SILVA; E, A. D. L. MONITORAMENTO NÃO INVASIVO DE COLMEIAS ATRAVÉS DA IOT. **UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**, v. 4, p. 9–15, 2017.
- SIMIONATO, R. et al. Survey on connectivity and cloud computing technologies: State-of-the-art applied to Agriculture 4.0. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 5, p. 1–19, 20 ago. 2021. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/rca/a/YVTLWpCN6psdMT8sJLLX9ww/?lang=en>>. Acesso em: 2 abr. 2022.
- SIMÕES, K.; SLUTER, C. R. **PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA GERENCIAMENTO DE APIÁRIOS**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 2 jun. 2021.
- SOUZA, D. L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; PINTO, M. do S. de C. As Abelhas Como Agentes Polinizadores (The Bees Agents Pollinizer's). **Redvet**, v. VII, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/26454357_As_Abelhas_Como_Agentes_Polinizadores_The_Bees_Agents_Pollinizer's>. Acesso em: 28 ago. 2021.
- WENDLING, M. **Unesp – universidade estadual paulista câmpus de botucatu**, 2010. Disponível em: <<https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2022.

Anexo I

Questionário sem as respostas

Pesquisa - Desenvolvimento de Sistema de Informação baseado em IoT (*Internet of Things* - Internet das Coisas) aplicado ao manejo de colmeias de abelhas *Apis Mellifera*

***Obrigatório**

1. Você aceita participar desta pesquisa? *

Caso aceite, será enviado para seu email uma cópia do TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido). Disponível [aqui](#) para sua leitura.

Marcar apenas uma.

Sim

Não

Pular para a pergunta 2

Questionário

1. Quantos apiários possui? *

2. Quantas colmeias tem por apiário? (Média)

3. Qual sua região de atuação? (Considerar apenas território brasileiro) *



Marque todas que se aplicam.

- Norte
- Nordeste
- Centro-Oeste
- Sudeste
- Sul

4. Com qual a frequência você visita seus apiários?

Marcar apenas uma.

- Semanalmente
- A cada 15 dias
- Mensalmente
- Em intervalos superiores a 30 dias
- Em dias aleatórios sem uma frequência regular.

5. Qual a distância média que percorre entre seus apiários? (Em Quilômetros)

6. Quanto tempo em média você leva para fazer as vistorias ou manutenção * em seus apiários?

Marcar apenas uma.

- Menos de 2 horas por apiário
- De 2 a 3 horas por apiário
- Mais de 4 horas por apiário

7. Quanto você gasta (R\$) em médio nas visitas a seus apiários? (Considerar * custos de deslocamento, ajudantes e etc.) *Marcar apenas uma oval.*

- Até R\$ 100,00 por visita a cada apiário
- Até R\$ 300,00 por visita a cada apiário
- Até R\$ 500,00 por visita a cada apiário
- Acima de R\$ 500,00 por visita a cada apiário

8. Há alguma forma de você saber se existe alguma emergência em seu * apiário? (Considerar caixas caídas, incêndios, roubo e envenenamento)

Marcar apenas uma oval.

- Sim, possuo um sistema de monitoramento.
 - Sim, possuo colaborador(es) que me auxiliam nesta tarefa.
 - Não
 - Outro:
-

9. Existe alguma forma de aviso ou prevenção de acidentes com defensivos agrícola?

Marque todas que se aplicam.

Sim, sou avisado com antecedência pelos agricultores das localidades de meus apiários.

Sim, tenho acesso aos calendários de pulverizações dos agricultores ao redor de meus apiários.

Não.

Outro: _____

10. Quais são os sinais te levam detectar anomalias (doenças, falta de nutrientes, etc.) em seus apiários/colmeias?

Marque todas que se aplicam.

Comportamento anormal das abelhas

Baixa produção de mel, própolis, cera ou pólen.

Diminuição dos enxames

Morte de algumas abelhas

Outro:

10.1. Quantos dias em média isso leva para ser percebido? *

11 . Não sendo seu apiário migratório, responda:

Como você detecta a quantidade de nutrientes necessário para ele?

Marque todas que se aplicam.

- Diminuição na produção (mel, própolis, cera ou pólen).
- Diminuição dos enxames.
- Comportamento anormal das abelhas.
- Diminuição no peso das colmeias.
- "Roubo" de alimento entre colmeias.
- Diminuição da florada ao redor do apiário.

12. Como você prevê enxameamento por abandono? *

Marque todas que se aplicam.

- Diminuição do enxame.
 - Diminuição da oferta de alimentos no entorno do apiário.
 - Comportamento anormal das abelhas
 - Diminuição considerável do peso das
 - colmeias Outro:
-

13 . Como você prevê o enxameamento por divisão?

Marque todas que se aplicam.

- Aumento da oferta de alimentos no entorno do apiário.
- Aumento considerável do peso das colmeias.
- Comportamento anormal dos enxames.
- Aumento expressivo no tamanho do enxame.
- Outro:

14. Identifico colmeias prontas para coleta do mel quando: *

Marcar apenas uma.

- Há um grande aumento no peso das colmeias.
- Comportamento característico das abelhas.
- Por meio de inspeção visual nos quadros da melgueira.
- Outro:

15. Quão difícil é o acesso a seus apiários? Dê uma nota de 0 a 10, onde 0 é * mais fácil e 10 é mais difícil; (considerar estradas, distâncias e autorizações de acesso (portarias))

Marcar apenas uma.

0	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	

16. A origem de seu mel pode ser identificada? Se sim, como? Se não, por * que?

17. Em caso de roubo de suas colmeias, existe alguma forma de localizá-las ou rastreá-las?

Marcar apenas uma.

Sim

Não

18. Como você detecta o enfraquecimento o enxame? *

Marcar apenas uma.

Diminuição da produção de (mel, própolis, cera e pólen)

Diminuição da quantidade de abelhas.

Diminuição do peso das colmeias.

Alteração no comportamento das abelhas.

Outro: _____

19. Como você detecta o fortalecimento o enxame? *

Marcar apenas uma.

Aumento da produção de (mel, própolis, cera e pólen)

Aumento da quantidade de abelhas.

Aumento do peso das colmeias.

Alteração no comportamento das abelhas.

Outro: _____

20. Você Participou do censo agropecuário de 2017? *

Marcar apenas uma.

Sim

Não

21. Você sabe o que é o **GEDAVE**? *

Marcar apenas uma.

Sim, sei e sou cadastrado.

Sim, mas não sou cadastrado.

Não sei o que é.

22. Suas colmeias são do tamanha e padrão *Langstroth*? *

Marcar apenas uma.

Sim

Não

23. Sua colmeias ficam em áreas sombreadas? *

Marcar apenas uma.

Sim

Não

24 . Na localidade de seu(s) apiário(s) é possível ter acesso ao serviço de telefonia móvel? (Pode escolher mais de uma opção)

Marque todas que se aplicam.

- TIM
- VIVO
- OI
- Claro
- Nextel
- Sercomtel
- SKY
- Correios
- NET
- Outro: _____

Anexo II

Questionário com as respostas

Pesquisa - Desenvolvimento de Sistema de Informação baseado em IoT (*Internet of Things* - Internet das Coisas) aplicado ao manejo de colmeias de abelhas *Apis Mellifera*

*Obrigatório

Respostas

2. Você aceita participar desta pesquisa? *

Caso aceite, será enviado para seu email uma cópia do TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido). Disponível [aqui](#) para sua leitura.

Marcar apenas uma.

Opção	Quantidade de Apicultor	%
SIM	56	100
NÃO	0	0

Pular para a pergunta 2

Questionário

1. Quantos apiários possui? *

Quantidade de apiários	Quantidade de apicultores	%
0	1	1,79
1	18	32,14
2	11	19,64
3	6	10,71
4	6	10,71
5	2	3,57
7	1	1,79
10	5	8,93
14	1	1,79

20	1	1,79
26	1	1,79
30	1	1,79
100	1	1,79
150	1	1,79

2. Quantas colmeias tem por apiário? (Média)

Quantidade de colmeias	Quantidade de apicultores	%
0	1	1,79
10	7	12,5
11	2	3,57
12	6	10,71
13	1	1,79
15	7	12,50
17	1	1,79
18	1	1,79
20	12	21,43
22	1	1,79
25	3	5,36
26	1	1,79
27	1	1,79
30	8	14,29
35	1	1,79
45	1	1,79
47	1	1,79
54	1	1,79

3. Qual sua região de atuação? (Considerar apenas território brasileiro) *



Fonte: Comissão Nacional de Classificação (CONCLA), IBGE. Disponível em: <<https://cnae.ibge.gov.br/en/component/content/article/94-7a12/7a12-vamos-conhecer-o-brasil/1462-divisao-territorial.html>>. Acesso em: 02 mai 2019.

Região	Quantidade de apicultores	%
Norte	2	3,6
Nordeste	15	26,8
Centro-Oeste	12	21,4
Sudeste	15	26,8
Sul	12	21,4

4. Com qual a frequência você visita seus apiários?

Opções	Quantidade de apicultores	%
Semanalmente	20	35,7
A cada 15 dias	19	33,9
Mensalmente	8	14,4
Em intervalos superiores a 30 dias	2	3,6
Em dias aleatórios sem uma frequência regular	7	12,5

5. Qual a distância média que percorre entre seus apiários? (Em Quilômetros)

KM (Média)	Quantidade de Apicultores	%
0	3	5,4
Entre 0 e 1	2	3,6
1	3	5,4
2	3	5,4
3	4	7,1
4	3	5,4
5	2	3,6
6	1	1,8
8	1	1,8
10	3	5,4
14	1	1,8
15	4	7,1
18	1	1,8
20	3	5,4
25	3	5,4
30	2	3,6
33	1	1,8
35	1	1,8
40	1	1,8
45	1	1,8
50	2	3,6
60	3	5,4
80	1	1,8

100	2	3,6
125	1	1,8
140	1	1,8
150	2	3,6
200	1	1,8

6. Quanto tempo em média você leva para fazer as vistorias ou manutenção em seus apiários?

Opções	Quantidade de apicultores	%
Menos de 2 horas por apiário	25	44,6
De 2 a 3 horas por apiário	22	39,3
Mais de 4 horas por apiário	9	16,1

7. Quanto você gasta (R\$) em médio nas visitas a seus apiários? (Considerar * custos de deslocamento, ajudantes e etc.) *Marcar apenas uma oval.*

Opções	Quantidade de apicultores	%
Até R\$ 100,00 por visita a cada apiário	35	62,5
Até R\$ 300,00 por visita a cada apiário	17	30,4
Até R\$ 500,00 por visita a cada apiário	3	5,4
Acima de R\$ 500,00 por visita a cada apiário	1	1,8

8. Há alguma forma de você saber se existe alguma emergência em seu *
apiário? (Considerar caixas caídas, incêndios, roubo e envenenamento)

Opções	Quantidade de apicultores	%
Sim, possuo um sistema de monitoramento.	2	3,6
Sim, possuo colaborador(es) que me auxiliam nesta tarefa.	12	21,4
Não	38	67,9
Outro:	4	7,1

9. Existe alguma forma de aviso ou prevenção de acidentes com defensivos agrícola?

Opções	Quantidade de apicultores	%
Sim, sou avisado com antecedência pelos agricultores das localidades de meus apiários.	7	12,5
Sim, tenho acesso aos calendários de pulverizações dos agricultores ao redor de meus apiários.	4	7,1
Não.	42	75
Outro:	5	9

10. Quais são os sinais te levam detectar anomalias (doenças, falta de nutrientes, etc.) em seus apiários/colmeias?

Opções	Quantidade de apicultores	%
Comportamento anormal das abelhas	29	52,7
Baixa produção de mel, própolis, cera ou pólen.	14	25,5
Diminuição dos enxames	39	70,9
Morte de algumas abelhas	20	36,4
Outro:	4	7,2

10.1. Quantos dias em média isso leva para ser percebido?

Dias	Quantidade de Apicultores	%
0 - 10	20	35,71
11 -20	15	26,79
21 - 30	7	12,50
Superior a 30	2	3,57
Indefinido	12	21,43

11 . Não sendo seu apiário migratório, responda:

Como você detecta a quantidade de nutrientes necessário para ele?

Opções	Quantidade de apicultores	%
Diminuição na produção (mel, própolis, cera ou pólen).	22	40
Diminuição dos enxames.	35	63,6
Comportamento anormal das abelhas.	12	21,8
Diminuição no peso das colmeias.	7	12,7
"Roubo" de alimento entre colmeias.	6	10,9
Diminuição da florada ao redor do apiário.	32	58,2

12. Como você prevê enxameamento por abandono? *

Opções	Quantidade de apicultores	%
Diminuição do enxame.	28	50
Diminuição da oferta de alimentos no entorno do apiário.	28	50
Comportamento anormal das abelhas	15	26,8
Diminuição considerável do peso das colmeias	7	12,5
Outro:	5	9

13 . Como você prevê o enxameamento por divisão?

Marque todas que se aplicam.

Opções	Quantidade de apicultores	%
Aumento da oferta de alimentos no entorno do apiário.	22	40
Aumento considerável do peso das colmeias.	9	16,3
Comportamento anormal dos enxames.	10	18,2
Aumento expressivo no tamanho do enxame.	38	76,3
Outros	8	14,4

14. Identifico colmeias prontas para coleta do mel quando: *

Marcar apenas uma.

Opções	Quantidade de apicultores	%
Há um grande aumento no peso das colmeias.	3	5,4
Comportamento característico das abelhas.	2	3,6
Por meio de inspeção visual nos quadros da melgueira.	48	85,7
Outro:	3	5,4

15. Quão difícil é o acesso a seus apiários? Dê uma nota de 0 a 10, onde 0 é * mais fácil e 10 é mais difícil; (considerar estradas, distâncias e autorizações de acesso (portarias))

Marcar apenas uma.

Dificuldade	Quantidade de Apicultores	%
0	7	12,5
1	4	7,1
2	7	12,5
3	7	12,5
4	1	1,8
5	11	19,6
6	5	8,9
7	7	12,5
8	4	7,1
9	3	5,4
10	0	0

16. A origem de seu mel pode ser identificada? Se sim, como? Se não, por * que?

1. Sim

2. Silvestre

3. Não tenho rastreabilidade do mel.

4. Sim, silvestre

5. Predominação da florada ao redor

6. Não porque não existe rastreabilidade

7. Sim. Por conhece a florada

8. Florada só redor, cor do mel

9. Sim, através do pasto apícola que está florando em determinado período em que é realizado a colheita.

10. Sim. Pelas floradas do entorno. Sou tecnólogo em automação industrial, posso participar deste projeto.

11. Pelas características do Mel

12. Florada silvestre

13. Florada silvestre em decorrência de muitas florações ao mesmo tempo. Não possível detectar apenas uma, mas possível detectar a mais predominante

14. Identificado por georreferenciamento e numeração: Mel colhido recebe número de lote específico
15. Sim. Florada predominante
16. Sim é identificado pois determina espécie vegetal floresce em determina época, conseqüentemente vai produzir um mel característico é de fácil identificação (daquela planta que floriu recentemente).
17. Se for mel já fracionado, possuo rótulo identificando.
18. Silvestre por meio da cor e época do ano
19. Sim, pelo aroma e floradas no entorno
20. Pela predominância da florada
21. Pela florada mas sem localização geográfica
22. Sim, floradas silvestre
23. Sim, silvestre
24. Sim, pela florada
25. Aí da não sei
26. Sim pela florada característica
27. Estamos iniciando
28. Não, meu mel acaba sendo uma mistura de floradas, um pouco de tudo, limão, goiaba e outras plantas nativas da região

29. Não, em trâmite de licença para mel orgânico
30. Não
31. Não sei responder
32. Sim, pela florada predominante.
33. Sim
34. Não
35. Sim, conheço a florada predominante da região
36. Sim, floral
37. Pela florada predominante
38. Não tenho regulamentação pôr ser mais pra consumo próprio
39. Sim, pelas floradas ou por exame laboratoriais
40. Sim, através das plantas existente na região
41. Não, porque não tem registro de geolocalização
42. Silvestre, mata nativa
43. Não Porque ainda não produzi
44. Sim. Pela florada predominante na região. Mas não digo que é o ideal. Para mim necessitaria análise química e física.

45. Não sei responder
46. Registro do apiário aos ordens saneamento (IAGRO)
47. Pode ser identificada como florada silvestre
48. Mel silvestre. Como o apiário é circundado por agricultura tradicional, as abelhas ficam mais afastadas das áreas de lavouras exclusivas.
49. Sim mel mais escuro e da aroeira ...
50. O apiário e georefenciado junto à secretaria do meio ambiente
51. Sim, inspeção orgânica e gedav
52. Sim por ser área de mata e com pouca lavoura e indústria próxima
53. Sim, via registro da criação na defesa agropecuária

17. Em caso de roubo de suas colmeias, existe alguma forma de localizá-las ou rastreá-las?

Marcar apenas uma.

Opção	Quantidade de Apicultor	%
SIM	3	5,4
NÃO	53	94,6

18. Como você detecta o enfraquecimento o enxame? *

Marcar apenas uma.

Opções	Quantidade de apicultores	%
Diminuição da produção de (mel, própolis, cera e pólen)	2	3,6
Diminuição da quantidade de abelhas.	45	80,4
Diminuição do peso das colmeias.	3	5,4
Alteração no comportamento das abelhas.	2	3,6
Outro:	4	7,2

19 Como você detecta o fortalecimento o enxame? *

Marcar apenas uma.

Opções	Quantidade de apicultores	%
Aumento da produção de (mel, própolis, cera e pólen)	5	8,9
Aumento da quantidade de abelhas.	42	75
Aumento do peso das colmeias.	2	3,6
Alteração no comportamento das abelhas.	4	7,1
Outro:	3	5,4

20. Você Participou do censo agropecuário de 2017? *

Marcar apenas uma.

Opção	Quantidade de Apicultor	%
SIM	13	23,2
NÃO	43	76,8

21. Você sabe o que é o **GEDAVE**? *

Marcar apenas uma.

Opção	Quantidade de Apicultor	%
Sim, sei e sou cadastrado.	9	16,1
Sim, mas não sou cadastrado.	6	10,7
Não sei o que é.	41	73,2

22. Suas colmeias são do tamanha e padrão *Langstroth*? *

Marcar apenas uma.

Opção	Quantidade de Apicultor	%
SIM	50	89,3
NÃO	6	10,7

23. Sua colmeias ficam em áreas sombreadas? *

Marcar apenas uma.

Opção	Quantidade de Apicultor	%
SIM	3	5,4
NÃO	53	94,6

24 . Na localidade de seu(s) apiário(s) é possível ter acesso ao serviço de telefonia móvel? (Pode escolher mais de uma opção)

Marque todas que se aplicam.

Operadora	Quantidade de Apicultor	%
TIM	10	20
VIVO	31	62
OI	5	10
Claro	16	32
Nextel	0	0
Sercomtel	0	0
SKY	0	0
Correios	0	0
NET	0	0
Outro	8	14,4