

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**David Ferreira Mojaravski**

**APICULTURA DIGITAL**

**Santa Maria, RS  
2018**

**David Ferreira Mojaravski**

**APICULTURA DIGITAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Orientador: Prof. Dr. Elódio Sebem

**Santa Maria, RS  
2018**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Mojaravski, David Ferreira  
Apicultura Digital / David Ferreira Mojaravski.-  
2018.  
79 p.; 30 cm

Orientador: Elódio Sebem  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em  
Agricultura de Precisão, RS, 2018

1. Agricultura de Precisão 2. Apicultura de Precisão  
3. Computação em Nuvem 4. Apicultura Digital I. Sebem,  
Elódio II. Título.

---

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a David Ferreira Mojaravski. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: [david\\_mojaravski@outlook.com](mailto:david_mojaravski@outlook.com)

**David Ferreira Mojaravski**

**APICULTURA DIGITAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Aprovado em 10 de janeiro de 2018

---

**Elódio Sebem, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Luiz Fernando Sangói, Dr. (UFSM)**

---

**Daniel Boemo, Dr. (IF-Farroupilha)**

**Santa Maria, RS**  
**2018**

## OFEREÇO

A minha esposa, Larissa de Macedo Trindade,  
Que me apoiou incondicionalmente durante  
Todo o desenvolvimento desse trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por me proporcionar uma vida com saúde e coragem para continuar esse brilhante caminhada que é a vida.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e o programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão (PPGAP) pela oportunidade da realização desse curso e ter acesso ao clímax da informação.

Agradeço aos brilhantes professores do Curso de Pós-graduação em Agricultura de precisão.

Ao professor, Elódio Sebem, pela orientação, disponibilidade e atenção

Ao secretário do curso de Pós-graduação em Agricultura de Precisão, o Sr. Juliano que ajudou em diversos momentos sobre processos internos.

Ao Apicultor Antônio Guedes pelo empréstimo das colmeias, a ajuda na condução dos experimentos e ensinamento apícola.

Aos meus sogros, Nilton e Marcia, que proveram a estadia, a carona, as boas conversas e todas as demais ajudam que não é possível enumerar, minha eterna gratidão.

A minha esposa, amiga e companheira, parceira de todos os momentos, Larissa. A ela minha gratidão pela companhia e incentivo.

Ao meu chefe e a empresa, Weliton da Silva e EMC pela compreensão, confiança e flexibilidade nos horários.

Aos meus amigos de trabalho, Thiago Oliveira, Alexandre Silva e Jorge Okamoto pela disposição e flexibilidade para as trocas de horário.

Aos meus pais, David e Janaina, que me deram força para seguir em frente.

E ainda a demais familiares e amigos que não foram lembrados, mas que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

Quero deixar os meus mais sinceros agradecimentos.

*“O homem, em sua arrogância, pensa de si mesmo como uma grande obra, merecedora da intervenção de uma divindade”.*

(Charles Darwin)

## RESUMO

### APICULTURA DIGITAL

AUTOR: David Ferreira Mojaravski

ORIENTADOR: Elódio Sebem

Este estudo descreve o conceito, o desenvolvimento de um protótipo, a importância e motivo da transformação digital na apicultura, a Apicultura digital. As abelhas são os polinizadores mais importantes, responsáveis por 75 % da polinização das culturas agrícolas. Com a Desordem no Colapso da Colônia (DCC) em soma do crescimento populacional, onde em 2050 podemos atingir 9 bilhões de pessoas, a polinização e as abelhas ganharam a atenção dos cientistas, uma vez que beiramos um colapso na agricultura. Como proposta para colaborar com a solução dessa problemática, a Apicultura precisa de um novo rumo, a Tecnologia, como computação em nuvem e Internet das Coisas. O protótipo desenvolvido e a organização dos sensores possíveis para monitorar o apiário, traz uma nova direção para a apicultura, no qual através desses dispositivos é possível monitorar o apiário, colmeias, e o entorno, com o objetivo de ter históricos, a automação no sensoriamento remoto, rastreabilidade, e interação com toda a cadeia produtiva durante a produção do mel. As tecnologias utilizadas estão presentes na Agricultura de Precisão (AP), que é o modelo de sucesso de tecnologia do agronegócio. O resultado dessa tecnologia traz para o agricultor uma nova realidade na gestão agrícola, o mesmo é feito através da apicultura de precisão (uma variação da AP), com o protótipo desenvolvido, adicionalmente, trará uma uniformidade e melhoria no manejo apícola. Portanto, a transformação digital na apicultura trará para o apicultor uma nova perspectiva, além da maturidade do uso de tecnologia e a democratização da informação.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas. Apicultura de Precisão. Gestão de Colméias.



## **ABSTRACT**

### **DIGITAL BEEKEEPING**

AUTHOR: David Ferreira Mojaravski  
ADVISOR: Elódio Sebem

This study describes the concept, the development of a prototype, the importance and reason for the digital transformation in beekeeping, the digital beekeeping. Bees are the most important pollinators, responsible for 75% of the pollination of agricultural crops. With Colony Collapse Disorder (DCC) as the sum of population growth, where by 2050 we can reach 9 billion people, pollination and bees have gained the attention of scientists as we border a collapse in agriculture. As a proposal to help solve this problem, Beekeeping needs a new direction, Technology, such as cloud computing and Internet of Things. The prototype developed and the organization of the possible sensors to monitor the apiary, brings a new direction for beekeeping, in which through these devices it is possible to monitor the apiary, beehives, and the surroundings, with the aim of having historical, automation in the sensing remote, traceability, and interaction with the entire production chain during honey production. The technologies used are present in Precision Agriculture (AP), which is the successful model of agribusiness technology. The result of this technology brings to the farmer a new reality in agricultural management, the same is done through precision beekeeping (a variation of the AP), with the prototype developed, will additionally bring uniformity and improvement in beekeeping management. Therefore, the digital transformation in beekeeping will give the beekeeper a new perspective, beyond the maturity of the use of technology and the democratization of information.

**Key words:** Internet of Things. Precision Beekeeping. Management of Beehives.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeira Onda.....	21
Figura 2 - Segunda Onda.....	22
Figura 3 - Transformação Digital.....	31
Figura 4 - Placa Arduino.....	45
Figura 5 - Módulo de Radio Frequência XBee Pro.....	46
Figura 6 - Sensor de temperatura AM2302/DHT22.....	47
Figura 7 - Sensor de Peso.....	47
Figura 8 - Combinador de células.....	48
Figura 9 - Amplificador de célula de leitura HX711.....	49
Figura 10 - Raspberry.....	49
Figura 11 - Modem Iridium.....	50
Figura 12 - Painel Solar.....	51
Figura 13 - Bateria VRLA.....	51
Figura 14 - Caixa Hermética.....	52
Figura 15 - Controlador de Carga.....	52
Figura 16 - Esquema Colmeia Node.....	54
Figura 17 - Esquema Colmeia Gateway.....	55
Figura 18 - Equipamentos de Alimentação do sistema.....	57
Figura 19 - Esquema Computação em Nuvem.....	57
Figura 20 - Leitura do sensor e envio do dado.....	60
Figura 21 - Colmeia Node 1.....	61
Figura 22 - Colmeia Node 2.....	61
Figura 23 - Fluxograma Colmeia Gateway.....	63
Figura 24 - Fluxograma Computação em Nuvem, funcionamento de recebimento dos dados do Sistema Iridium e armazenamento no banco de dados.....	64
Figura 25 - Fluxograma de envio dos dados para o Apicultor.....	65
Figura 26 - Sistema em funcionamento através do navegador web.....	66
Figura 27 - Sistema em funcionamento através do celular.....	67
Figura 28 - Log da solicitação.....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potência total das Colmeias Node.....	54
Tabela 2 - Potência total das Colmeias Node.....	55
Tabela 3 - Relação de sensores e seus objetivos de monitoramento.....	59

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Consumo do sistema por dia e dimensionamento do painel solar.....	56
Quadro 2 - Potência total e capacidade das baterias.....	56
Quadro 3 - Corrente mínima do controlador de carga.....	56

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	14
CAPÍTULO I - APICULTURA DIGITAL.....	15
1.1 INTRODUÇÃO.....	15
1.2 Desenvolvimento.....	16
1.2.1 Apicultura.....	16
1.2.2 Desordem do Colapso da Colônia.....	18
1.2.3 Crescimento Populacional.....	19
1.2.4 Tecnologia.....	20
1.2.4.1 <i>Computação em nuvem</i> .....	21
1.2.4.2 <i>Internet das Coisas</i> .....	25
1.2.4.3 <i>A era dos dados</i> .....	26
1.2.5 Agricultura de precisão.....	27
1.2.6 Apicultura de precisão.....	28
1.2.7 Transformação Digital.....	29
1.3 Conclusão.....	33
Referências.....	33
CAPÍTULO II - DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA APICULTURA DIGITAL.....	37
2.1 Introdução.....	37
2.1.1 Objetivo geral.....	38
2.1.2 Objetivos específicos.....	39
2.1.3 Justificativa.....	39
2.2 Revisão Bibliográfica.....	40
2.2.1 Desenho do Sistema.....	43
2.3 Material e Métodos.....	44
2.3.1 Material.....	44
2.3.1.1 <i>Microcontrolador ATmega328P (Arduino UNO)</i> .....	44
2.3.1.2 <i>Rádio - XBee Pro</i> .....	45
2.3.1.3 <i>Sensores de temperatura AM2302/DHT22</i> .....	46
2.3.1.4 <i>Sensor de peso</i> .....	46
2.3.1.5 <i>Combinador de células</i> .....	48
2.3.1.6 <i>Amplificador de célula de leitura ou HX711</i> .....	48
2.3.1.7 <i>Raspberry</i> .....	49

2.3.1.8 <i>Modem Iridium</i> .....	49
2.3.1.9 <i>Painel Solar</i> .....	49
2.3.1.10 <i>Baterias</i> .....	51
2.3.1.11 <i>Caixa Hermética</i> .....	52
2.3.1.12 <i>Controlador de Carga</i> .....	52
2.3.2 Métodos.....	52
2.3.2.1 <i>Caixa Hermética</i> .....	53
2.3.2.2 <i>Colmeia Node</i> .....	53
2.3.2.3 <i>Colmeia Gateway</i> .....	53
2.3.2.4 <i>Fontes de energia para alimentação do sistema</i> .....	53
2.3.2.5 <i>Computação em nuvem</i> .....	57
2.4 Resultados e Discussões.....	58
2.4.1 <i>Colmeia Node</i> .....	59
2.4.2 <i>Colmeia Gateway</i> .....	62
2.4.3 <i>Computação em Nuvem</i> .....	62
2.5 Conclusões.....	70
Referências.....	71
CONCLUSÃO GERAL.....	75

## INTRODUÇÃO GERAL

As abelhas têm uma conexão com os humanos, diferente de qualquer outro inseto, isso porque elas produzem mel e prestam o serviço de polinização, colaborando com a produção segura e saudável dos alimentos (TENNANT; CHADWICK, 2016). A polinização é o processo que garante a produção de frutos e sementes e a reprodução de diversas plantas, sendo um dos principais mecanismos de manutenção e promoção da biodiversidade na Terra. Para que ela ocorra, entram em ação os polinizadores, que são animais como abelhas, vespas, borboletas, pássaros, pequenos mamíferos e morcegos responsáveis pela transferência do pólen entre as flores masculinas e femininas. Em alguns casos, também o vento e a chuva cumprem este processo.

O desaparecimento inexplicado das abelhas tem preocupado os apicultores e cientistas, esse fenômeno passou a ser conhecido como Desordem do Colapso da Colônia (DCC) (Colony Collapse Disorder - CCD) e é caracterizado pela perda rápida e inexplicada da população adulta de uma colmeia (UNDERWOOD; VANENGELSDORP, 2007), em soma do crescimento populacional, uma vez que em 2050 seremos mais de 9 bilhões de pessoas, é preciso de uma ação do Homem para remediar esse cenário. A tecnologia surge como uma ruptura dos métodos atuais de controle e monitoramento para através de dados transformar e unificar as informações e permitir uma nova perspectiva;

A Agricultura de Precisão, exerceu um importante papel no campo e no cenário mundial do agronegócio, com o melhor uso dos recursos, provendo uma gestão eficiente para os agricultores. A tecnologia ganhou espaço, através da agricultura de precisão, agregando valor, segurança e previsibilidade para a produção agrícola. O caminho para apicultura, não é diferente, é preciso usar da vanguarda da tecnologia, para transformar, através da informação a gestão apícola. Diferentemente de agricultura, a Apicultura tem uma vantagem em particular, a colmeia pode ser monitorada continuamente (MEIKLE; HOLST, 2015).

Portanto, neste trabalho apresentamos dois capítulos, no primeiro onde é explorado o surgimento e transformação da Apicultura digital, e no segundo capítulo o desenvolvimento de um protótipo da Apicultura Digital.

# CAPÍTULO I - APICULTURA DIGITAL

**Resumo:** A apicultura é uma das atividades mais antigas e importantes no mundo. A abelha contribui para a vida do homem, em diversos aspectos, mas principalmente nos serviços de polinização. Devido ao desaparecimento inexplicado das abelhas, aliado ao crescimento populacional desgovernado, as abelhas e a polinização precisam de um novo rumo, a Tecnologia. Nos dias atuais quanto maior a quantidade de dados, novo petróleo mundial, melhores decisões podem ser tomadas. A computação em nuvem e a internet das coisas, facilitam as operações nos dados, resultando na terceira Era da computação. Esse combinado de tecnologias, nos últimos anos trouxe para agricultura um modelo tecnológico de sucesso, a Agricultura de Precisão (AP), que permite ao agricultor uma nova perspectiva na gestão agrícola. Existem outras variações para AP, como a Apicultura de precisão e a Viticultura de precisão, essas variações tem o mesmo objetivo, usar o ponto ótimo de cada passo no manejo e gestão. Dessa forma, surge a necessidade da transformação digital da apicultura, a Apicultura Digital, que trará benefícios para o meio ambiente e fortalecimento comercial da apicultura.

**Palavras-chave:** apicultura, internet, IoT, apicultura digital

## DIGITAL BEEKEEPING

**Abstract:** Beekeeping is one of the oldest and most important activities in the world, the bee contributes to the life of man in several aspects, but mainly in the services of pollination. Due to the unexplained disappearance of bees in sum of ungoverned population growth, bees and pollination need a new direction, Technology. In the present day, is new oil, it is the basis for scientific decision making, which is based. The cloud computing the internet of things, facilitated the operations of the data, which resulted in the Third Age of computing. This combination of technologies in recent years has brought to agriculture a successful technological model, Precision Agriculture (AP), which brings the farmer a new perspective on agricultural management. There are other variations for AP such as Precision Beekeeping and Precision Viticulture, these variations have the same goal, to use the optimum point of each step-in handling and management. Thus, there is a need for the digital transformation of beekeeping, Digital Beekeeping, which will bring benefits to the environment and commercial strengthening of beekeeping.

**Keywords:** Beekeeping, internet, IoT, digital beekeeping

### 1.1 INTRODUÇÃO

As abelhas têm uma conexão com os humanos, diferente de qualquer outro inseto, isso porque elas produzem mel e prestam o serviço de polinização, colaborando com a produção segura e saudável dos alimentos (TENNANT; CHADWICK, 2016). O



desaparecimento inexplicado das abelhas tem preocupado os apicultores e cientistas, uma vez que elas exercem um importante papel para a vida do planeta, sendo assim, a apicultura deixa de ser subestimada (FAO, 2011) e passar para o primeiro plano, assim como a agricultura e pecuária.

A agricultura de precisão, nos últimos 20 anos, tem exercido um importante papel no campo e no cenário mundial do agronegócio, com o melhor uso dos recursos, provendo uma gestão eficiente para os agricultores. A tecnologia ganhou espaço, através da agricultura de precisão, agregando valor, segurança e previsibilidade para a produção agrícola. O caminho para apicultura, não é diferente, é preciso usar da vanguarda da tecnologia, para transformar, através da informação a gestão apícola. Diferentemente de agricultura, a Apicultura tem uma vantagem em particular, a colmeia pode ser monitorada continuamente (MEIKLE; HOLST, 2015).

A Internet das coisas aplicada a Apicultura utiliza os benefícios da computação em nuvem para uma abordagem tecnológica nos apiários, permitindo ter históricos das colmeias monitoradas e como consequência a rastreabilidade da produção do mel e de material genético dos apiários, e posteriormente esses dados são utilizados como ferramentas para estudo da variabilidade da produção do mel.

Portanto, essa revisão foi elaborada para descrever como a internet, a computação em nuvem, os dados e a apicultura digital poderão transformar os apiários nos próximos anos.

## **1.2 Desenvolvimento**

No texto a seguir, foram descritos os principais conceitos, que servem para contextualizar o funcionamento e necessidade da transformação tecnológica nos apiários.

### **1.2.1 Apicultura**

A Apicultura, é a criação racional de abelhas, é uma das atividades agropecuárias com grande potencial de gerar impactos sociais, econômicos e ecológicos no Brasil (EMBRAPA, 2010). A apicultura é uma das atividades mais antigas

e importantes do mundo, a abelha contribui com a vida do homem na produção do mel, geleia real, própolis, apitoxina, cera e pólen, bem como à agricultura e ao meio ambiente, pelos serviços de polinização (WEISE, 2005), que possibilitam a reprodução de um grande número de espécies vegetais no planeta, uma das bases para o funcionamento de nossos ecossistemas.

A Apicultura tende a ser percebida como um “um *hobby*”, ou como uma “atividade secundária”. Essas descrições são por vezes verdadeiras, entretanto, em vez de apenas um “*hobby*” a apicultura pode ser vista como uma ocupação e parte da vida rural em todo o mundo. Nas comunidades rurais, onde o acesso é limitado, a apicultura em pequena escala pode contribuir significativamente para a segurança dos meios de subsistência. A apicultura e suas áreas correlatas tendem ser subestimadas tanto na política como no planejamento, a razão pode ser o foco do desenvolvimento rural, em que a produção agrícola e pecuária são consideradas atividades dominantes nas zonas rurais. Apesar de que essa perspectiva pode ofuscar a contribuição da apicultura na vida social, cultural e da economia local (FAO, 2011), devemos sempre levar em conta o fundamental serviço de polinização prestado pelas abelhas.

O pólen, na biologia, é o agente de fecundação da flor (gameta masculino), formado por microscópicos grãos que ficam localizados nas anteras, extremidade dos estames, de onde é retirado pelas abelhas através das patas traseiras e levado até a colmeia, depositando nos alvéolos para uso no preparo da geleia real e mel. Para as plantas, o pólen representa o gameta masculino, dessa forma, para a vida das plantas, o pólen tem uma função semelhante ao espermatozoide de reprodução animal. Esse serviço de fecundação, ou seja, facilitar o contato do pólen com o óvulo para fecundação é auxiliado ou exercido pelas abelhas, é chamado de polinização (WEISE, 2015). As abelhas são sem dúvidas, os polinizadores mais importantes, 75% das culturas alimentares do mundo dependem em parte da polinização (FAO, 2016). Nesse ponto, nota-se o papel fundamental das abelhas e seus serviços de polinização para o homem, e, portanto, é possível dizer que na ausência de polinização significaria um planeta sem sementes, sem frutos, um colapso na agricultura. Os produtos químicos e pesticidas usados para as sementes, plantas e gado, invariavelmente acabam agindo em áreas e organismos, que não eram seus alvos originais, através da chuva, solo e ar.

Nesse momento estamos em uma encruzilhada, com essa rápida transformação, as abelhas não estão conseguindo se adequar a nova realidade de pesticidas e zonas temperadas (FAO, 2016), ainda existe muito estudo a ser realizado, mas acredita-se que os químicos são um dos principais fatores para a Desordem do Colapso da Colônia.

### 1.2.2 Desordem do Colapso da Colônia (DCC)

Em 2006, um fenômeno desconhecido até o momento, ocorreu nos Estados Unidos, os apicultores relataram uma perda alarmante de colmeias de abelhas, e até o final desse mesmo ano mais apicultores relataram prejuízos sem precedentes. No ano seguinte, 2007, na Europa, identificaram um fenômeno semelhante, por exemplo, na Irlanda do Norte, foi relatada uma diminuição superior a 50% no número de colmeias (IBAMA, 2012). Esse fenômeno passou a ser chamado como Desordem do Colapso da Colônia (DCC) (*Colony Collapse Disorder – CCD*) (RATNIEKS; CARRECK, 2010), e é caracterizado pela perda rápida e inexplicada da população adulta de uma colmeia (UNDERWOOD; VANENGELSDORP, 2007).

As principais causas do declínio estão relacionadas a alguns prováveis fatores. A apicultura migratória, na qual a polinização comercial é um grande negócio no mundo. Na agricultura esse modelo é suportado para polinizar as lavouras, e para isso as colmeias são movidas de colheita em colheita entre diferentes culturas agrícolas e florestais, dessa forma, o transporte em massa pode contribuir para o DCC. Outros fatores seriam grandes cultivos agrícolas (*mega farming*), que é a prática de colheita em grandes áreas de monocultura, que impactou a vida selvagem negativamente. Um terceiro possível fator é o uso dos pesticidas. Quando usado adequadamente o pesticida é eficaz, mas se usado de forma incorreta, pode ter consequências devastadoras para os serviços dos ecossistemas em geral, como a polinização e para ao homem, tais como a presença de resíduos de pesticidas no leite materno (TENNANT; CHADWICK, 2016; PALMA, 2011) Um das formas de reduzir o ritmo do declínio são os *health checks* (validação de saúde), que é a verificar se as abelhas estão saudáveis e reportar qualquer incidente de doença para ajudar a proteger o grupo (TENNANT; CHADWICK, 2016).

O aumento de perda das colônias representa um sério problema para os apicultores e principalmente para produção agrícola (USDA, 2015), que tem como principal objetivo alimentar a população. Em uma avaliação anual conduzida nos Estados Unidos, foi verificado que durante o inverno foram registradas perdas entre 22 e 33 % anuais das colônias entre 2007 e 2014. Esse valor ultrapassa a média história da década de oitenta, que era de 10 e 15 %.

### 1.2.3 Crescimento Populacional

Em um levantamento realizado em 2015, a população mundial foi estimada em 7,3 bilhões de pessoas. Há 10 anos, a taxa de crescimento populacional era de 1,24 % ao ano, nos dias atuais a taxa de crescimento é de 1,18 % por ano, ou aproximadamente 83 milhões de pessoas anualmente. A projeção é que haja um aumento de um bilhão de pessoas nos próximos 15 anos, atingindo 8,5 bilhões em 2030, e em 2050 teremos 9,6 bilhões de pessoas (ONU, 2015). A produção de alimentos difere de qualquer outro segmento ou ramo de atividade econômica, isso porque as pessoas precisam se alimentar todos os dias, mais de uma vez por dia. Para atender essa demanda atual e a que está por vir alimentar todos os dias esse quantitativo de pessoas, é preciso ter uma organização, por parte do homem, para manter o equilíbrio no ecossistema.

São cinco os passos sugeridos para alimentar essa população atual e futura pelos próximos anos. (O primeiro seria congelar os rastros da agricultura (*footprint*), em outras palavras, parar o desmatamento, uma vez que já devastamos em todo o globo uma área aproximadamente do tamanho da América do Sul para cultivo.) Segundo passo seria usar melhor as áreas agrícolas e já em exploração existentes, isso quer dizer que precisamos melhorar nossas práticas agrícolas, com o uso eficiente dos recursos naturais, como água na irrigação, bem como os demais insumos na agricultura, tais como fertilizantes e maquinário agrícola, dentre outros. O uso eficiente dos recursos disponíveis seria o terceiro passo, considerando que a revolução verde depende do uso correto da água e de combustível fóssil. O quarto passo seriam mudanças na dieta, ou seja, dar mais eficiência para a distribuição. Hoje, somente 55% das calorias produzidas

nas lavouras é consumida, de forma direta, por humanos, o restante é para alimentar as diferentes criações de animais, aproximadamente 36%, que seria um consumo indireto, mas que para isso depende da aquisição dessas fontes de proteínas, e desse ponto de vista pode restringir o acesso a essas calorias por uma significativa porção da população mundial (a das regiões mais pobres do globo), e transformadas em biocombustíveis ou produtos industriais, aproximadamente 9%. O quinto e último passo seria a redução do desperdício de alimentos. Isso por que até 25% das calorias alimentares e até 50% da produção total dos alimentos, são perdidas ou desperdiçadas antes de serem consumidas (NATGEO, 2014).

Como observado, o alimento tem um papel fundamental na vida do homem, e as abelhas com a polinização, um papel fundamental no funcionamento dos ecossistemas. Com o declínio das abelhas, aliado ao crescimento populacional desgovernado, vivemos em um momento de muita atenção, e que é preciso agir imediatamente por meio da tecnologia e da análise de dados em prol da sobrevivência e qualidade da vida do homem e do meio ambiente.

#### 1.2.4 Tecnologia

O acesso aos mais sofisticados usos da informação terá uma função crescente e importante na Agricultura, apicultura e pecuária. Ainda existe um significativo progresso para acontecer, no sentido de que os dados possam ser capturados e organizados para agregar um valor significativo e tenham um sentido quando integrados, uma vez que esses dados são capturados por diferentes partes da cadeia de valor, como empresas de sementes, equipamentos, *traders* e desenvolvedores de *software* (GOEDDE; HORII; SANGHVI, 2015). Essa organização não é apenas importante para as empresas, é importante para o produtor, que terá que acessar os dados de seu maquinário em diversas fontes, e para colocar em seu software ou planilha é preciso de um padrão.

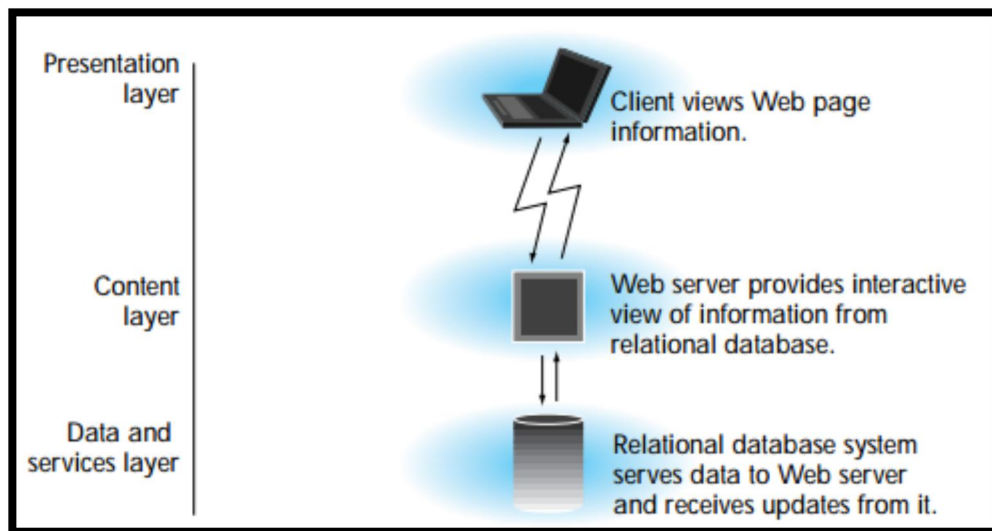
A Indústria 4.0 dita as regras da engenharia para a nova onda de produtos para os demais setores, onde os produtos conectados coletam as informações de utilização com design, permitindo customizar os produtos para as condições ambientais exatas nas quais os consumidores as usam, isso pode ocorrer em tempo real e colaborar com

a tomada de decisão da engenharia durante o desenvolvimento do produto. Portanto, os produtos conectados apresentam aos clientes necessidades não atendidas das quais eles não tem consciência e pode eliminar funções desnecessárias em produtos e serviços (DUNCAN, 2014).

#### 1.2.4.1 Computação em nuvem

Antes de alcançarmos a computação em nuvem passamos por dois outros momentos, que construíram os pilares da atualidade. São eles: A primeira onda da internet, que surgiu por volta de 1985 e durou até 2000, que foi definida por empresas como AOL, Cisco e Microsoft criando uma infraestrutura para conectar as pessoas no mundo (CASE, 2017). Um breve exemplo de como é descrita a simplicidade da primeira onda: Comprar ingresso na internet tornou-se popular, na primeira onda, uma agência de ingressos poderia mostrar a disponibilidade dos acessos e através de uma conexão com o banco de dados atualizar conforme for mudando a disponibilidade, e ainda precisa de uma interação humana para fazer um processamento caso tenha disponível algum formulário para compra ou requisição de informação, como demonstrado na figura 1.

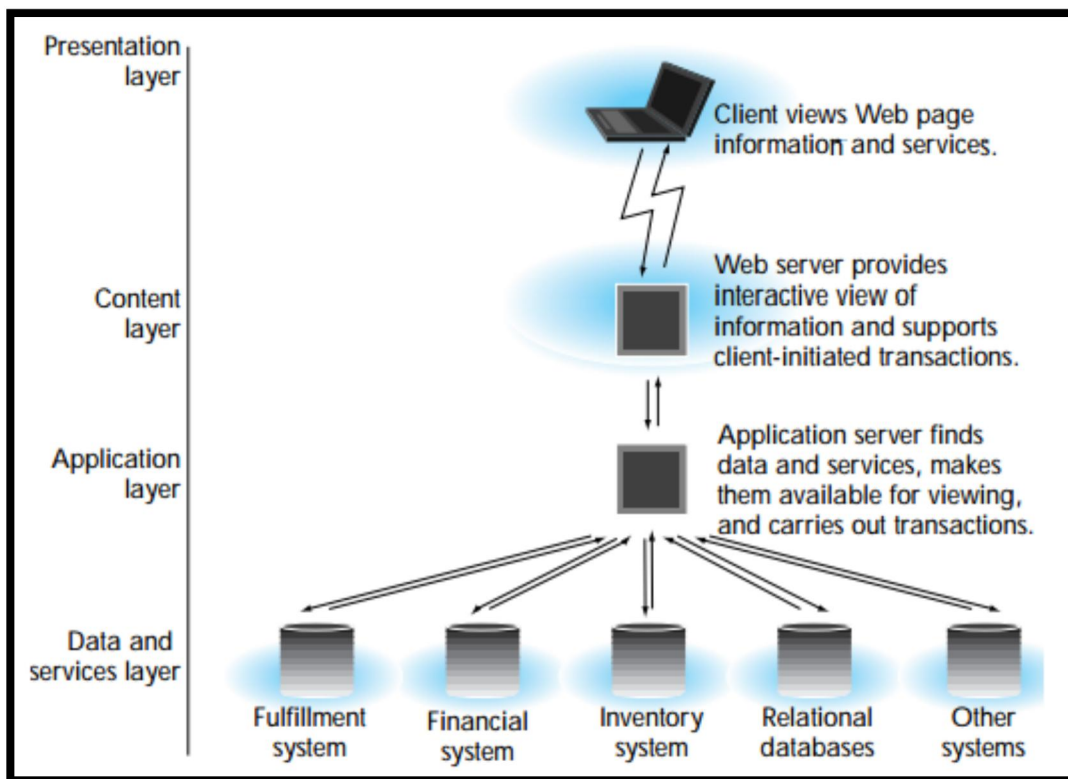
Figura 1 - Primeira Onda.



Fonte: Dreyfus, 1998.

A segunda onda, acontece após o ano 2000, onde aplicativos e serviços são construídos na internet, estendendo a capacidade de usabilidade para Internet baseada em serviços, focando na distribuição em massa das informações públicas, permitindo que negócios sejam realizados através deste importante meio. O exemplo para a segunda onda, abordando novamente o sistema de ingressos, entretanto, com um diferencial uma camada de aplicação capaz não apenas realizar as consultas, mas também fazer o seu processamento sem a uma interação humana, um sistema *back-end*, conforme a figura 2, capaz de processar, fazer inventários, e enviar um e-mail com a compra do ingresso (DREYFUS, 1998).

Figura 2 - Segunda Onda.



Fonte: Dreyfus, 1998.

Computação na Nuvem é um estilo de computação no qual as capacidades da Tecnologia da Informação (TI) são escaláveis e elásticas, e são disponibilizadas como um serviço usando tecnologias da internet (GARTNER, 2015). A computação na nuvem tem início de seu desenvolvimento na década de sessenta, com o desenvolvimento da

*ARPANet (The Advanced Research Projects Agency Network)* pelo Joseph Carl Robnett Licklider, que tinha como visão o acesso de programas e dados em qualquer local (MOHAMED, 2009). A computação em nuvem é um modelo que permite um acesso, sob demanda, a um grupo de recursos compartilhados e configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicativos e serviços) que podem ser rapidamente provisionados e lançados com esforço de gerenciamento mínimo ou interação do provedor de serviços (NIST, 2011). A Computação na Nuvem surge como pilar para a terceira onda, que pode ser definida com um estilo de computação no qual as capacidades de TI são escaláveis e elásticas; e são entregues como um serviço usando tecnologias de Internet (GARTNER, 2015).

Outros fatores-chave que têm permitido a computação na nuvem evoluir incluem o amadurecimento da tecnologia de virtualização, o desenvolvimento de largura de banda de alta velocidade universal, e padrões de interoperabilidade de software universais.

Amoroso (2012) traz como exemplo de computação em nuvem o Dropbox, que é um serviço de sincronização de arquivos, com esse serviço é preciso usar um espaço do HD e o aplicativo irá sincronizar esses dados com a nuvem, e toda ação tomada na pasta local, será replicado para a nuvem, como mover e apagar; outro exemplo de computação na nuvem é o Google Apps, onde é necessário somente um navegador para acessar os serviços de planilha, documentos e apresentações, sem precisar ter esses aplicativos instalados no computador.

Os principais provedores da computação em nuvem em 2016, são: Amazon Web Services; Microsoft Azure; Google; RSpace; Virtustream; VMware e IBM (SoftLayer), esses provedores são capazes de atuar nos três modelos de Serviços definido pelo NIST, que são: Primeiro, *Software as a Service (SaaS)*, ou software como serviço, neste caso o software é proprietário, entregue e gerenciado remotamente pelo provedor. Esse serviço pode ser cobrado por uso, por consumo ou por assinatura. Um exemplo para esse modelo é o Exchange Online, onde o provedor fornece caixas de e-mail cobrando por uma assinatura mensal para cada unidade. O segundo modelo, *Infrastructure as a Service (IaaS)*, Infraestrutura como serviço, esse modelo é padronizado e automatizado, uma vez que os recursos de computação, rede e



armazenamento são de propriedade do provedor e oferecidos sob demanda através de uma interface Web onde o cliente tem a gestão da operação. A cobrança é baseada no serviço e não no produto, isso quer dizer que se contratar 10 servidores para 15 dias, somente pagará o uso dos dados trafegados, número de servidores virtuais e armazenamento durante os dias utilizados. O exemplo para esse modelo é o Amazon EC2, que por meio de uma página web é possível adicionar e remover servidores em minutos, provendo elasticidade e escalabilidade para o consumidor. O terceiro modelo é o *Plataform as a Service (PaaS)*, oferece todo o diagrama da computação nuvem da camada superior SaaS e da camada inferior IaaS (GARTNER, 2017). O consumidor não gerencia ou controla a camada subjacente, incluindo rede, servidores, sistemas operacionais ou armazenamento, mas tem o controle sobre aplicações ou possivelmente configurações do ambiente e hospedagem de aplicativos. O exemplo para esse modelo é o Force.com, uma iniciativa da Salesforce, que prove uma plataforma de desenvolvimento para criar rapidamente aplicativos escaláveis (GARTNER, 2017; NIST, 2011).

Esses modelos de serviços podem ser implementados, principalmente de três formas: a primeira forma é *Private Cloud*, que representa uma forma de computação em nuvem que é usada somente por uma única organização, ou que está completamente isolada, geralmente dentro das organizações. A segunda forma, é a *Public Cloud*, os recursos estão disponíveis para um público geral, em outras palavras, os provedores desse modelo compartilham os recursos entre diversas empresas, e o acesso a esses recursos é feito através da internet. A terceira forma, é *Hybrid Cloud*, que combina o uso de serviços e gerenciamento dentro e fora da organização, isso quer dizer que combina o Public Cloud com Private Cloud (NIST, 2011).

A computação em nuvem tem o potencial de acelerar as descobertas científicas e suas análises de dados enquanto economizar energia e reduz o custo operacional (PRAHLADA, et al, 2012).

Através dessa estrutura fundamental, a internet das coisas, *Internet of Things* (IoT), surge com a terceira onda da Internet usando toda essa infraestrutura, de internet, computação em nuvem, dispositivos portáteis e conectados podendo, podendo ser oferecidos em diversos modelos serviços (JANKOWSKI, 2014).

#### 1.2.4.2 Internet das Coisas

O termo internet das coisas foi proposto primeiramente por Kevin Ashton, em 1999 em uma reunião na P&G (Procter & Gamble). Nessa época ele fazia parte do MIT (Massachusetts Institute of Technology) para o desenvolvimento de um equipamento para rastrear os produtos através de *RFID* (Radio-frequency identification) (JANKOWSKI, 2014). A Internet das coisas, ou *Internet of Things* (IoT) é um termo multi-referencial, que pode ser definido, com uma rede de objetos físicos que contém tecnologia incorporada para comunicar, sentir e interagir com os seus estados internos ou o ambiente externo (GARTNER, 2015). De acordo com o CERP-IOT 2009: *Internet of Things* é uma parte integrante da futura Internet e pode ser definida como uma infraestrutura de rede dinâmica mundial com capacidades de autoconfiguração baseada em protocolos de comunicação padrão e interoperáveis onde 'coisas' físicas e virtuais têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais e utilizam interfaces inteligentes; que estão perfeitamente integrados na rede de informação.

A IoT é composta por três componentes: Primeiro componente, Hardware, constituído de sensores, atuadores e hardware de sistema embarcado; Segundo Componente, Middleware, armazenamento sobre demanda e ferramentas computacionais para análise de dados; Terceiro componente, Apresentação, uma forma fácil e multiplataforma para fácil visualização e interpretação dos dados, como aplicativos e *chatbot* (JAYAVARDHANA et al., 2013).

Na IoT, 'coisas' devem se tornar participantes ativos nos negócios, informações e processos sociais onde eles estão habilitados para interagir e se comunicar entre si e com o meio ambiente, através da troca de dados e informações "sentir" sobre o meio ambiente, ao reagir de forma autônoma para eventos do "mundo físico real" e influenciá-los por processos que desencadeiam ações e criam serviços com ou sem intervenção humana direta em execução.

Interfaces sob a forma de serviços facilitam interações com essas "coisas inteligentes" através da Internet, consultar e alterar seu estado e qualquer informação que lhes estão associados, tendo em conta as questões de segurança e privacidade.

Um dos grandes desafios da IoT é permitir que a percepção e entendimento do mundo de uma forma muito parecida com os humanos.

#### 1.2.4.3 A era dos dados

O Climax da tecnologia nos dias atuais é o uso eficiente dos dados “**Data is the new oil**” (TOONDERS, 2016). O dado é um fato, um novo valor documentado ou o resultado de medição. São descrições alfanuméricas, pictóricas, sonoras, dentre outras, que podem ou não estar associados à sua localização espacial e/ou temporal (dados geográficos ou espaciais), que descrevem os processos, eventos ou acontecimento que ocorrem no mundo real. Quando um sentido semântico ou um significado é atribuído aos dados, gera-se informação, que também pode se geográfica ou espacial e/ou temporal (LONGLEY et al., 2013; SILVA; PERES; BOSCARIOLI, 2016).

Nos dias atuais a internet representa uma enorme quantidade de dados adicionados todos os dias aos dados existentes. Existem aproximadamente 2,7 *Zettabytes* de dados no universo digital (FERRARI, 2014). Esses grandes volumes de dados, atualmente, são tratados como *Big Data*, e muitos deles podem ser dados geográficos. De acordo com o dicionário da Gartner (GARTNER, 2017), *Big Data* é composto por volume, velocidade e variedade de informação que exigem formas inovadoras de processamento com custo que possibilite o aprimoramento da visão, tomada de decisões e automação de processos. Alguns autores, afirmam que o *big data* é fundamentado em cinco Vs (volume, variedade, veracidade, velocidade e valor da informação). Assim esta relação é mais ampla que a condição que o termo “*big*” normalmente define.

Analisar o comportamento da sociedade e levantar questões corretas para interpretar com sabedoria a enorme quantidade de dados é um grande desafio (FERRARI, 2014). Podemos salientar que em um estudo feito para a SAS Institute em 2012, descobriu que o valor dos dados não tinham condições de ser calculado adequadamente, mesmo considerando o custo de coletá-los, seu valor de mercado ou o rendimento futuro que eles possam gerar (MASON, 2015).

O uso dos dados na Agricultura, com forte presença na agricultura de precisão, tem colaborado para a tomada de decisão técnica do agricultor.

### 1.2.5 Agricultura de precisão

O modelo de sucesso tecnológico aplicado ao agronegócio, é a Agricultura de Precisão (AP), que pode ser definida como um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, visando ao aumento de retorno econômico e a redução do impacto no ambiente (MOLIN, 2015), em outras palavras, utilizar melhor o campo com suporte da associação das tecnologias já existentes na agricultura com as geotecnologias, tais como estatística espacial, uso de sistemas de navegação por satélite (GNSS), sensores remotos e não remotos, e os conhecimentos das áreas de topografia e geodesia (SEBEM, et al. 2016).

A AP, no momento é uma das maiores tendências para a alimentação e para o agronegócio (GOEDDE; HORII; SANGHVI, 2015), é possível dizer que os dados da agricultura serão moldados para um novo modelo de uso de recursos e ciência através de duas tendências tecnológicas, o big data e análise avançada dos dados (MAGNIN, 2016). Sendo assim, a AP é a grande responsável pela inserção da tecnologia no campo, observando a evolução, a computação em nuvem é benéfica para a tomada de decisão da colheita, primeiramente porque é orientada a dados. Também, é capaz de lidar com um grande volume dos dados de sensores e demais fontes de dados, conforme descrito anteriormente, a computação em nuvem prove escalabilidade necessária para lidar em tempo real com esses dados. O segundo ponto importante, é que em época de entressafra, a necessidade de processamento reduz, impactando direto na demanda de recursos da computação em nuvem, sendo assim, podendo reduzir os recursos subutilizados e tirar o máximo do proveito da escalabilidade (TAN, 2016), assim como acontece na famosa Black Friday, onde as empresas de bens de consumo ampliam a demanda dos seus serviços de acordo com a utilização de sua página. Adicionalmente, não é preciso se preocupar com a manutenção do hardware e do datacenter isso é de responsabilidade do provedor de serviços, dessa forma, define

bem o papel de cada um dentro da organização agrícola, onde os desenvolvedores e agrônomos trabalham em conjunto para customizar os algoritmos, focando cada vez mais na produtividade do campo e no uso adequado dos recursos e não com a infraestrutura, em outras palavras, foco no business.

Existem outras variações para a agricultura de precisão, como a viticultura de precisão, esse termo indica a prática de reunir todos os tipos de dados sobre uma vinha que são, depois, mapeados e analisados. Um exemplo de aplicação para a viticultura de precisão ocorreu na Califórnia com o uso de *drone*, onde o mesmo fez um voo de uma hora na propriedade, e através de um *software*, organizou as imagens obtidas para montar um mapa do vinhedo. O diagnóstico resultante destas imagens mostrou que os topos das montanhas tinham as vinhas mais escuras, indicando mais umidade e melhor solo do que em baixas altitudes. Com essas informações, o proprietário conseguiu amostras do crescimento das uvas e poderá decidir por quais partes começar a colheita, de forma a ganhar não apenas tempo, mas principalmente uvas com mais qualidade para fazer bons vinhos (TONON, 2014). Uma outra variação da agricultura de precisão que colabora com a agricultura, e que terá uma grande demanda nos próximos anos é a Apicultura de Precisão e sua transformação digital.

#### 1.2.6 Apicultura de precisão

A Apicultura de precisão é uma parte da agricultura de precisão, e tem por objetivo monitorar e controlar o comportamento das atividades das abelhas e também do apiário. Como as abelhas são insetos sociais, isso quer dizer que, o comportamento de uma colmeia é equivalente à de um indivíduo. Por esse motivo as colmeias são consideradas os objetos ou alvos da apicultura de precisão. Os apicultores executam tratamento médico e as demais práticas de manejo na colmeia e não em uma única abelha. Isso pode ser comparado aos objetos da agricultura de precisão quando especialistas da área ao invés de observarem cada planta, observam uma área. Portanto, a apicultura de precisão é uma estratégia baseada no monitoramento de cada colmeia para minimizar recursos e maximizar a produtividade das abelhas (ZACEPINS; STALIDZANS, 2012). A importância da polinização fortifica a necessidade da

Apicultura de Precisão, onde podem ser aplicadas as melhores práticas voltadas (manejo adequado e gestão) para maximizar a produção, reduzir custos, aperfeiçoar a mão-de-obra (trabalho do apicultor em si), e ainda proporcionar a conservação do meio ambiente, para obter um ecossistema sustentável para o bem-estar das abelhas.

Um exemplo real de necessidade da tecnologia no apiário, está no cenário descrito pelo Apicultor Antônio Guedes, São Sepé, RS (2016):

“No meio do ano de 2016, as colmeias foram alugadas para polinizar uma plantação de Canola. As colmeias ficaram disponíveis por 30 dias, então após colocar as colmeias na plantação, o voltei somente para recolher as colmeias, após os trinta dias. No dia que recolhi as colmeias, percebi que ocorreu uma superprodução de mel, a ponto de as abelhas estarem para fora da colmeia. Caso pudesse monitorar as colmeias a distância, seria possível identificar no momento certo em que precisa enxamear uma nova colmeia a partir desta cheia de mel, e como resultado expandir a produção de mel e polinização das canolas”.

Essa descrição verídica mostra a importância da tecnologia na apicultura, evidencia uma importante demanda e sugere como ela transformará o trabalho do apicultor no futuro.

A importância da polinização fortifica a necessidade da Apicultura de Precisão, onde podem ser aplicadas as melhores práticas voltadas (manejo adequado e gestão) para maximizar a produção, reduzir custos, aperfeiçoar a mão-de-obra (trabalho do apicultor em si), e ainda proporcionar a conservação do meio ambiente, para obter um ecossistema sustentável para o bem-estar das abelhas.

### 1.2.7 Transformação Digital

Nos dias atuais muito se fala de transformação digital, onde o produto inteligente e conectado não apenas transforma o produto, mas também expande os limites da indústria (PORTER, 2014). A transformação digital pode ser definida como a aplicação da tecnologia digital para fundamentalmente impactar todos os aspectos dos negócios e da sociedade (GRUMAN, 2016), portanto, não é apenas sobre Tecnologia, é sobre tudo, o valor e os dados fornecidos pela tecnologia para aumentar o alcance de clientes e parceiros a fim de fomentar novos modelos de negócio (BOCK; IANSITI; LAKHANI,

2017). Como plano de fundo, a Agricultura digital é uma nova indústria que combina grandes fontes de dados com análise avançada da colheita e meio ambiente, modelos para prover plano de ações para o campo, e tem como objetivo ajudar os produtores a acelerar a adoção de novas práticas culturais e tecnológicas para produzir benefícios mais valiosos para a agricultura. Outra variação da agricultura de precisão que colabora com a agricultura, e que terá uma grande demanda nos próximos anos é a Apicultura e sua transformação digital.

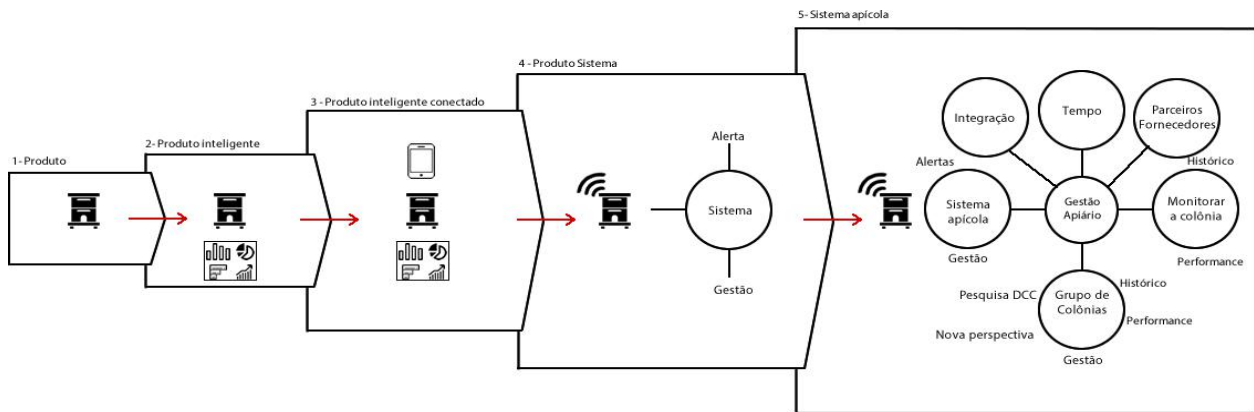
Dado o cenário apresentando, ofertamos a introdução do termo Apicultura Digital (*Digital Beekeeping*). A Apicultura digital pode ser definida como a convergência da Apicultura de precisão, Internet das coisas, computação em nuvem, automação, o uso eficiente dos dados, conectividade com outras ferramentas e informações que agregam valor para os resultados do apicultor. Portanto, tem como objetivo expandir os limites do negócio, através de extração do valor de múltiplas fontes de dados para otimizar a produção, prover rastreabilidade, simulações computacionais, reduzir a invasão durante o manejo, conhecer o entorno do apiário, criar históricos das colmeias e apiários para colaborar na tomada de decisão e utilizar esses dados para pesquisas(principalmente o DCC), sustentabilidade das operações agrícolas e por fim, prover uma gestão integrada do apiário onde clientes, fornecedores e parceiros fazem parte de todo o ciclo produtivo, por fim, uma nova maneira de perceber o apicultura.

Do ponto de vista da organização do novo produto para essa Era, é preciso ter caminhado alguns passos para alcançar, na figura 3 é demonstrado como ocorre a transformação digital, aplicado a Apicultura, uma adaptação de Porter e Heppelmann, 2014. Essa evolução do produtos descrita na figura 3 deixa evidente que é uma plataforma sistêmica que não termina, esse é apenas o primeiro passo para mais ferramentas que podem ser agregadas com facilidade a esse sistema ou através de integração de ferramentas de terceiros ou prover informações para alimentar outro sistema. Por esse motivo, esse modelo é uma ruptura a ser seguida em outros ramos como a suinocultura, avicultura, bovinocultura e equinicultura, com precisão e transformação digital.

Os principais recursos que colaboram para a transformação digital da apicultura, é a internet das coisas (CALLAHAN; KAPLAN; MEHTA, 2016) ou internet das Abelhas

(*Internet of Bees*), a computação em nuvem, big data e análise, automação, tecnologia móvel, Aprendizagem de máquina, inteligência artificial e apicultura de precisão.

Figura 3 - Transformação Digital



Fonte: Adaptado de Porter e Heppemann (2017)

A digitalização tira proveito da computação em nuvem devido as duas características fundamentais, a escalabilidade e elasticidade: Na escalabilidade os recursos de infraestrutura podem ser alterados conforme a demanda, para isso as aplicações e seus dados devem ser flexíveis. Na elasticidade, tem-se o conceito de crescimento elástico virtual, é o que permite tornar dinâmico e automático o dimensionamento dos servidores onde rodam as aplicações e dos *links* de comunicação, e tem por objetivo ser rápido. Dessa forma, uma aplicação pode começar com uma quantidade mínima de recursos e, durante sua execução, novos recursos podem ser requisitados (GALANTE, 2014).

Conectar as operações da apicultura através da internet das coisas abrirá ainda mais possibilidades do que apenas aumentar o rendimento ou manter as colmeias (CARMEN, 2015). Através dessa linha de pensamento, é preciso utilizar sensores, sistemas embarcados, meios de comunicação sem fio e computação em nuvem nas colmeias, para obter informações de forma remota, reduzir a invasão na colmeia, e aplicar uma gestão técnica e científica de cada colmeia como um modelo de gestão apropriado às demandas do apicultor, portanto, a considerado a aqui como a internet das abelhas, ou internet das coisas aplicada à apicultura de precisão.



Como observado na Agricultura de precisão, a rápida adoção da tecnologia gerou um grande acúmulo de dados, que os produtores estão usando para melhorar a gestão, sendo assim, usar as tecnologias da agricultura de precisão e *big data* é uma grande oportunidade para aumentar a produção e produtividade, gestão e desempenho do operador (CASTLE; LUBBEN; LUCK, 2015). É possível adotar esse modelo para a Apicultura de precisão, onde os dados gerados pelas colmeias, dados climáticos e de diversos pontos do globo, através da adoção tecnológica gerando um acúmulo de dados, onde o *Big Data* é visto como meio para as análises e organização dos dados.

O sensoriamento remoto das colmeias, é feito através de internet das coisas, onde, de forma remota, ou telemetria os dados são coletados sem intervenção humana, armazenados e enviados para servidores hospedados na computação em nuvem. Nesse sentido, a Apicultura Digital tem por objetivo monitorar, de forma não invasiva, cada colmeia a fim de propor um plano de ação para o apicultor. A internet das coisas contribui como meio para a apicultura de precisão, que são de fato os sensores, sistemas embarcados, o armazenamento e a computação em nuvem. Adicionalmente, a tecnologia é para atingir uma lacuna no manejo, e buscar uma padronização que de fato colabore para um manejo eficiente, uma vez que existem diferentes caminhos para a apicultura, “faça uma pergunta a três apicultores, e você terá três respostas diferentes” (TENNANT; CHADWICK, 2016).

O propósito dessa transformação digital na apicultura, é centrada no apicultor, isso porque se baseia em algumas iniciativas. As iniciativas são a educação, para prover educação continuada por associações voltada para a tecnologia; o histórico, através de dados coletados por sensores, alimentar uma base de dados para formar um histórico; a análise, no sentido de quais mecanismos empregar para analisar os dados do histórico e criar modelos para prover um mercado competitivo; a tecnologia sob demanda, na qual os dados e a tecnologia direcionam para novos produtos e necessidades, e a pesquisa, para desenvolver e indicar quais os novos métodos tecnológicos aplicados para a apicultura, que irão colaborar para que os apicultores atinjam a vanguarda da tecnologia para as gerações que estão por vir.

O grande avanço tecnológico do início do século XXI não consiste em novos objetos, mas em objetos antigos tornados inteligentes. O Conteúdo de conhecimento

dos produtos esta se tornando mais valioso que os elementos físicos usados para produzi-los (MASON, 2015).

### 1.3 Conclusão

No clímax da necessidade do alimento, dos serviços de polinização prestados pelas abelhas, crise do crescimento populacional e o desaparecimento das abelhas, associado com a era dos dados, computação em nuvem, e a urgência de transformar-se, a Apicultura Digital exercerá um importante papel na sociedade e nos negócios. Isso porque os dados, estão disponíveis para todos, isso resulta na democratização da informação através da transformação digital dos segmentos de mercado. Logo, a informática não tem mais nada a ver com computadores, tem a ver com a vida das pessoas. Portanto, a tecnologia aplicada para o bem-estar da sociedade, faz com deixamos de usar a tecnologia como adolescentes e sim a teremos como uma importante ferramenta de transformação social e econômica.

### Referências

AMOROSO, Danilo. O que é Computação em Nuvens?. **TECMUNDO**. 2012. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/computacao-em-nuvem/738-o-que-e-computacao-em-nuvens-.htm>>. Acesso em: 4 nov. 2016.

BOCK, Robert; IANSITI, Marco; LAKHANI, Karim. What the Companies on the Right Side of the Digital Business Divide Have in Common. **Harvard Business Review**, 31 Jan. 2017. Disponível em: <<https://hbr.org/2017/01/what-the-companies-on-the-right-side-of-the-digital-business-divide-have-in-common>>. Acesso em: 5 fevereiro. 2017.

CALLAHAN, Don.; KAPLAN, James.; MEHTA, Asheet.. Rewiring Citi for the digital age. **Mckinsey&Company**, Dez. 2016 Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/rewiring-citi-for-the-digital-age>> Acesso em: 5 fevereiro. 2017.

CARMEN P. Saving Bees With the Internet of things. **Forbes**, 7 Jul. 2016. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/sap/2016/07/07/saving-bees-with-the-internet-of-things/#6e69be8f1acc>> Acesso em: 19 agosto. 2016 às 21:00

CASE, Steve. **A Terceira Onda**. 1 ed. Brasil: São Paulo, 2017.

CASTLE, Mike; LUBBEN, Bradley D.; LUCK, Joe. Precision Agriculture Adoption and profitability. **University of Nebraska-Lincoln**. Cornhusker Economics: Institute of Agriculture & Natural Resources Department of Agricultural Economics. Nebraska, 21 Jun. 2017. Disponível em: < <https://agecon.unl.edu/cornhusker-economics/2017/precision-agriculture-adoption-profitability>>. Acesso em: 5 Julho. 2017.

DREYFUS, Paul. The Second Wave – Netscape on Usability in the Services-Based Internet. **IEEE**, Volume 2, 36-40, Mar/Abril. 1998. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/document/670681/>>. Acesso em: 5 Julho. 2017. DOI: 10.1109/4236.670681

DUNCAN, Ewan; RITTER, Ron. Next frontiers for lean. **Mckinsey&Company**. Fev. 2014. Disponível em: < <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/next-frontiers-for-lean> > Acesso em: 5 Julho. 2017.

**EMBRAPA**. Desordem do Colpaso. 2010. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/apicultura/desordemColapso.php>> Acesso em: 1 Abril. 2017 às 15:30

**EMBRAPA**. Apicultura. 2001. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/folders/2001/apicultura.pdf>> Acesso em: 20 agosto. 2015 às 20:00

**FAO**. Beekeeping and sustainable livelihoods - Second edition. 2011. ISSN 1810-0775

**FAO**. Pollinators vital to our food supply under threat. Kuala Lumpur, 26 Fev. 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/en/item/384726/icode/>> Acesso em: 1 Abril. 2017 às 15:30

FERRARI, Flavio. Big Data ou Big Problems. **Revista ESPM**, São Paulo, n. 5, pg. 49. Set/out. 2014.

GALANTE, Guilherme. **Explorando a elasticidade em nível de programação no desenvolvimento e na execução de aplicações científicas**. 2014. 115 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2014.

SEBEM, Elódio; GIOTTO, Enio; CARDOSO, C. D. Vianna; SOARES, Fábio. **Agricultura de Precisão no Sistema CR Campeiro 7**. 1º ed. Santa Maria: CESPOL, 2016.

GOEDDE, Lutz; HORII, Maya; SANGHVI, Sunil. Pursuing the global opportunity in food and agribusiness. US: **Mckinsey&Company**, Julho. 2015. Disponível em: < <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/pursuing-the-global-opportunity-in-food-and-agribusiness> > Acesso em: 28 março. 2016 às 19:00.

GRUMAN, Galen. What digital transformation really means. **INFOWORLD**. Junho. 2014. Disponível em: <<http://www.infoworld.com/article/3080644/it-management/what-digital-transformation-really-means.html>> Acesso em: 30 março. 2016 às 19:00.

JANKOWSKI, Simona. IoT Report. **Goldman, Sachs & Co**, 3 Set. 2014. Disponível em: <<http://www.goldmansachs.com/our-thinking/outlook/internet-of-things/iot-report.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2016.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. 3 ed., Porto Alegre: Bookman, 2013, 540 p.

MAGNIN, Clarisse. How big data will revolutionize the global food chain. Paris: **Mckinsey&Company**, Agosto. 2016. Disponível em: <<http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/how-big-data-will-revolutionize-the-global-food-chain> > Acesso em: 30 Set. 2016 às 19:00.

MASON, Paul. **Pós Capitalismo: Um guia para o nosso futuro**. Tradução de José Geraldo Couto. 1º ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2017.

MEIKLE, W. G; HOLST, N. **Application of continuous monitoring of honeybee colonies**. **Apidologie** 46.1 (2015): 10-22. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13592-014-0298-x>>. Acesso em: 30 Set. 2016 às 19:00. DOI: 10.1007/s13592-014-0298-x

MOHAMED, Arif. A History of Cloud Computing. **Computer Weekly**, Março. 2009. <http://www.computerweekly.com/Articles/2009/06/10/235429/A-history-of-cloud-computing.htm>.> Acesso em: 27 Jul. 2016.

MOLIN, J. Paulo; AMARAL, L. Rios do; COLAÇO, A. Freitas. **Agricultura de Precisão**. 1 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

**NATGEO**. Food: Feeding 9 Billion. National Geographic, 2014. Disponível em: <<http://www.nationalgeographic.com/foodfeatures/feeding-9-billion/>> Acesso em: 1 Abril. 2017 às 15:30

**NIST**. The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology, Maryland, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>> Acesso em: 1 Abril. 2017 às 16:30

**ONU**. World Population Prospects The 2015 Revision. Organização das Nações Unidas. 2015. Disponível em: <[https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key\\_findings\\_wpp\\_2015.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf)> Acesso em: 1 Abril. 2017 às 15:30

PALMA, D. C. de A. **Agrotóxicos em leite humano de mães residentes em Lucas do Rio Verde – MT**. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva)- Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiába. 2011.

PRAHLADA, Rao; SALUJA, Payal; MITTAL, Ankit; AHMAD, Rammeez. (2012). **CDAC Scientific Cloud: On Demand Provisioning of Resources for Scientific Applications**. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/>

230859642\_CDAC\_Scientific\_Cloud\_On\_Demand\_Provisioning\_of\_Resources\_for\_Scientific\_Applications > Acesso em: 6 Dezembro. 2016.

PORTER, Michael E.; HEPPELMANN, James E. How smart, connected products are transforming companies. **Revista Harvard Business Review**, n. 93.10. p. 96-114. 2015.

RATNIEKS, F. L. W.; CARRECK, N. L. Clarity on Honey Bee Collapse. **Science**, v. 327, n. 5962, p. 152-153, 2010.

SILVA, L. Augusto da; PERES, S. Marques; BOSCARIOLI, Clodis. **Introdução a mineração de dados: com aplicações em R**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

TENNANT, Emma; CHADWICK, Fergus. **The Bee Book**. 1 ed. United Kingdom: Dorling Kindersley, 2016.

TOONDERS, Joris. Data Is the New Oil of the Digital Economy. **WIRED**. 2016. Disponível em: <<https://www.wired.com/insights/2014/07/data-new-oil-digital-economy/>>. Acesso em: 6 Dezembro. 2016.

**The Hale Group**. THE DIGITAL TRANSFORMATION OF ROW CROP AGRICULTURE. Dezembro. IOWA. 2014. Disponível em: < <https://www.cals.iastate.edu/sites/default/files/misc/172832/agstate-executive-summary-15-dec-docx.pdf> > Acesso em 1 Abril. 2017 às 15:30

TONON, Rafael. Campo Hackeado. **Revista Galileu**, São Paulo, n. 242, p. 43, Mar. 2014.

UNDERWOOD, R. B; VANENGELSDORP, D. Colony Collapse Disorder. Have we Seen this before? **Bee Culture**. 2007. Disponível em: < <http://www.beeculture.com/colony-development-part-i/> > Acesso em 14 Abril. 2015 às 15:30

USDA. Big Data and Future Agriculture. **USDA**. Junho, 2015. Disponível em: <[https://nifa.usda.gov/sites/default/files/resource/Big\\_Data\\_Agriculture\\_Future.pdf](https://nifa.usda.gov/sites/default/files/resource/Big_Data_Agriculture_Future.pdf)> Acesso em 1 Abril. 2017 às 15:30

WEISE, Helmut. **Apicultura: Novos tempos**. 2 ed. Guaíba: Agrolivros, 2005.

ZACEPINS, A.; STALIDZANS, E. Architecture of automatized control system for honey bee indoor wintering process monitoring and control. **IEEE**. 2 Jul. 2012. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6228751/> >. Acesso em 18 Abril. 2015 às 15:30. DOI: 10.1109/CarpathianCC.2012.6228751

ZACEPINS, A.; STALIDZANS, E. Application of Information's Technologies in Precision Apiculture. Letônia: Departamento de Sistema de Computadores. **IEEE**. 26 Jun. 2012. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6228751/> >. Acesso em 19 Abril. 2015 às 15:30. DOI: 10.1109/CarpathianCC.2014.6843694

## **CAPÍTULO II - DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA APICULTURA DIGITAL**

**Resumo:** Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo para a Apicultura Digital, de telemetria, utilizando a Internet das coisas e computação em nuvem implementado para monitorar colmeias em São Sepé - RS. Os sistemas embarcados foram utilizados para capturar parâmetros da colmeia no apiário, para criar um histórico local, e então enviar para a computação em nuvem, e permitir o sensoriamento remoto e métodos menos invasivos para detectar o estado de saúde da colmeia, assim como na agricultura de precisão, utilizar o melhor do recurso tecnológico para uma melhor tomada de decisão.

**Palavras-chaves:** protótipo, apicultura digital; remoto

### **DEVELOPMENT OF PROTOTYPE FOR DIGITAL BEEKEEPING**

**Abstract:** In this work a prototype was developed for Digital Beekeeping, of telemetry, using the Internet of Things and cloud computing implemented to monitor hives in São Sepé - RS. Embedded systems were used to capture hive parameters in the apiary to create a local history and then send them to cloud computing and allow remote sensing and less invasive methods to detect the hive's health status as well as in agriculture to use the best of technology resources for better decision-making

**Keywords:** prototype, digital beekeeping, remote

### **2.1 Introdução**

As abelhas são sem dúvida, os polinizadores mais importantes para a reprodução da maior parte das angiospermas (ROUBIK, 1989). A polinização é o processo que garante a produção de frutos e sementes e a reprodução de diversas plantas, sendo um dos principais mecanismos de manutenção e promoção da biodiversidade na Terra. Para que ela ocorra, entram em ação os polinizadores, que são animais como abelhas, vespas, borboletas, pássaros, pequenos mamíferos e morcegos responsáveis pela transferência do pólen entre as flores masculinas e femininas. Em alguns casos, também o vento e a chuva cumprem este processo.

O declínio dos polinizadores e a redução da diversidade de abelhas em áreas agrícolas são normalmente atribuídos ao uso de defensivos agrícolas, à fragmentação de habitats, provenientes de desmatamentos; e a introdução de espécies capazes de

competir com as abelhas nativas, principalmente pelos recursos florais (ALLEN-WARDELL et al, 1998; KEARNS; INOUE; WASER, 1998; KREMEN et al. 2002; KEVAN; VIANA, 2003; LARSEN et al. 2005). Esse fenômeno passou a ser conhecido como Desordem do Colapso da Colônia (DCC) (*Colony Collapse Disorder - CCD*) e é caracterizado pela perda rápida e inexplicada da população adulta de uma colmeia (UNDERWOOD; VANENGELSDORP, 2007).

A Internet das coisas, é um termo multi-referencial, segundo o dicionário da GARTNER (2015), IoT (*Internet of Things*), é uma rede de objetos físicos que contém tecnologia incorporada para comunicar, sentir e interagir com os seus estados internos ou o ambiente externo. De acordo com o CERP-IOT 2009: "Internet of Things (IoT) é uma parte integrante da futura Internet e pode ser definida como uma infraestrutura de rede dinâmica mundial com capacidades de autoconfiguração baseada em protocolos de comunicação padrão e interoperáveis onde 'coisas' físicas e virtuais têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais e utilizam interfaces inteligentes; que estão perfeitamente integrados na rede de informação".

Apicultura de precisão foi definida recentemente como estratégia de gestão do apiário baseado no monitoramento de colmeias para minimizar o uso de recursos e maximizar a produtividade das abelhas. O principal objetivo da Apicultura de precisão é monitorar e controlar o comportamento das abelhas. Não é possível, e mesmo necessário observar cada abelha. É por isso que as colônias de abelhas são consideradas indivíduos na apicultura de precisão (ZACEPINS; STALIDZANS, 2014)

Por todos esses aspectos apresentados, o protótipo da apicultura digital além de ser um assunto interessante, é de suma importância para o futuro de nosso planeta.

### 2.1.1 Objetivo geral

Desenvolvimento de um sistema para a apicultura digital, utilizando a Internet das Coisas, computação em nuvem e sistemas embarcados implementados para monitorar as colmeias remotamente, provendo informações em tempo real ou pós processamento para o apicultor.

### 2.1.2 Objetivos específicos

Organização de um sistema que através da Internet das Coisas, Computação em nuvem, máquina para máquina e sistemas embarcados que atenda as seguintes propostas:

- Captura do peso e temperatura da colmeia para ao envio para dispositivo móvel do apicultor;
- Criar um histórico para cada colmeia monitorada;
- Prover para o apicultor uma informação que seja usada para ferramenta para a tomada de decisão;

### 2.1.3 Justificativa

Vivemos em um momento de ruptura, onde o tradicional está ou será substituído pelo digital e pela internet. Essa ruptura causa um efeito de transformação na forma que pensamos e agimos na sociedade, como pagamos e recebemos serviços, e como nos proporciona novas ferramentas para soluções ou obter novas perspectiva de problemas conhecidos e desconhecidos.

Sabe-se que a abelha tem um papel fundamental, que é a polinização. Nos dias atuais, elas estão em extinção, e causa uma grande preocupação somada com crescimento populacional desgovernado, onde se estima que em 2050 sejamos nove bilhões de pessoas. Para alimentar toda essa população todos os dias, é preciso de uma perfeita sintonia entre o homem e meio ambiente.

Com o avanço da tecnologia, a computação vive a terceira onda, que é baseada em computação em nuvem e os grandes volumes de dados. Nessa nova era, as empresas que melhor aplicam as informações dos dados, são as líderes em seus segmentos. Portanto, aplicar a tecnologia como ferramenta para a solução de um problema, é um dever da sociedade atual para sua própria sobrevivência.



## 2.2 Revisão Bibliográfica

O uso da tecnologia para monitorar as colmeias está em ascensão nos dias atuais, devido a importância da apicultura nas nossas vidas. Podemos listar alguns trabalhos recentes com o caráter de monitorar as colmeias: o primeiro que podemos listar é o trabalho de Murphy et al. (2016) que descreve o monitoramento contínuo das colmeias combinando uma série de sensores para obter uma visão completa da colônia através de WSN (Wireless Sensor Network). O segundo trabalho que podemos listar é o do Meikle e Holst (2014), no qual tem como foco o monitoramento contínuo da colmeia através de parâmetros físicos para interpretação de dados. O monitoramento contínuo da colmeia permite a correlação entre eventos de cada colmeia, como estado atual da abelha rainha, mudanças da saúde das colmeias e a consideração de fatores externos, como o tempo ou a exposição a pesticidas. O terceiro autor de devemos citar são Zacepis e Stalidzans (2012, 2013), em alguns momentos com mais autores, Zacepins et al. (2014, 2015), nesses trabalhos surgem o termo Apicultura de precisão como um sub-ramo da agricultura e agricultura de precisão (ZACEPINS; STALIDZANS, 2012), podemos listar também o processamento remoto do estado da colmeia, análise de dados e suporte na tomada de decisão levando em consideração as peculiaridades da apicultura.

Para desenharmos o sistema para a apicultura digital é preciso conhecer quais parâmetros da colmeia/abelha é preciso monitorar, essa mentalidade de parametrização e limiares é herdado dos primeiros trabalhos de WSN (*Wireless Sensor Network*) para irrigação da agricultura (Murphy et al, 2016). Nesse trabalho, os limiares servem de alerta para o apicultor fazer as interrupções de manejo.

A temperatura do ar é uma das mais importantes variáveis climáticas (MAVI; TUPPER, 2004). As abelhas, como insetos sociais, têm a capacidade de regular a temperatura dentro de seus ninhos, portanto, termorregulação é definido como a capacidade de que organismo tem de controlar, manter e normalizar suas condições internas, na resposta comportamental ou fisiológica ao seu ambiente natural. O controle da temperatura dentro da colmeia é fundamental para o desenvolvimento da cria, sobrevivência e produtividade. Se as colmeias estiverem fora do intervalo de

temperatura que é de 33-36 °C, com média de 34.5 (JONES; OLDROYD, 2007), podem levar as abelhas ao abandono ou afetar fatores fisiológicos das abelhas. Isso quer dizer que as abelhas sofrem uma influência de fatores ambientais como temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar (DOMINGOS; GONÇALVES, 2014). Manter a temperatura constante é um fator importante para o desenvolvimento da abelha jovens. A abelhas melíferas pertence a um grupo seletivo de insetos que sobrevive como colônia durante o inverno. Quando a temperatura começar a cair, as operárias se aproximam da abelha rainha formando um aglomerado centrado na abelha rainha para manter elas aquecidas o suficiente até a temperatura da primavera permitir a expansão da colônia (TENNANT; CHADWICK, 2016).

A umidade do relativa do ar, faz parte do grupo de elementos climáticos que tem um importante papel na vida dos insetos, assim como a temperatura e o vento. O teor de umidade no habitat de um inseto determina diretamente se um indivíduo sobrevive ou não. A umidade também tem efeitos indiretos sobre as populações de insetos através da sua influência no crescimento das plantas. As formas de umidade ambiental (umidade atmosférica, chuva, neve, granizo, orvalho, umidade do solo e águas) influenciam o equilíbrio de água dos insetos (MAVI; TUPPER, 2004). Com o objetivo de prevenir doenças, as abelhas ficam na entrada da colmeia para manter os níveis de umidade constante, deslocando o ar quente e úmido da colmeia com o ar fresco e seco do exterior (TENNANT; CHADWICK, 2016).

O peso da colmeia também é monitorado, colaborando para identificação de eventos como a presença de alimento durante o inverno, o desenvolvimento da colmeia durante a época de grande quantidade de alimentos, como a primavera e verão e no caso de apicultura comercial, a identificação do surgimento de novos enxames (ZACEPINS et al., 2014). O peso também pode indicar o abandono das abelhas, a presença de predadores e eventos aleatórios como mudanças repentinas, como a queda, causada pelo vento. Segundo um documento da NASA, o peso da colmeia provê para o apicultor uma visão valiosa do estado da colônia, informa sobre novos enxames e o estado durante o inverno. E se monitorado continuamente constrói um registro das variações e como resultado informações dos efeitos das mudanças climáticas e do uso da terra ao longo das décadas. Essas informações podem ser

trocadas entre os apicultores, para uma troca de conhecimento e investigação científica (ESAIAS, 2007). Não é de hoje que a colmeia tem seu peso monitorado, existem estudos desde 1914, onde o peso e temperatura foram monitorados a cada hora por 2 ou 3 dias (MEIKLE; HOLST, 2014).

Como a apicultura digital está enraizada na apicultura de precisão, portanto é utilizado o GPS (Global Position System), para georreferenciar cada colmeia e/ou apiário, ou as colmeias em um determinado apiário adjunto do monitoramento das demais variáveis, e assim permitir o estudo das variabilidades temporal e espacial.

Existem outros sensores descritos na literatura, que não foram abordados nesse protótipo, entretanto, são de grande valia, podemos citar **o sensor de som** da colmeia, onde sinais e técnicas de processamento de áudio pode ser aplicado para estimar o comportamento das abelhas. Estudos demonstram que quando as abelhas vão enxamear o som aumenta para a frequência de 300 Hz, onde ocasionalmente mudanças rápidas entre 150Hz e 500Hz aparecem, e outros estudos demonstram que com o som é possível extrair uma assinatura da espécie da abelha. Esses sensores acima retratam a colmeia, os dois próximos monitoramento são voltados para cada indivíduo, abelha. **O acelerômetro**, é um sensor utilizado para mensurar a vibração da colmeia, e segundo relatos, permite a identificação da enxameação com alguns dias de antecedência (ZACEPINS et al., 2014). É possível também, detectar gases como CO<sub>2</sub> com o sensor TGS4141, O<sub>2</sub> com SK-25 e NO<sub>2</sub> com MiCS-2710 e contaminadores do ar com TGS2600 e TGS2602, e então expandindo a capacidade para detectar pesticidas na colmeia (MURPHY et al., 2016). Quando deseja monitorar itens individualmente, os custos são elevados, não somente tratando da câmera, mas também como o armazenamento desses dados, uma solução que pode iluminar esse cenário e monitorar somente uma colmeia com a câmera e tê-la como referência para as demais (ZACEPINS et al., 2014). **O vídeo**, ou câmera pode ser utilizada para monitorar a entrada e saída de abelhas da colmeia, fazer contagem, determinar a direção do movimento e correlacionar com fatores externos, e o movimento dentro da colmeia durante o inverno (ZACEPINS et al., 2014). O segundo que tem o caráter individual, é a contagem de abelhas na entrada da colmeia, que tem o objetivo de mensurar a quantidade de abelhas entrando e saindo, que resulta em: horários de pico de entrada e

saída, o impacto da condição climática nos voos diários, enxameação, porcentagem de retorno e outros fatores que podem causar a mudança nos voos. O sensor utilizado para a contagem das abelhas é um fotoelétrico com um microcontrolador localizado na frente a colmeia.

### 2.2.1 Desenho do Sistema

A arquitetura utilizada, combina *Internet of Things* (IOT) e *Wireless Sensor Network* (WSN). Os WSN são pequenos dispositivos com capacidade de sentir, analisar e comunicar o dado capturado por algum sensor, portanto, capaz de monitorar e enviar parâmetros físicos mensurados. Esses dispositivos são limitados a bateria e capacidade de processamento, e são instalados em locais de difícil acesso (KHAN; ABBASI, 2016). Esses dispositivos no WSN, são chamados de *sensor node*, ou nó sensor, que pode ser equipado com um ou mais sensores, um processador, memória, bateria, radio e atuador. O sensor pode ser mecânico, termal, biológico, químico, ótico ou magnético para mensurar as propriedades do ambiente. A comunicação é feita através de rádios, rede sem fio (wireless), para transferir os dados para uma estação de base, que pode ser um computador portátil. Um outro componente que faz parte do WSN é o *Gateway*, que na estrutura do WSN, recolhe os dados dos sensores e enviar para estação (YICK; MUKHERERJEE; GHOSAL, 2008). O *gateway* pode ser definido com um computador que tem a capacidade de se comunicar entre diferentes redes ou aplicações, portanto, converte informações e dados de um formato de protocolo para outro, em outras palavras, usa técnicas para conectar sistemas heterogêneos (GARTNER, 2017). A distância entre o *sensor nodes* e o *gateway* pode variar, podem ser distancias curtas, e podem ser longas distancias, nas longas distancias é preciso considerar os *hops*, saltos, isso quer dizer é preciso passar por mais de um *node* até chegar no *gateway* (SOHRABY; MINOLI; ZNATI, 2007).

A *Internet of Things* (IoT) ou Internet das coisas, pode ser definida com uma rede objetos físicos que contem tecnologia embarcada para comunicar e sentir (GARTNER, 2016). Existem três componentes fundamentais no IoT: o primeiro é o *Hardware* composto por sensor, atuadores e transmissão incorporados. O segundo, é o

*middleware*, que sob demanda, prove armazenamento e ferramentas computacionais para análise de dados, computação em nuvem. E o terceiro é a apresentação, são ferramentas que permitem o acesso a informações do que está sendo monitorado (GUBBI et al, 2013). Assim como no WSN, o IoT é composto fundamentalmente por *gateway* e *sensor node*. O *sensor node* é composto por sensores, atuadores e componentes internos como rádio, bateria e processador. O *gateway* ele faz mais do que somente encaminhar dados, e faz a comunicação entre com os *nodes* através de *Zigbee*, *Bluetooth*, *Wifi* ou *Lora* com a Internet (UCKELMANN; HARRISON; MICHAHELLES, 2011). No IoT, 'coisas' devem se tornar participantes ativos nos negócios, informações e processos sociais onde eles estão habilitados para interagir e se comunicar entre si e com o meio ambiente, através da troca de dados e informações "sentir" sobre o meio ambiente, ao reagir de forma autônoma para eventos do "mundo físico real" e influenciá-los por processos que desencadeiam ações e criam serviços com ou sem intervenção humana direta na execução.

A IoT, é, portanto, uma rede de objetos interconectados com endereço único. O IoT prove para o WSN (que é uma rede privada) a conexão com rede pública, a Internet, expandindo os limites da coleta de dados (KHAN; ABBASI, 2016).

## **2.3 Material e Métodos**

### 2.3.1 Material

#### 2.3.1.1 *Microcontrolador ATmega328P (Arduino UNO)*

O microcontrolador utilizado foi o ATmega328P, Arduino (figura 4), que está embarcado em uma placa que contém 14 entradas/saídas digitais, 6 entradas analógicas, um cristal de quartz de 16 MHz, um conector USB, uma entrada Plug de 2.1 mm, um cabeçalho ICSP e um botão de reinício. O microcontrolador possui uma arquitetura RISC (*Reduced Instructions Set Computing*.) No *datasheet* (*que é o documento com as especificações técnicas do equipamento*) disponibilizado pelo

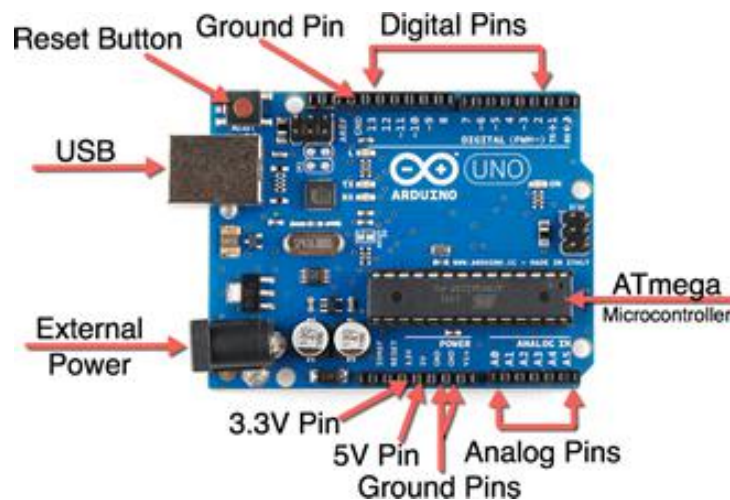
fabricando, notamos a descrição dos itens que são fundamentais para esse projeto. Podemos citar:

- Arduino Software (IDE), ou *Arduino Integrated Development Environment* contém um editor para escrita de código. O programa escrito usando o Arduino IDE são chamados de *Sketches*, estes são salvos na extensão .ino. A programação é feita na linguagem C.

- Porta digital: o Arduino tem 13 canais digitais, esses pinos digitais podem agir como entrada e saída de dados. O canal digital identifica duas possibilidades, ou dois estados lógicos, a existência de voltagem ou a falta de voltagem. Alta Voltagem (5V ou 3.3 V) e baixa voltagem (0 V).

- Porta analógica: o Arduino tem 6 canais A/D, conversor de analógico para digital. Diferente da porta digital, a porta analógica mensura sinais contínuos, por exemplo: um sensor de temperatura, onde sua grandeza não é representada por 0 ou 1(digital), e sim por um valor contínuo como 25°C.

Figura 4 - Placa Arduino.



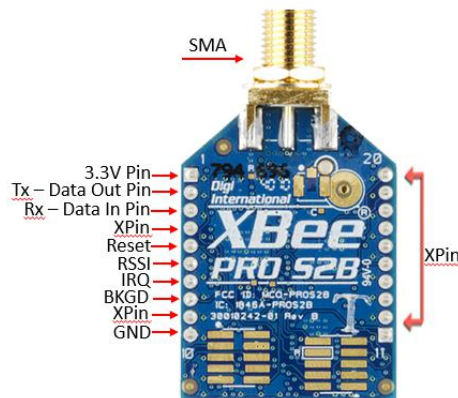
Fonte: Arduino, 2016.

### 2.3.1.2 Rádio - XBee Pro

De acordo com o fabricante Digi, os módulos XBee RF (figura 5) (Radio Frequency) são soluções embarcadas sem fio para conectar dispositivos. Esses

módulos usam o protocolo IEEE 802.15.4 para uma rápida comunicação de rede ponto-multiponto ou ponto-a-ponto. São desenvolvidos para aplicações de alto rendimento, que tem como demanda baixa latência e um tempo de comunicação previsível. Abaixo podemos ver uma fotografia com Xbee e as descrições dos pinos.

Figura 5 - Módulo de Radio Frequência XBee Pro.



Fonte: Xbee, 2016

### 2.3.1.3 Sensores de temperatura AM2302/DHT22

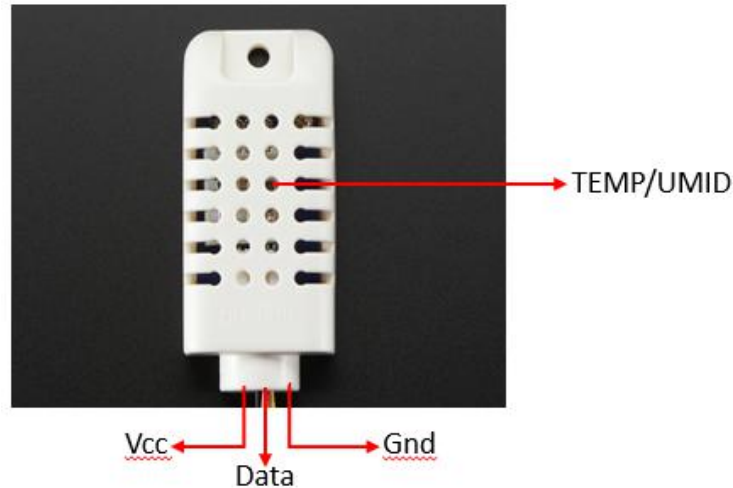
Segundo o *datasheet* do fabricante, é um sensor que tem a capacidade de mensurar temperatura e humidade que consome pouca energia. Composto por 3 fios, como podemos observar na figura 6, uma entrada de energia, um sinal (dados) e terra. O range de temperatura que pode operar está entre  $-40$  e  $80^{\circ}\text{C}$ . A acurácia para umidade é de  $\pm 2\%$  e para temperatura menor ou igual a  $0,5^{\circ}\text{C}$ . O tempo médio de leitura do sensor é de 2 segundos (AOSONG, 2017).

### 2.3.1.4 Sensor de peso

O sensor de peso é composto por 3 equipamentos, um combinador de células que combina os quatro sensores de peso em uma saída de quatro fios para ponte *WheatStone*. Segundo o fabricante, a ponte *Wheatstone* é usada para transferir o valor de uma resistência desconhecida para uma corrente elétrica. O segundo equipamento é

o Amplificador de célula de leitura ou HX711, que permite ler as mudanças na resistência do sensor de peso. O terceiro equipamento é o sensor de peso, são usados 4 sensores.

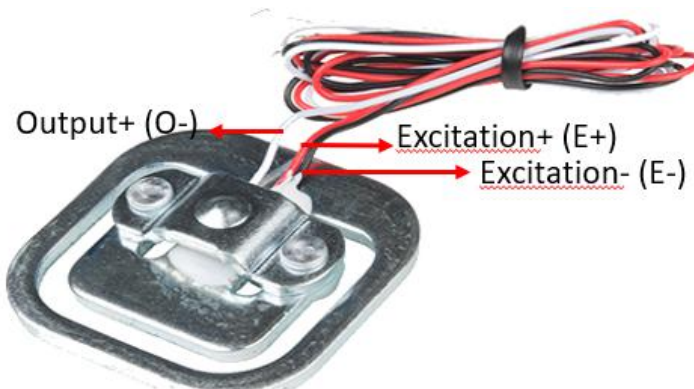
Figura 6 - Sensor de temperatura AM2302/DHT22.



Fonte: AOSONG, 2017.

O sensor de peso ou celular de peso (figura 7) como também é conhecido, segundo o fabricante é um transdutor que é capaz de traduzir uma pressão (força) em um sinal elétrico mensurável. É um dispositivo que mensura a resistência elétrica em resposta a pressão ou força exercida na célula de peso. (SPARKFUN, 2017)

Figura 7 - Sensor de Peso.



Fonte: SPARKFUN, 2017.



### 2.3.1.5 Combinador de células

O combinador de célula (figura 8), é um circuito impresso, que combina os 3 fios dos sensores de peso em uma única placa. Os 12 fios, 3 de cada sensor de peso, 4 sensores no total, são encaixados/soldados nas entradas -/+ /C. Não existe um padrão de cores para o sensor de peso, é preciso identificar nos pares qual tem a maior resistência. Portanto na entrada C, deve ser encaixado o fio do meio do sensor de peso, e os pinos de maior resistência devem ser encaixados na entrada + e -. O combinador de células é apresenta 4 saídas para o Hx711 (SPARKFUN, 2017).

### 2.3.1.6 Amplificador de célula de leitura ou HX711

O HX711, podemos ver na figura 9, é a placa de circuito integrado que conecta os sensores de peso a um micro controlador, permitindo ler a mudanças de resistência do sensor de peso. As quatro saídas do Combinador de células são conectadas respectivamente no Hx711, que transformas em 4 saídas para o microcontrolador. As saídas são VCC(5v), GND (terra), DAT e CLK que são programáveis no código (AVIA, 2017).

Figura 8 - Combinador de células.

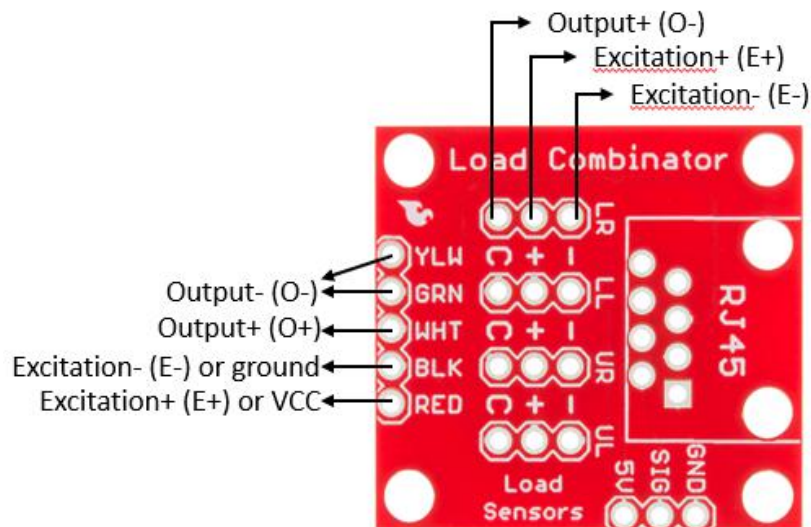
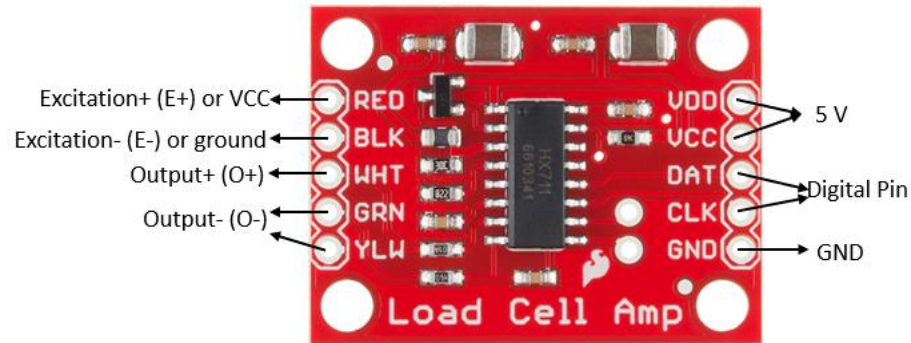


Figura 9 - Amplificador de célula de leitura HX711.



Fonte: AVIA, 2017.

### 2.3.1.7 Raspberry

O Raspberry ou Rpi (figura 10) é um computador do tamanho de um cartão de crédito que é conectado a uma TV e teclado. É um pequeno computador que pode ser usado em projetos eletrônicos, ou como um computador de mesa, para uso de planilhas, processamento de texto, Internet e jogos (RaspberryPi, 2017).

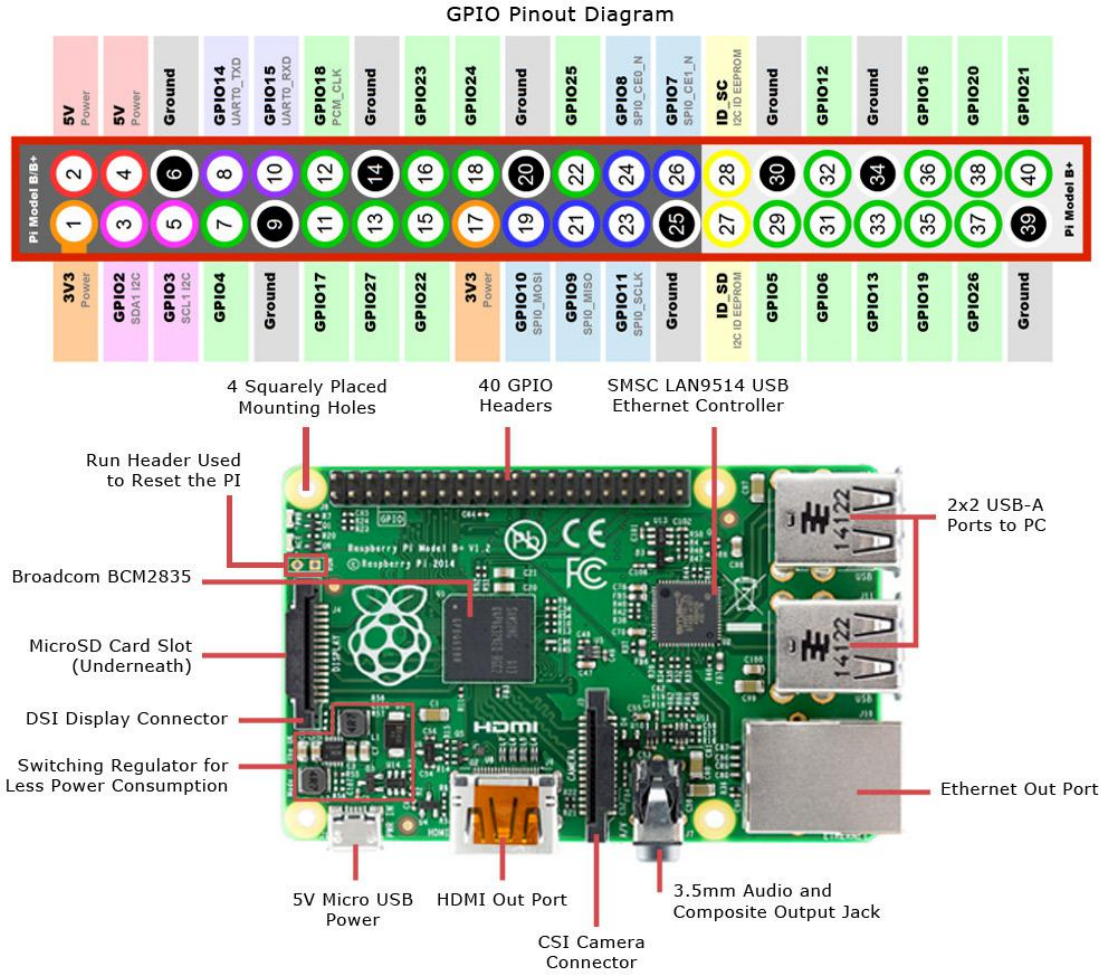
### 2.3.1.8 Modem Iridium

Segundo o fabricante (Rock 7 Mobile), o RockBLOCK Mk2, presente na figura 11, permite o envio e recebimento de *Short Burst Data* (SBD) de qualquer lugar no globo. Ele possui a conexão FTDI, que permite conectar em computadores através da entrada USB. (ROCK7, 2017)

### 2.3.1.9 Painel Solar

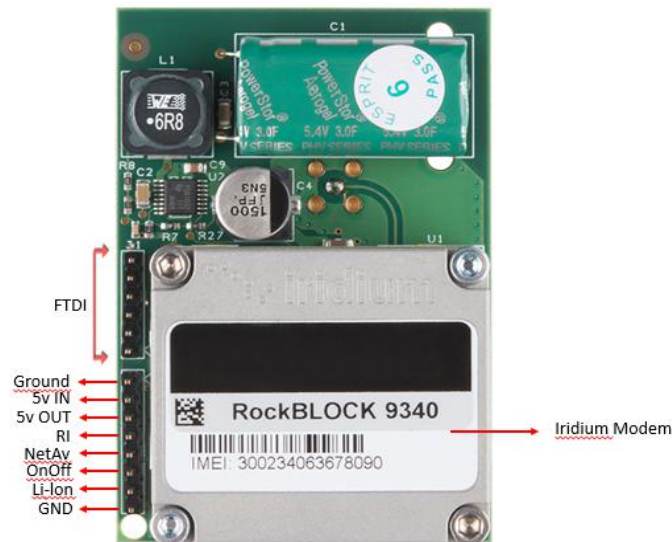
Utilizamos um painel solar de 50 W, abaixo a figura 12 do painel, e suas características técnicas: i) Potência máxima: 50W; ii) Tensão de circuito aberto: 21,56V; iii) Tensão em potência máxima: 17,74V; iv) Corrente de curto-circuito: 3,04A; v) Corrente em potência máxima: 2,84A; vi) Tensão máxima do sistema: 750Vcc; vii) Dimensões Aproximadas: Comprimento 750mm x Largura 510mm X Altura 35mm; ix) Moldura: Alumínio; e x) Peso: 4,9 Kg.

Figura 10 - Raspberry.



Fonte: RASPBERRYPI, 2017.

Figura 11 - Modem Iridium.



Fonte: ROCK7, 2016.

Figura 12 - Painel Solar.



Fonte: Autor.

### 2.3.1.10 Baterias

Utilizamos baterias (figura 13) de 7AH de 12V, para armazenar a energia e alimentar o sistema nos dias de ausência de sol.

Figura 13 - Bateria VRLA.



Fonte: UniPower, 2017.

A Bateria VRLA Estacionária Recarregável tem as seguintes características: i) Bateria de chumbo ácido regulada por válvulas; ii) Voltagem 12V; iii) Capacidade Nominal 7AH/hora; e iv) Dimensões(cm): 9,4cm x 6,5cm x 15,10cm ( Alt.x Larg.x Comp.).

### 2.3.1.11 Caixa Hermética

Caixa termo plástica, 300x220x120mm Ip 55 (figura 14).

### 2.3.1.12 Controlador de Carga

O controlador de carga (figura 15) possui as seguintes características técnicas: i) Corrente nominal do painel solar (entrada): 5A; ii) Tensão de operação: 12 Vcc; iii) Máxima tensão das baterias: 16V; iv) Autoconsumo:  $\leq 6\text{mA}$ ; v) Temperatura de trabalho:  $-35^{\circ}\text{C}$  a  $+55^{\circ}\text{C}$ ; e vi) Proteção IP30.

Figura 14 - Caixa Hermética.



Fonte: Stretch, 2017.

Figura 15 - Controlador de Carga.



Fonte: EPEVER, 2017.

## 2.3.2 Métodos

Os equipamentos descritos anteriormente, foram organizados de forma lógica, formando uma arquitetura sistêmica composta por hardware, software e computação em nuvem. Portanto, os passos abaixo demonstram os métodos da montagem do equipamento.

### *2.3.2.1 Caixa Hermética*

Em uma caixa hermética, foram feitos 4 furos, sendo 3 para encaixe dos conectores Mike, isolando os eletrônicos do ambiente externo e uma para a antena SMA, na figura abaixo mostra os conectores. Foram utilizados conectores Mike de diferentes pinos (2 pinos; 3pinos; 4 pinos), Poka Yoke, para evitar confusão na hora da conexão além de atender a necessidade de cada sensor.

### *2.3.2.2 Colmeia Node*

Na parte interna da caixa hermética, esta os fios de cada conector Mike, o microcontrolado e o rádio Xbee, na figura 15 mostra como os equipamentos se conectam, que é o esquema eletrônico.

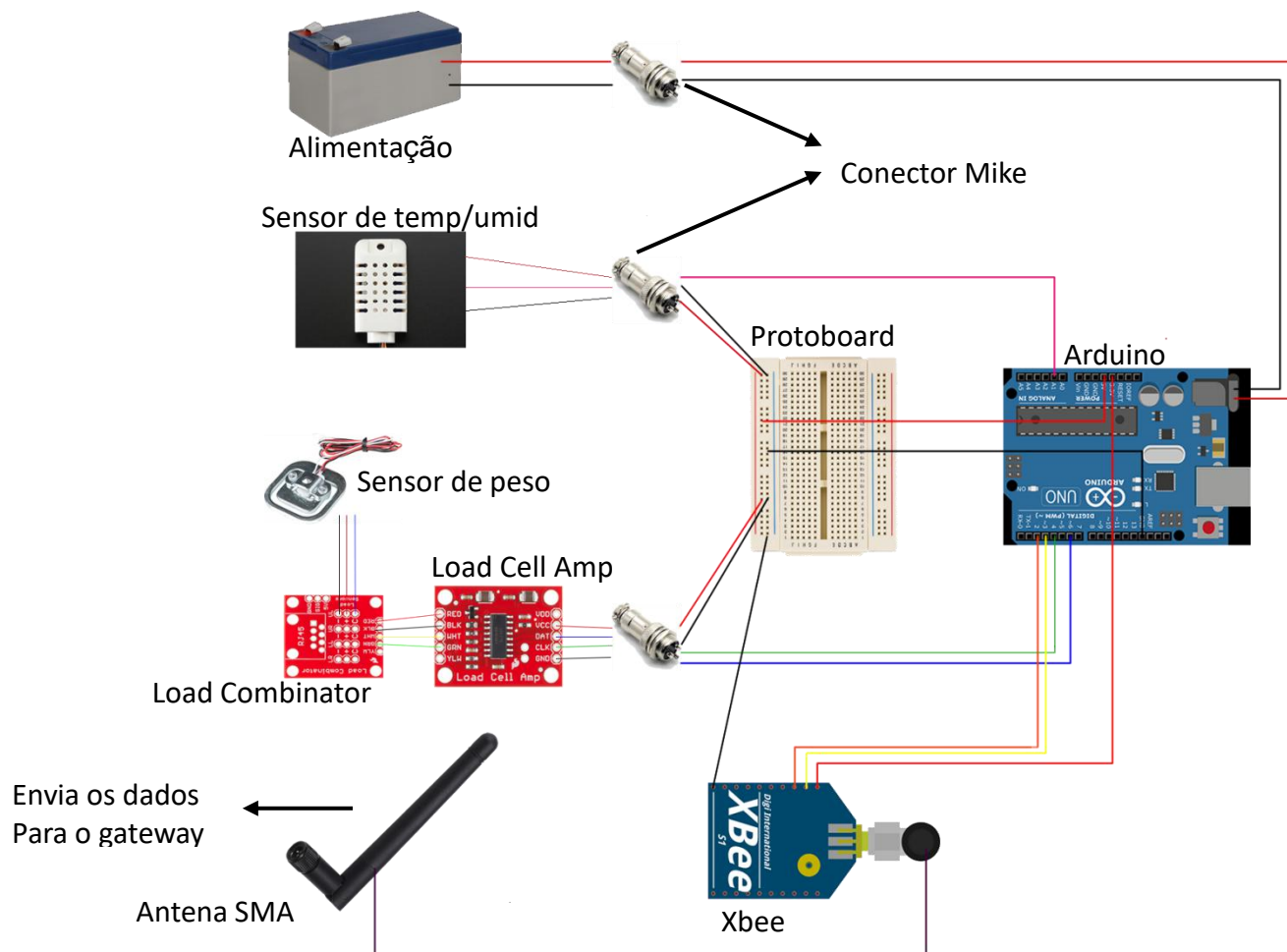
### *2.3.2.3 Colmeia Gateway*

O gateway recebe as informações do node, também está em uma caixa hermética, e na figura 16 mostra o esquema eletrônico dos equipamentos.

### *2.3.2.4. Fontes de energia para alimentação do sistema.*

A alimentação do sistema foi feita através de bateria e painel solar, uma vez que no local não tem acesso à rede elétrica. Antes de instalarmos os equipamentos, dimensionamos o sistema elétrico para se manter um dia em execução sem a presença do sol. No dimensionamento, determinamos que o consumo dos equipamentos listados em matérias, na hora de pico tem um consumo de 10.86 watt, em um dia isso significa 260.712 Watt, sendo assim uma potência mínima de painel solar de 46 Watt, e para atingir o mínimo de um dia de alimentação, são necessárias 4 baterias, com potência total de 336, o sistema elétrico suporta aproximadamente 31 horas com os equipamentos ligados. A tabela 2 mostra o consumo de energia dos itens que integram o sistema Colmeia Node e a tabela 3 do Colmeia Gateway somado ao Colmeia Note.

Figura 16 - Esquema Colmeia Node.



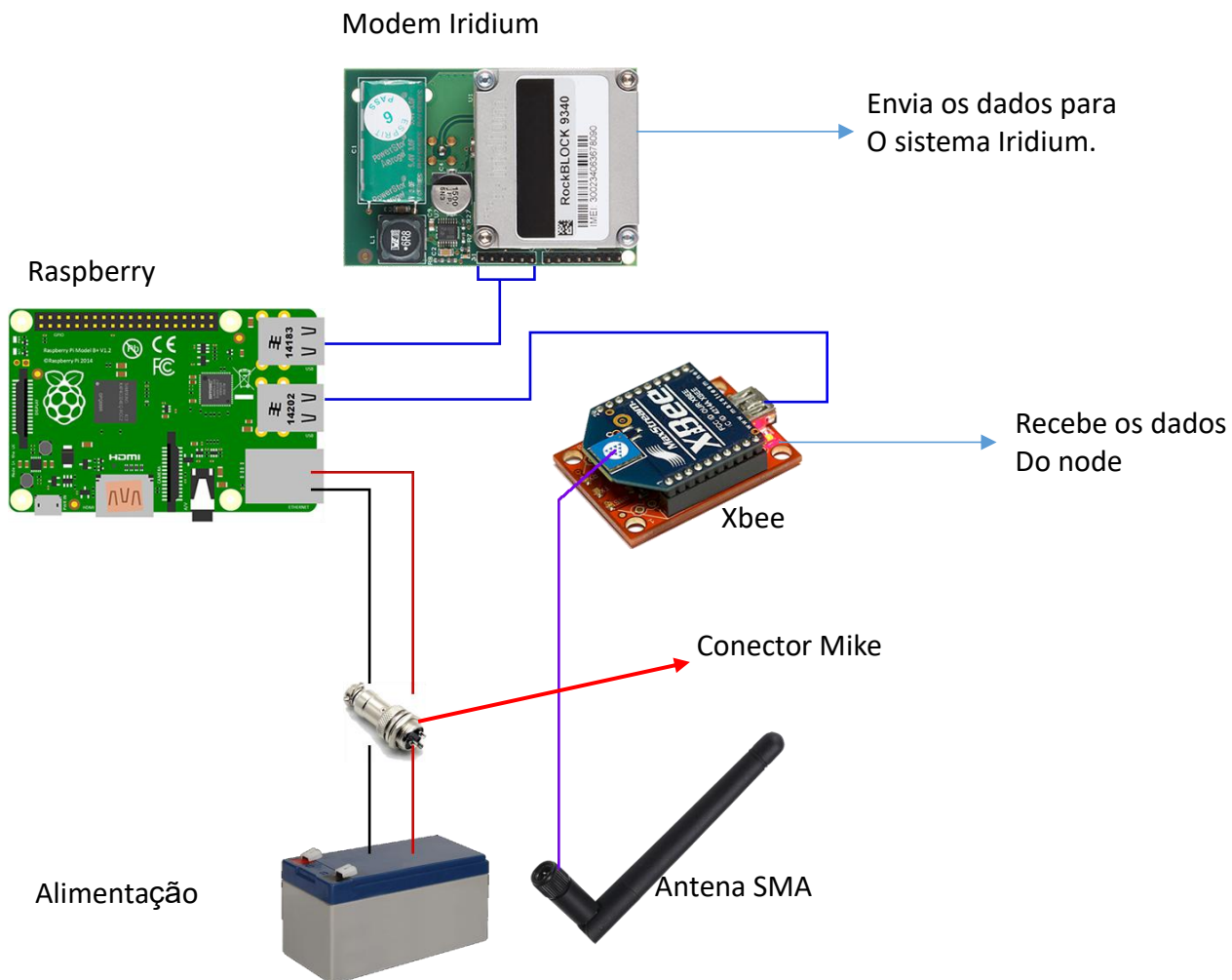
Fonte: Autor.

Tabela 1 - Potência total das Colmeias Node.

Item	Quantidade	Corrente Nominal (mA)	Corrente Nominal(A)	Tensão (Volt)	Potência (Watts)
Arduíno Uno	1	144	0,144	5,0	0,72
Arduíno Uno Pinos	5	20	0,020	3,3	0,33
Xbee	1	215	0,215	3,3	0,71
<b>Total por equipamento</b>					<b>1,76</b>
Número de equipamentos					4
<b>Total Watt</b>					<b>7,04</b>

Fonte: Autor.

Figura 17 - Esquema Colmeia Gateway.



Fonte: Autor.

Tabela 2 - Potência total das Colmeias Node.

Item	Quantidade	Corrente Nominal (mA)	Corrente Nominal(A)	Tensão (Volt)	Potência (Watts)
Raspberry	1	260	0,260	5,0	1,30
Raspberry wifi	1	100	0,010	5,0	0,50
Modem Iridium	1	450	0,450	5,0	2,25
Xbee	1	215	0,215	5,0	1,08
<b>Total por equipamento</b>					<b>3,83</b>
Número de equipamentos					1
<b>Total (Watt):</b>					<b>3,83</b>
<b>Total do Sistema (Watts):</b>					<b>10,86</b>

Fonte: Autor.



No Quadro 1 observamos o consumo do sistema por dia e a potência mínima do painel solar.

Quadro 1 - Consumo do sistema por dia e dimensionamento do painel solar.

<b>Consumo por Dia</b>		<b>Dimensionamento do Painel</b>	
Quantidade de horas por dia	24	Consumo diário	260,712
Total em Watts do Sistema	10,86	Média anual de horas de sol	6
Consumo Diário	260,712	Potência Mínima (Watts/hora)	43,452

Fonte: Autor.

Para manter, o equipamento ligado por pelo menos um dia, utilizamos 4 baterias, que tem como perspectiva 31 horas de capacidade, conforme o observado no Quadro 2.

Quadro 2 - Potência total e capacidade das baterias.

<b>Baterias</b>		<b>Capacidade das Baterias</b>	
Número de Baterias	4	Potência Total (Watts)	336
Corrente (Amperes)	12	Consumo do Sistema (Watts)	10,86
Tensão (Volts)	7	Quantidade de horas que as baterias suportam o sistema (h)	31
Potência Total (Watts)	336		

Fonte: Autor.

Para completar o sistema de energia o Quadro 3 apresenta a determinação da corrente mínima do controlador.

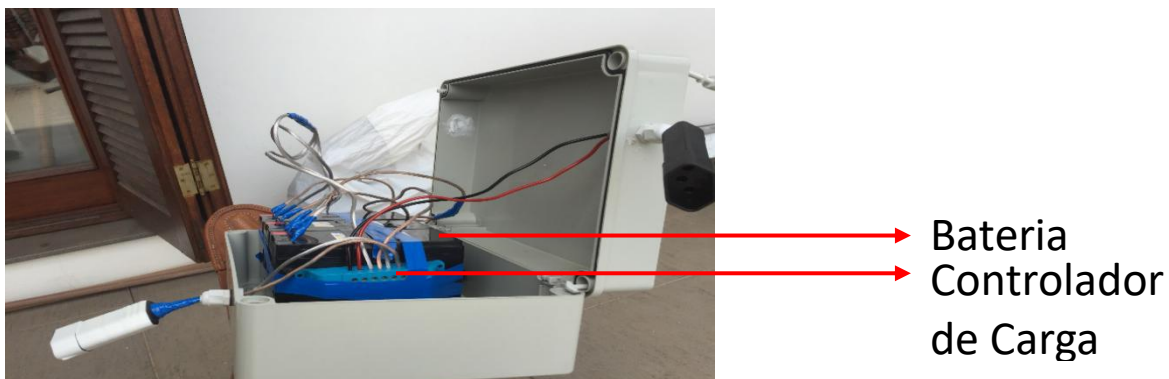
Quadro 3 - Corrente mínima do controlador de carga.

<b>Controlador de carga</b>	
Potência do Painel Solar (Watts)	50
Tensão da Bateria (Volts)	12
Corrente mínima do controlador	4,17

Fonte: Autor.

Na figura 18, mostra como os equipamentos conectados no controlador de carga.

Figura 18 - Equipamentos de Alimentação do sistema.

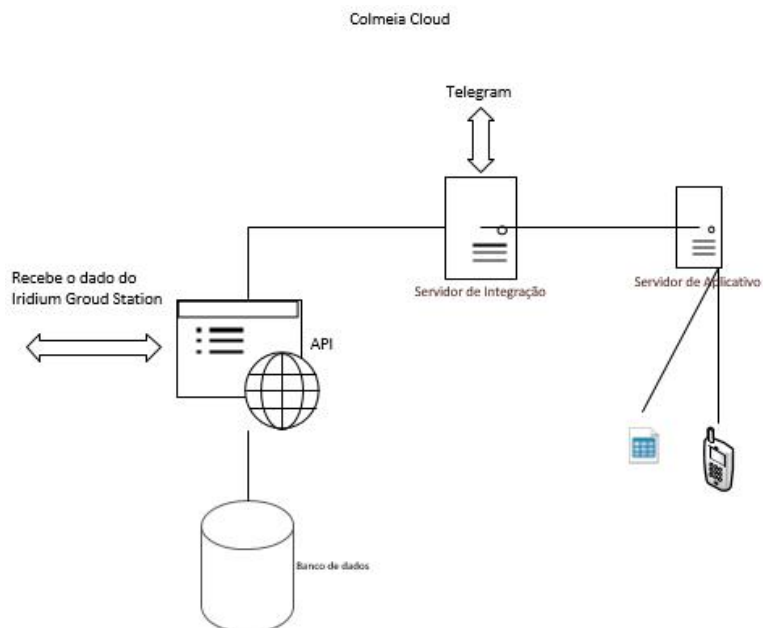


Fonte: Autor.

### 2.3.2.5 Computação em nuvem

Para o sistema que roda da nuvem, foi escrito em linguagem Python, a figura 19 mostra o fluxo do dado.

Figura 19 - Esquema Computação em Nuvem.



Fonte: Autor.

## 2.4 Resultados e Discussões

Como resultado do cenário descrito anteriormente, apresentamos primeiramente uma tabela onde organiza os sensores que podem ser utilizados na apicultura e apresentamos o produto gerado da combinação lógica dos equipamentos para a Apicultura Digital.

Observando a colmeia e o entorno, é possível adicionar mais sensores e obter uma visão profunda do ambiente, isso quer dizer, que a presença de sensores no entorno incrementa a compreensão do comportamento da colmeia. Além dos sensores já citados, podemos adicionar sensores como: pluviômetro, para quantificar a chuva local; anemômetro, para medir a velocidade do vento; higrômetro, para observar em diversos pontos a umidade do solo e então conhecer o comportamento da flora local e seu desenvolvimento; sensor de efeito Hall, presente na colmeia para identificar se o ninho está corretamente encaixado na melgueira, onde o resultado esperado para esse sensor é identificar se existe alguma entrada de ar não desejada; radiação solar, para verificar a intensidade de entrada e saída da colmeia enquanto há mais ou menos intensidade de raios solares no local; qualidade da água, para certificar-se que o pH e oxigênio da água está saudável, caso não, sugerir para o apicultor o uso de bebedouros com água potável; o RFID (*Radio-frequency identification*), nesse caso, cada sensor recebe uma TAG, onde nos casos de polinização comercial, na hora de transportar a colmeia para fora do apiário, o leitor de RFID já identifica a saída da colmeia do apiário. Na tabela 3, é possível identificar o sensor e seu respectivo grupo, isso quer dizer é se o sensor pertence a monitoração da colmeia, do indivíduo ou do ambiente externo.

Para a construção dessa arquitetura foram considerados os conceitos de Internet das Coisas, Máquina para Máquina, Computação em Nuvem, *cluster*, telemetria e WSN. Adicionalmente, essa arquitetura é composta por três modelos de equipamentos com funções específicas como ele forma um *cluster* ou grupo, cada equipamento é um *node* ou nó membro do grupo.

Tabela 3 - Relação de sensores e seus objetivos de monitoramento.

Sensor	Tipo de Monitoramento		
	Colmeia	Indivíduo	Ambiente Externo
Temperatura	X		X
Umidade	X		X
Massa da colmeia	X		
Som	X		
Acelerômetro	X		
Pluviômetro			X
Anemômetro			X
Higrômetro			X
Efeito Hall	X		
Radiação Solar			X
Qualidade da água			X
Vídeo		X	
Fotoelétrico		X	
Gases	X		X
Contaminação do Ar	X		X
GPS	X		
RFID	X		
SIG			X
Mel	X		

Legenda: GPS: *Global Positioning System*; RFID: Identificação por Rádio Frequência; SIG: Sistema de Informações Geográficas. Fonte: Autor.  
Fonte: Autor.

#### 2.4.1 Colmeia Node

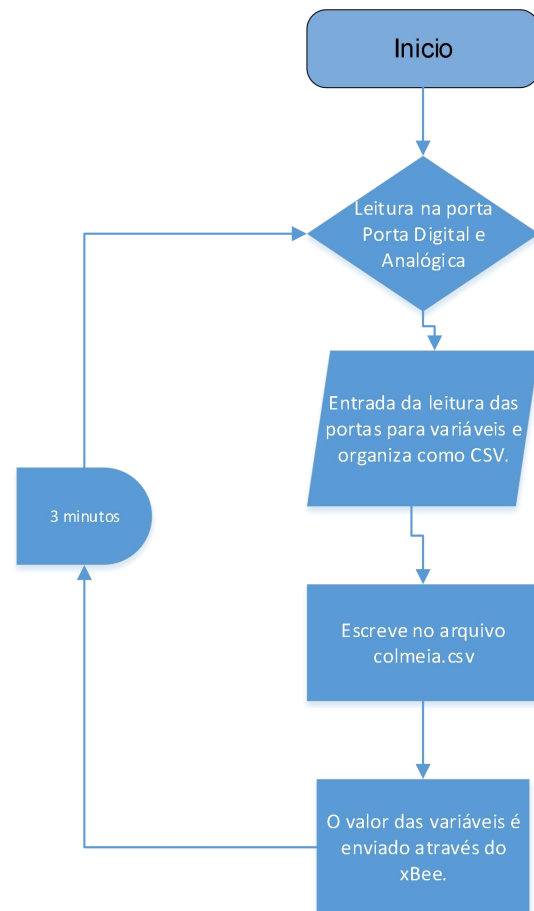
A *colmeia node* é composta por um Arduino, sensor de peso, protoboard, sensor de temperatura e umidade e um rádio XBee configurado como *end device*, figura 21 e figura 22. Ele tem a função de capturar os dados da colmeia (peso, temperatura e umidade) e transmitir os dados para a colmeia gateway. Cada Colmeia node, foi programado para ter um nome de identificação, por exemplo, C1 para Colmeia 1, C2 para Colmeia 2, C3 para Colmeia 3, isso quer dizer que toda vez que o conjunto de dados é enviado do Node Colmeia para o Node Coordenador, é enviado um cabeçalho

de identificação com o nome da colmeia. Além da transmissão dos dados, os dados são armazenados em um cartão de memória, SD, no formato CSV (*Comma Separated Value*).

Na programação ou código fonte de cada Colmeia Node, programado em C/C++, foi calibrado o sensor de peso, cada colmeia tem sua própria calibração para garantir maior acurácia. Ainda no código, foi adicionado um laço (*loop*), para cada execução de leitura é somando um número que foi nomeado de sequência, esse número permite: i) identificar o tempo que o equipamento está ligado; ii) em caso de falha do node coordenado, é possível identificar o tempo que ficou sem leitura; iii) uma vez que a sequência é reiniciada, pode apontar o problema para a alimentação de energia ou para falha no próprio equipamento; e iv) colabora para que dados repetidos não serão salvos no cartão de memória ou transmitidos.

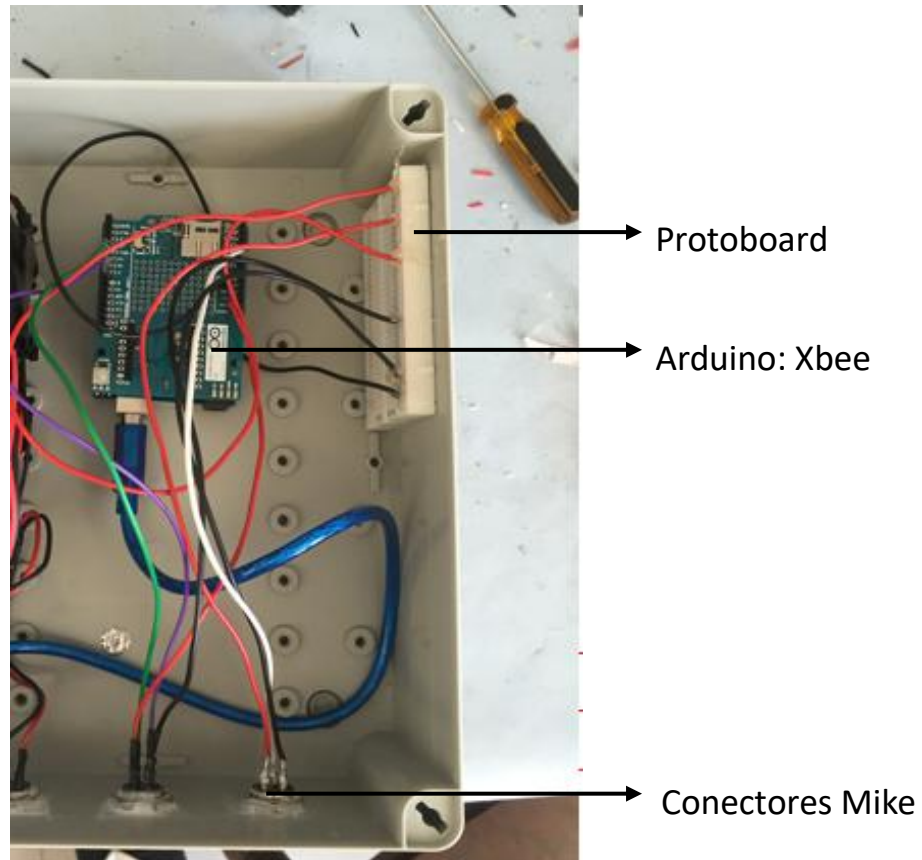
Na figura 20 observamos o fluxo de leitura do sensor e o envio do dado para o Arduino, nas figuras 21 e 22 observamos o sistema Colmeia Node conectados a caixa hermética a base que será posicionada embaixo da colméia de abelhas.

Figura 20 - Leitura do sensor e envio do dado.



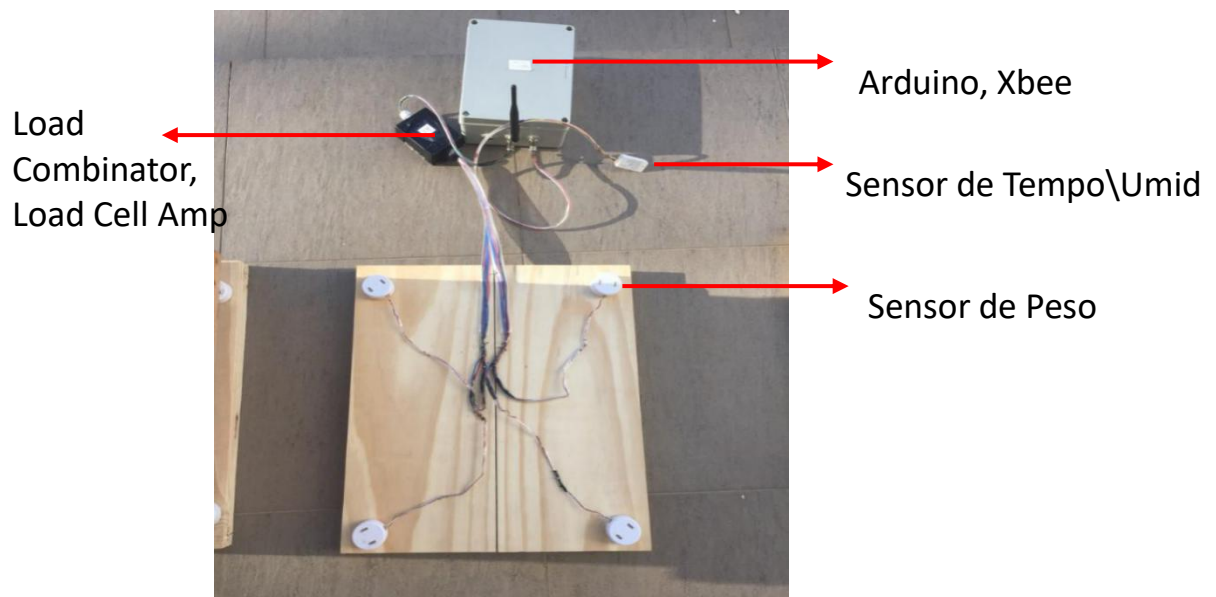
Fonte: Autor.

Figura 21 - Colmeia Node 1.



Fonte: Autor.

Figura 22 - Colmeia Node 2.



Fonte: Autor.

### 2.4.2 Colmeia Gateway

A Colmeia Gateway é composta por um Raspberry, XBee configurado como coordenador e um Modem Iridium. Ele tem a principal função de escutar/receber os dados dos Nodes Colmeia e Node estação meteorológica, adicionalmente os dados são armazenados no formato CSV em um arquivo, e transmite os dados através do modem de satélite. Como o Raspberry é um computador, nele está instalado o Sistema operacional Raspian, que é uma versão simplificada e baseada em Linux Debian. No Raspberry, o rádio XBee é acessado através de uma porta lógica /dev/ttyUSB0, através de comunicação serial. O pré-tratamento dos dados consiste na: i) adicionar data e hora usando o epoch; ii) verificar por dados de sequência duplicada; e iii) salvar os dados em formato CSV. Depois do pré-tratamento os dados são enviados para o satélite, através do Modem Satélite conectado na porta lógica /dev/ttyUSB1, através de comunicação serial a iteração com modem. Uma vez por dia é enviado para o Satélite Iridium 250 bytes de dados. Na figura 23 podemos ver os passos citados acima.

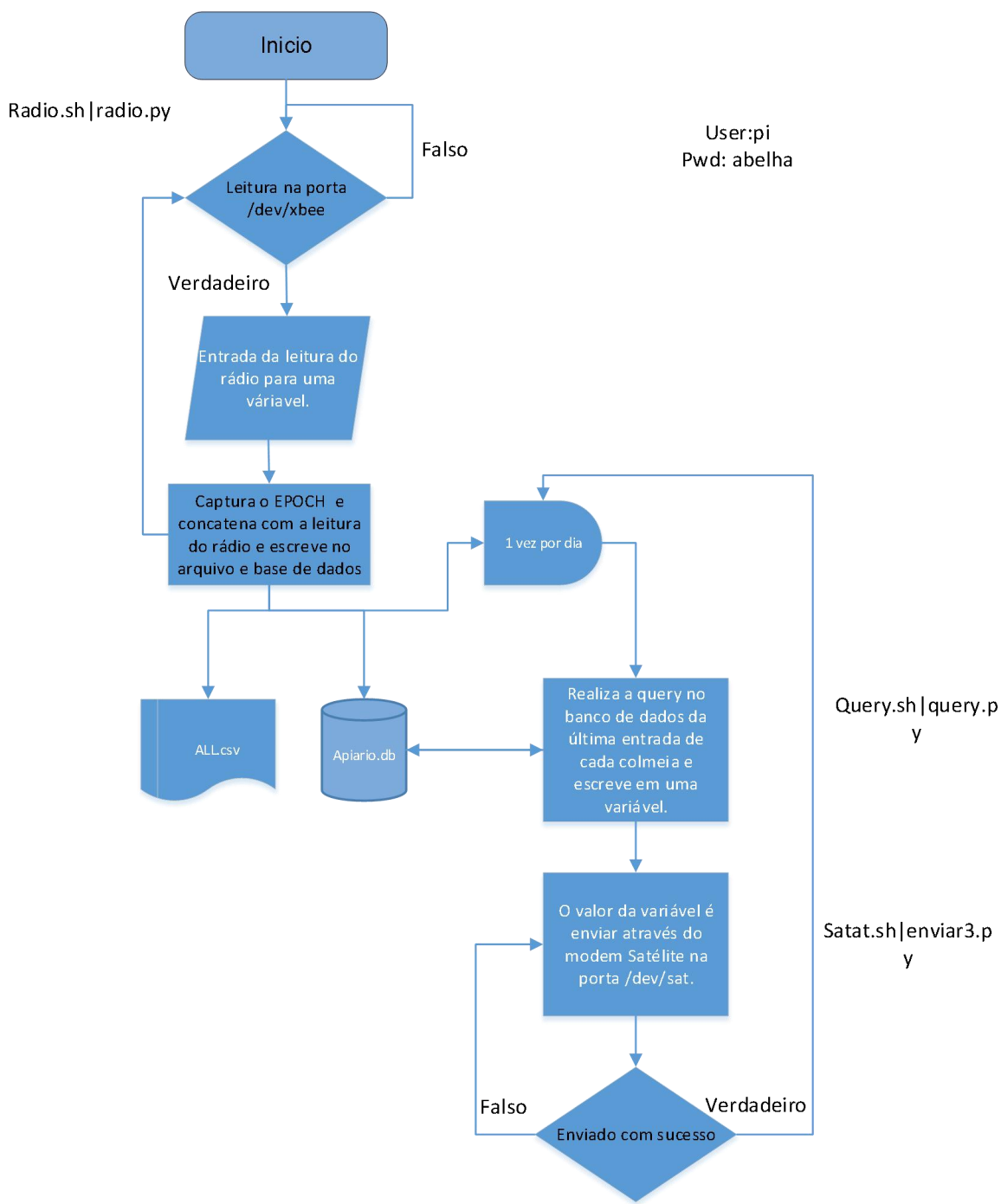
### 2.4.3 Computação em Nuvem

A computação em nuvem aplicada para essa problemática é composta por Armazenamento, banco de dados, gateway/socket, API, servidores Linux, integração com serviços de diferentes fornecedores, nesse caso com o Telegram para uso do *chatbot*, algoritmos e programas para transformação dos dados em informações. *Chatbot* são programas de computador que imitam conversas com pessoas, podendo transformar a forma como se interage com a internet de modo a se obter automação, através de uma simples conversar no chat (WONG, 2016). Essa arquitetura de nuvem permite que outras plataformas de coletas de dados, como dados gerados por SIG, dados gerados por maquinário agrícola e pecuária sejam centralizados, provendo uma completa e facilitadora gestão da tecnologia da informação para o campo.

No primeiro momento, os dados recebidos são armazenados para a criação do histórico no banco de dados, como é descrito na figura 24. No segundo momento, quando os dados já estão armazenados, o Apicultor pode solicitar a última leitura, ou a

média das leituras, ou a sugestão de manejo (figura 25), que orienta se a colmeia está tomando muito sol e precisa ser movida de lugar ou o inverso.

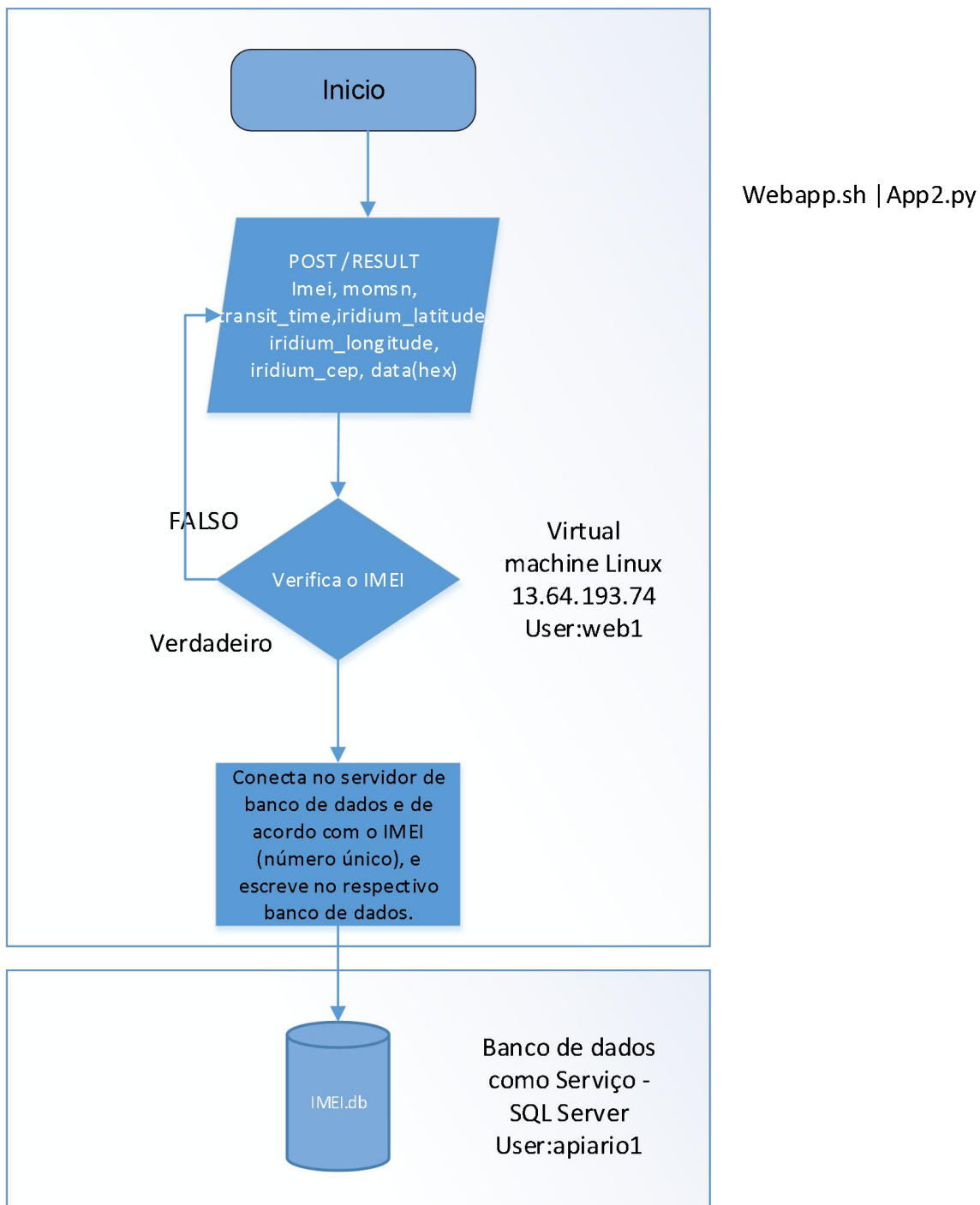
Figura 23 - Fluxograma Colmeia Gateway



Fonte: Autor.

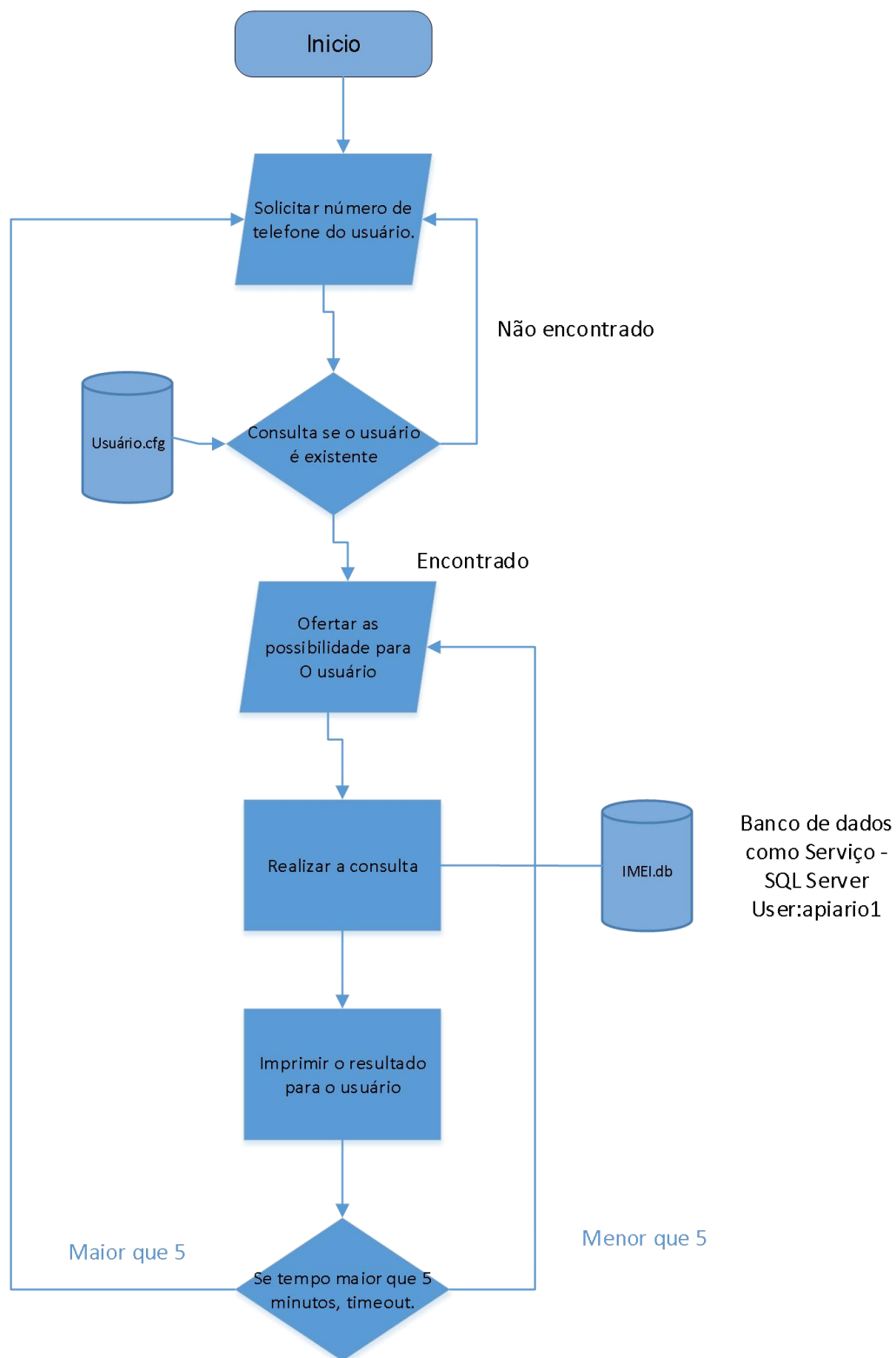


Figura 24 - Fluxograma Computação em Nuvem, funcionamento de recebimento dos dados do Sistema Iridium e armazenamento no banco de dados.



Fonte: Autor.

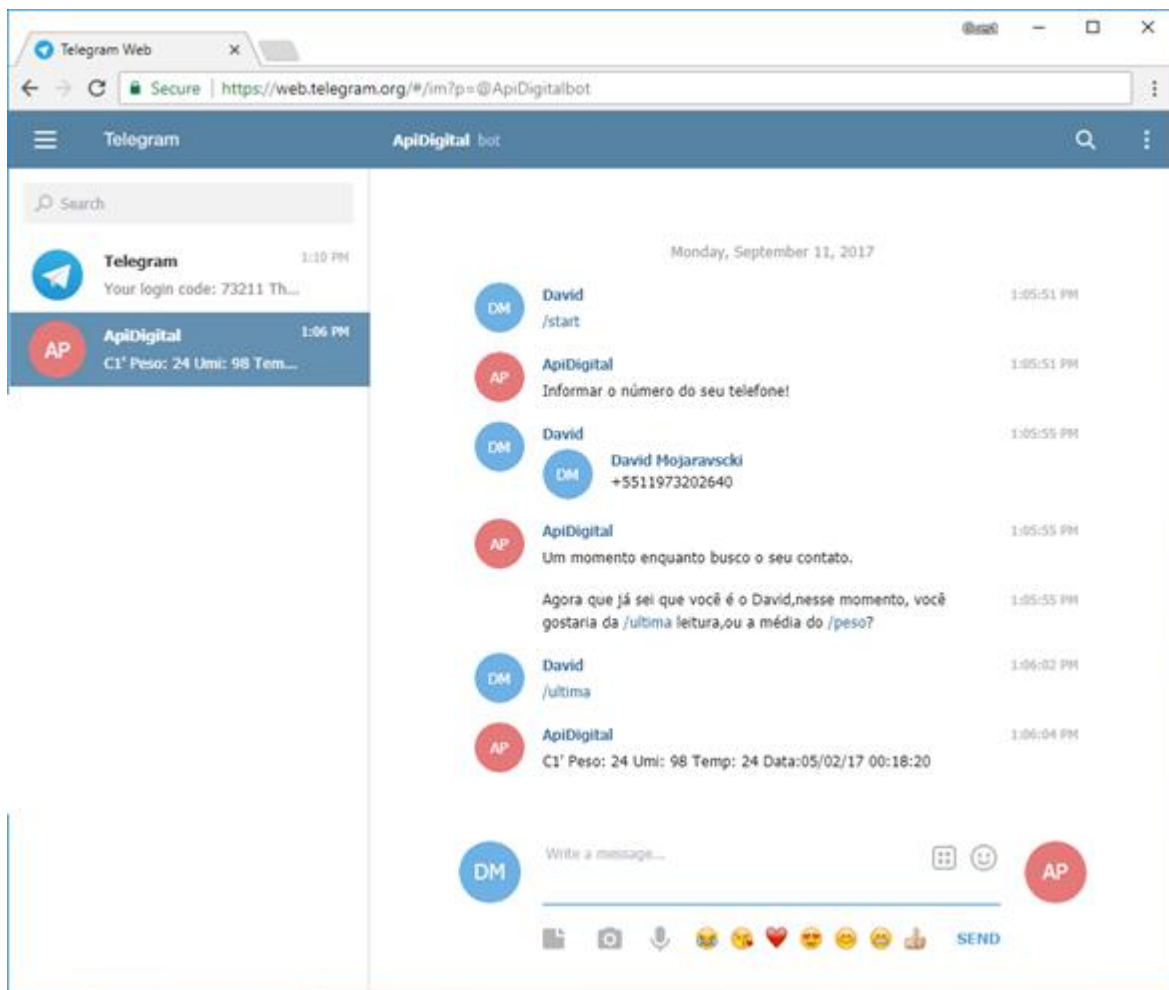
Figura 25 - Fluxograma de envio dos dados para o Apicultor.



Fonte: Autor.

Abaixo, a figura 26 é o sistema em funcionamento, pelo navegador web, mas o mesmo está acessível pelo celular como podemos observar na figura 27.

Figura 26 - Sistema em funcionamento através do navegador web.

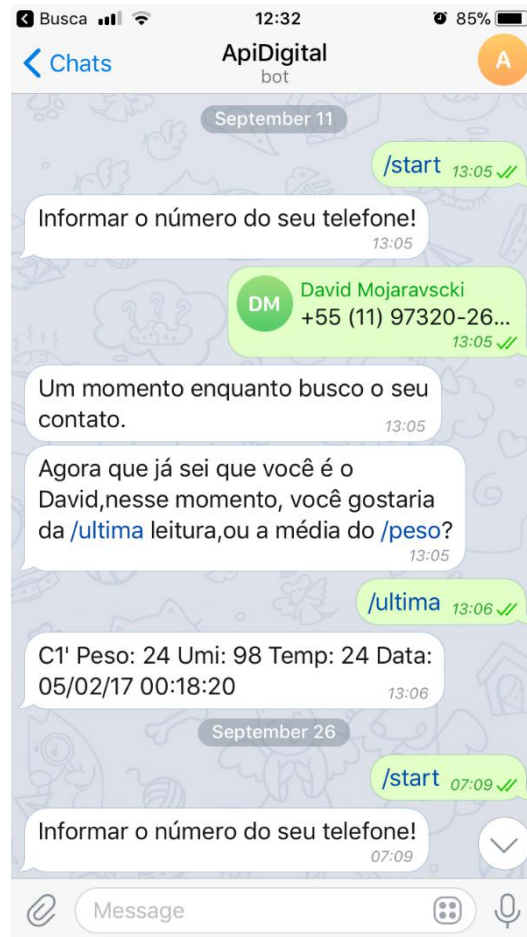


Fonte: Autor.

Para a solicitação acima, está o *log* (registro) no servidor conforme figura 28.

Durante o período observado, os dados foram enviados para a internet, armazenados em banco de dados na computação em nuvem, permitindo a criação de históricos, que possibilitam a análise temporal e geográfica, colaborando para a sazonalidade das regiões.

Figura 27 - Sistema em funcionamento através do celular.



Fonte: Autor.

Figura 28 - Log da solicitação.

```
web1@webserver:~/chatbot$ sudo python chat.py
chat.py:43: SyntaxWarning: name 'lat' is assigned to before global declaration
  global lat
chat.py:44: SyntaxWarning: name 'long' is assigned to before global declaration
  global long
chat.py:51: SyntaxWarning: name 'telefone' is assigned to before global declaration
  global telefone
2017-09-11 16:05:02,337 - telegram.ext.dispatcher - ERROR - An uncaught error was raised while processing the update
Traceback (most recent call last):
  File "/usr/local/lib/python2.7/dist-packages/telegram/ext/dispatcher.py", line 270, in process_update
    handler.handle_update(update, self)
  File "/usr/local/lib/python2.7/dist-packages/telegram/ext/commandhandler.py", line 100, in handle_update
    return self.callback(dispatcher.bot, update, **optional_args)
  File "chat.py", line 83, in ultima
    database = telefone
NameError: global name 'telefone' is not defined
2017-09-11 16:05:55,577 - __main__ - INFO - +5511973202640
```

Fonte: Autor.

Além do histórico, do sensoriamento remoto, os sensores permitem a redução da invasão das colmeias, garantindo o bem-estar das abelhas e por consequência uma melhor produtividade e quando atinge uma melhor produtividade, o restante também é beneficiado, como a produtividade das floradas, manter o equilíbrio dos ecossistemas e colaborar como fermenta para identificar as causas das mortalidades das abelhas, o DCC.

Para o apicultor, o sistema da transformação digital traz uma série de vantagens, podemos citar:

i) o histórico da colmeia, onde as variáveis coletadas são armazenadas e estão disponíveis para consultas posteriores, nessas consultas, o objetivo é extrair informações que colabore para uma tomada de decisão, como por exemplo: se deve manter as colmeias no apiário ou deve mudar de local; se a locação das colmeias para polinização de uma determinada cultura realmente teve os objetivos alcançados em termos de rendimento do mel; conhecer o rendimento médio nas sazonalidades e previsão e então, do ponto de vista de negócio prove a capacidade de mensurar a produção e criar estratégias para atender oferta/demanda; conhecer o motivo da baixa ou alta produtividade;

ii) o sensoriamento remoto também oferece bons benefícios para o Apicultor, onde os apiários distantes ou as colmeias alugadas, tem suas distancias reduzidas uma vez que é possível acompanhar a saúde das colmeias de qualquer lugar, evitando viagens desnecessárias, permitindo que o apicultor foque nas necessidades de cada apiário de forma planejada e sem desperdiçar tempo;

iii) evitar a perda do enxame, com a monitoração continua do apiário, em um caso onde a colmeia começa a perder peso, o apicultor fica ciente a tempo do ocorrido e pode intervir reduzindo a perda;

iv) confiança do consumidor, essa confiança é renovada e garantida através da rastreabilidade do produto, com o histórico da colmeia e do entorno, o consumidor tem acesso as principais informações da trajetória do produto até seu consumo;

v) caso o apicultor ou agricultor tenha um outro sistema de gestão, é possível acessar os dados coletados do apiário, através de consultas de API e então alimentar o

sistema já existente ao invés de consultar dois sistemas, adicionalmente, os dados da colmeia com os dados agrícolas trará uma expansão no conhecimento do todo;

vi) o compartilhamento dos dados com a sociedade, sindicatos e associações permite um *benchmark* espontâneo e simplificado, onde todos podem colaborar na melhoria dos resultados, desde a conexão com fornecedores, até o cliente final. Por fim, para o apicultor a transformação digital trará eficiência na gestão e uma vantagem competitiva.

O desenvolvimento do equipamento é dificultado pelos altos custos dos componentes, que em grande maioria são importados, ou seja, além da taxa de importação, o valor do dólar no momento, não permite a construção de diversos equipamentos. Dado essa situação, podemos ver com olhos de cientista as dificuldades do desenvolvimento de novas tecnologia e métodos no país.

Como esse equipamento é projetado para o campo, é possível citar algumas dificuldades, como a Internet. A internet está presente principalmente nos grandes centros, nas regiões afastadas, os sinais de telefonia móvel são quase inexistentes, forçando o uso de outros métodos de comunicação, nesse caso o uso de comunicação via satélite, entretanto, antes de culpar somente o a infraestrutura móvel, é preciso levar em conta que os apiários geralmente ficam afastados das residências, devido ao perigo oferecido pelas abelhas. O mesmo se aplica a energia, para o funcionamento do equipamento utilizado neste trabalho, foram utilizados baterias e painel solar, por não ter acesso a rede elétrica.

Foi utilizado uma única fonte de baterias, que alimentava os 3 equipamentos, portanto cada Colmeia node está conectada por cabo na alimentação central, apesar de reduzir os custos de cada Colmeia node, os fios no chão claramente atrapalham os movimentos do apicultor no apiário.

Baseado nesse descritivo, apesar do equipamento atingir o objetivo, fica clara a necessidade de melhorias para equipamento e estudos futuros, como principalmente o uso de baterias ou pilhas recarregáveis para cada equipamento, deixando de usar fios no apiário.

Uma outra melhoria sistemática, é uma maior flexibilidade no gateway, onde nesse trabalho, é possível somente duas opções, a colmeia gateway conectada na

internet ou, como o utilizado, a colmeia gateway envia os dados via satélite. Uma opção inovadora é utilizar o celular como gateway, onde através de aplicativo seja capaz de conectar na colmeia gateway, com *bluetooth* e receber os dados no aplicativo, e quando houver conexão com a internet, o celular envia os dados para a nuvem.

Acredita que é possível cruzar as informações dos sensores no campo com as imagens de satélite através dos estudos de sistemas de informações geográficas de forma automática, provendo uma visão profunda do apiário e seu entorno. E com a maturidade sistêmica, é possível também apenas informar a coordenada GPS e o sistema retornará se é um bom local para se ter um apiário, e os parâmetros determinísticos para esse sistema, é a proximidade da água, se existe floresta nativa ou qual é a cultura onde a cultura e a abelha possa se beneficiar, sem o uso de sensores somente, utilizando imagens de satélites e as assinaturas espectrais dos parâmetros com o a localização, além de aumentar a qualidade, aumentara a competitividade dos apiários, onde principalmente exportadores proveram um completa rastreabilidade do mel. E como já visto na história, onde diversos povos alcançaram resultado parecidos no agro através das formulas existentes, é possível dizer também, que nos próximos anos alcançaremos o algoritmo por traz das relações entre culturas e as abelhas, não sendo mais necessário os tantos parâmetros e sensores utilizados na atualidade.

## **2.5 Conclusões**

O monitoramento contínuo, é uma importante ferramenta para a Apicultura digital, onde é um novo passo para o futuro dos apiários e sua gestão, focando no bem para o meio ambiente e a produtividade do apicultor. Como também observado, essa tecnologia não substitui o homem no campo, apenas agrega informações para a tomada de decisão, manejo e rastreabilidade, onde a melhores práticas alcançaram os melhores resultados no mercado. O equipamento presente nesse trabalho alcançou os objetivos propostos, e também foi possível pincelar o que estar por vir quando se trata de tecnologia para o campo. Os componentes eletrônicos utilizados também podem ser aplicados para outras áreas, uma vez que o fluxo é o mesmo, sensores para coleta de dados, o armazenamento em nuvem, a análise, e prover os dados para profissional

tomar as decisões solidificadas nos dados. Por fim, a tecnologia proposta nesse trabalho para a apicultura irá trazer uma nova realidade para o apicultor e para o meio ambiente.

## Referências

ALLEN-WARDELL, Gordon; et al. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. **Conservation Biology**, Fev. 1998. Disponível em : < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.1998.97154.x/abstract> >. Acessado em: 18 abril. 2015 às 17:30 DOI: 10.1046/j.1523-1739.1998.97154.

**AOSONG**. DataSheet. AOSONG, 2017. Disponível em : <[http://www.aosong.com/asp\\_bin/Products/en/Digital%20humidity%20and%20temperature%20sensor%20AM2302.pdf](http://www.aosong.com/asp_bin/Products/en/Digital%20humidity%20and%20temperature%20sensor%20AM2302.pdf)>

**AVIA**. DataSheet Hx710. AVIA 2017. Disponível em : <[http://www.aviaic.com/Download/hx710\\_bf\\_en.pdf](http://www.aviaic.com/Download/hx710_bf_en.pdf)>

DOMINGOS, Hérica; GONÇALVES, Lionel Segui;. TERMORREGULAÇÃO DE ABELHAS COM ÊNFASE EM APIS MELLIFERA. **Acta Veterinaria Brasilica**, 2014. Disponível em: < <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/acta/article/view/3491> > Acesso em: 20 abril. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.21708/avb.2014.8.3.3491>

DREYFUS, Paul. The Second Wave – Netscape on Usability in the Services-Based Internet. **IEEE**, Volume 2, 36-40, Mar/Abril. 1998. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/document/670681/>>. Acesso em: 5 Julho. 2017. DOI: 10.1109/4236.670681

ESAIAS, W. Protocol for scale hive measurements of the honey bee nectar flow. **NASA**, 2007. Disponível em : < <https://honeybeenet.gsfc.nasa.gov/Docs/ScaleHiveProtocol.pdf>> Acesso em 23 Abril. 2015 às 16:30

**GARTNER**. IT Glossary. Disponível em: <<http://www.gartner.com/it-glossary/iot>> Acesso em: 18 abril. 2017 às 17:30

**GARTNER**. IT Glossary. GARTNER. 2016. Disponível em: < <http://www.gartner.com/it-glossary/gateway/>>. Acesso em: 18 abril. 2017 às 17:30

**GARTNER**. IT Glossary. GARTNER. 2016. Disponível em: <<http://www.gartner.com/it-glossary/>>. Acesso em: 18 abril. 2017 às 17:30

GUBBI, Jayavardhana; BUYYA, Rajkumar; MARUSIC, Slaven; PALANISWAMI, Marimuthu. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future



directions. **Future Generation Computer Systems**, Setembro. 2013. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241> > Acesso em: 30 abril. 2017 às 17:30. DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010

JONES, J.C. & OLDROYD, B.P. Nest thermoregulation in social insects. **Advances in Insect Physiology**, 2006. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065280606330032> > Acesso em: 30 Junho. 2017 às 17:30. DOI:10.1016/S0065-2806(06)33003-2

KHAN, Z.; ABBASI, U. **Evolution of Wireless Sensor Networks toward Internet of Things. Emerging Communication Technologies Based on Wireless Sensor Networks**: Current Research and Future Applications. 1 ed. 2016. ISBN 9781498724852

KREMEN, Claire; WILLIAMS, Neal; THORP, Robbin. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. California, **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 2 Nov. 2002. Disponível em: < <http://www.pnas.org/content/99/26/16812.full> >. Acesso em: 19 abril. 2017 às 17:30. DOI:10.1073/pnas.262413599.

KVIESIS, A., & ZACEPINS, A. System Architectures for Real-time Bee Colony Temperature Monitoring. **Procedia Computer Science**, 2015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050914015804> Acesso em 21 Abril. 2015 às 15:30. DOI: 10.1016/j.procs.2014.12.012

LARSEN, Trond.; WILLIAMS, Neal, KREMEN, Claire. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. **Ecology Letters**, Maio. 2015., Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nature22899>> Acesso em: 20 abril. 2016 DOI:10.1111/j.1461-0248.2005.00749.x.

MAVI, H.; TUPPER, N. Agrometeorology Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture. Harpal Singh. 2004.

MEIKLE, William; HOLST, Niels. **Apidologie**, Jan. 2015. Disponível em:< <https://link.springer.com/article/10.1007/s13592-014-0298-x> > Acesso em: 20 abril. 2016. DOI: 10.1007/s13592-014-0298-x

Murphy, E.; et al. B+WSN: Smart beehive with preliminary decision tree analysis for agriculture and honey bee health monitoring. **Computers and Electronics in Agriculture**, Jun. 2016. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169916301235> > Acesso em 21 Abril. 2015 às 15:30. DOI: 10.1016/j.compag.2016.04.008

**RASPBERRY**. DataSheet. RASPBERRY. 2017. Disponível em: < [https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/computemodule/RPI-CM-DATASHEET-V1\\_0.pdf](https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/computemodule/RPI-CM-DATASHEET-V1_0.pdf)>

**ROCK7.** DataSheet. ROCK7. 2017. Disponível em: < <http://www.rock7mobile.com/downloads/RockBLOCK-9603-Product-Information-Sheet.pdf>>

ROUBIK, David. Ecology and natural History of Tropical Bees. **Cambridge University Press**, Cambridge, 1989. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17745410> > Acessado em: 20 abril. 2016. DOI: 10.1126/science.248.4958.1026

SOHRABY, K.; MINOLI, D.; ZNATI, T. **Wireless sensor networks ,Technology, protocols, and applications**. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. WILEY 2007

**SPARKFUN.** DataSheet Load Combinator. SPARKFUN, 2017. Disponível em: <<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/SparkFun%20Load%20Sensor%20Combinator%20v11.pdf>>

**SPARKFUN.** DataSheet Load Sensor. SPARKFUN 2017. Disponível em : <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/loadsensor.pdf>>

TENNANT, Emma; CHADWICK, Fergus. **The Bee Book**. 1 ed. United Kingdom: Dorling Kindersley, 2016.

UCKELMANN, H.; MICHAHELLES, F.; HARRISON, M. **Architecting the The Internet of Things**. Springer Heidelberg Dordrecht London New York. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

UNDERWOOD, R. B; VANENGELSDORP, D. Colony Collapse Disorder. Have we Seen this before? **Bee Culture**. 2007. Disponível em: < <http://www.beeculture.com/colony-development-part-i/> > Acesso em 14 Abril. 2015 às 15:30

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Estruturas e apresentação de monografias, dissertações e teses**: MDT. 8. Ed. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2012. 72 p. Disponível em: [http://w3.ufsm.br/biblioteca/phocadownload/Manual\\_de\\_Dissertacoes\\_e\\_Teses-2015.pdf](http://w3.ufsm.br/biblioteca/phocadownload/Manual_de_Dissertacoes_e_Teses-2015.pdf). Acesso em: 2 Janeiro 2016.

WONG, J. C. What is a chat bot, and should I be using one?. **The Guardian**, 2016. Disponível em: < <https://www.theguardian.com/technology/2016/apr/06/what-ischat-bot-kik-bot-shop-messaging-platform>> Acesso em: 30 Junho. 2017 às 17:30

YICK, J.; MUKHERJEE, B.; GHOSAL, D. Wireless sensor network survey. Davis, **Computer Networks**, 3 Abril. 2008. Disponível em:< <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.396.1340&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em 23 Abril. 2015 às 16:30.

ZACEPINS, A.; STALIDZANS, E. Application of Information's Technologies in Precision Apiculture. Letônia: Departamento de Sistema de Computadores. **IEEE**. 26 Jun. 2012. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6228751/> >. Acesso em 19 Abril. 2015 às 15:30. DOI: 10.1109/CarpathianCC.2014.6843694

ZACEPINS, A.; STALIDZANS, E. Architecture of automatized control system for honey bee indoor wintering process monitoring and control. IEEE. 2 Jul. 2012. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6228751/> >. Acesso em 18 Abril. 2015 às 15:30. DOI: 10.1109/CarpathianCC.2012.6228751

## CONCLUSÃO GERAL

A transformação digital ocorrerá em todos os segmentos, embora utilize a tecnologia como ferramenta ela não é o motivo da transformação, as raízes das transformações são as necessidades do Homem, que guia a mudança na sua trajetória e como consequência a sua evolução.

Nos dias atuais, é preciso utilizar dessas ferramentas para transformar a apicultura, e a principal justificativa é a necessidade de saber como alimentar uma população que cresce constantemente em números vertiginosos, considerando o desaparecimento das abelhas que tem importante papel no ecossistema agrícola.

A forma sugerida para responder essa demanda, é a utilização da Apicultura Digital, que além de expandir a capacidade de gestão do apicultor, os dados colaboram também para mapear as mudanças climáticas e seus feitos nas abelhas e os novos desafios do DCC.

Para demonstrar a aplicação prática da Apicultura Digital além da teoria, foi desenvolvido um protótipo que utiliza a Computação em nuvem, eletrônica embarcada e rádio de comunicação para monitorar o peso, temperatura e umidade da colmeia, e disponibilizou as informações para o apicultor através de aplicativo de celular.

O protótipo confirma toda a teoria desenvolvida para Apicultura digital e vice-versa, demonstrado que a tecnologia quando aplicada para resolver problemas é modelo de ruptura de pensamento e negócio, que contribui para a constante evolução do homem na solução de seus mais temidos problemas.

Por fim, esse trabalho realizou uma nova proposta para a apicultura, e seus benefícios para a sociedade.