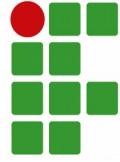
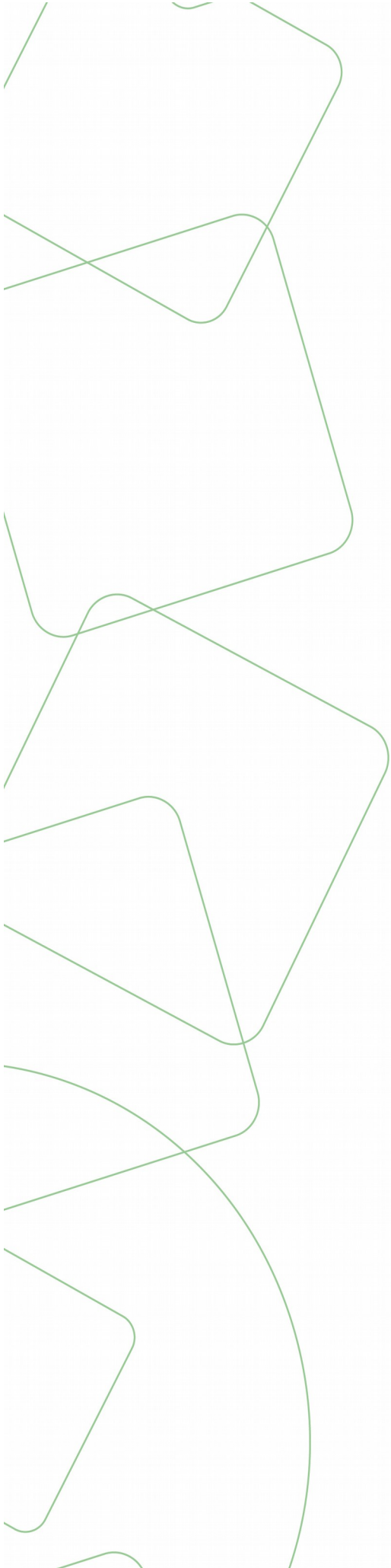


**INSTITUTO
FEDERAL**
Santa Catarina

**SENSORIAMENTO REMOTO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE COLMEIAS
DE ABELHAS UTILIZANDO RF:**

**Projeto RFabelhas
Relatório Final**

Julho/2018



**INSTITUTO
FEDERAL**
Santa Catarina



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

Projeto RFabelhas

Relatório Final

São José – Julho 2018

Coordenador(a)

Prof. Marcos Moecke

Membros da Equipe

prof. Ramon Mayor Martins

prof. Cleber Jorge Amaral

Bolsista: Kristhine Schaeffer Fertig

Bolsista: Tamara Arrigoni

Bolsista: Natalia Miranda

Bolsista: Yan Lucas Martins

Colaborador voluntário: João Pedro Menegali Salvan Bittencourt

Edital:

CHAMADA PÚBLICA FAPESC No 08/2016

Financiamento:

FAPESC (TO 2017TR000466)

Apoio:

EPAGRI CIRAM
IFSC Campus São José

Projeto RFabelhas

Relatório Final

Introdução.....	6
O Sistema RFabelhas.....	6
Protótipo do tipo COLMEIA:.....	7
Protótipo do tipo GATEWAY:.....	8
Sistema de processamento e transmissão em nuvem:.....	8
Esquema de alimentação dos protótipos:.....	8
Custos de materiais utilizados nos protótipos:.....	10
Dificuldades na execução do projeto:.....	13
Publicações, divulgação de eventos e demais materiais produzidos:.....	14
Palavras finais:.....	14

Resumo:

Através de uma cooperação entre o Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), o projeto de pesquisa desenvolveu uma solução de Radio Frequência (RF) utilizando a tecnologia LoRaWAN de Internet das Coisas (IoT) para realizar o sensoriamento remoto das colmeias de abelhas. Os sensores utilizados (peso, temperatura, luminosidade e umidade) coletam informações importantes das condições da colmeia e possibilitam agregar melhorias no manejo da colmeia, extração melífera, aumento da produtividade de mel e diminuição do contato humano com a colmeia, preservando o processo natural das abelhas. O sensoriamento irá beneficiar os apicultores da região, possibilitando coletar informações que possam melhorar a produtividade da colmeia e impactar na produtividade da região, transformando-se em um fator de melhoria sócio-econômico.

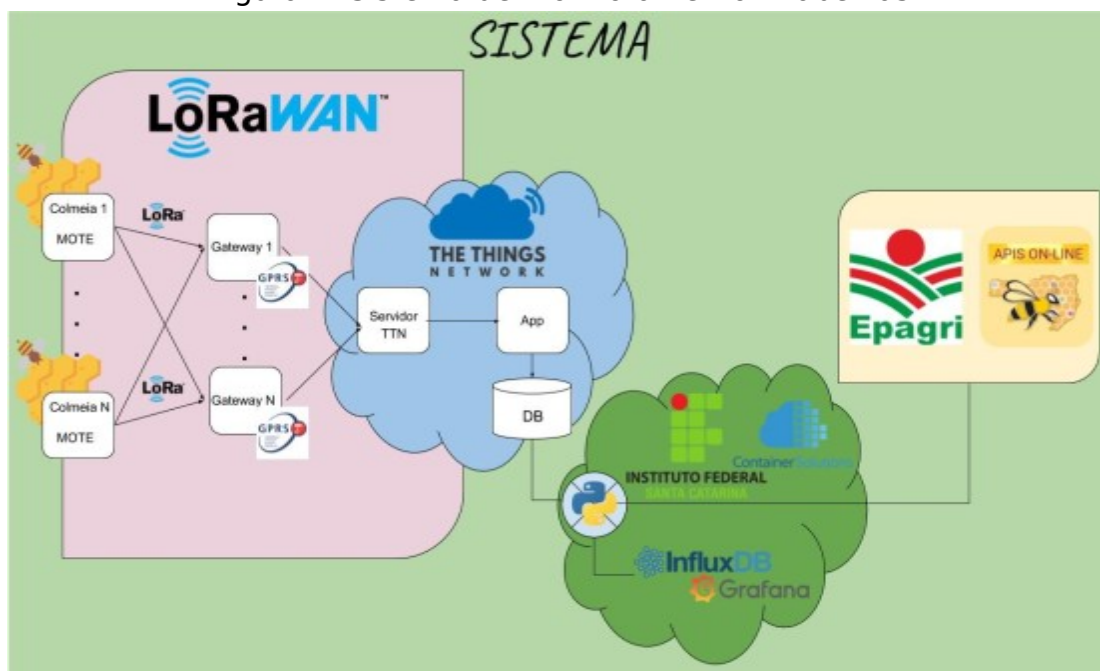
Introdução

Conforme descrito no objetivo do projeto, foram desenvolvidos 2 tipos de módulos protótipos, os quais em conjunto fazem o monitoramento. A seguir são descritos os dois tipos de protótipo desenvolvidos, juntamente com a lista de materiais utilizados na construção desses protótipos. Conforme registrado na Solicitação de alteração no prazo de vigência, feita em 20/04/2018, foram acrescentado ao projeto a montagem de novos módulos para possibilitar o desenvolvimento de características em um conjunto de módulos, enquanto que um conjunto básico ficava em teste de campo. Assim, ao todo foram montados 4 protótipos do tipo COLMEIA, e 2 protótipos do tipo GATEWAY.

O Sistema RFabelhas

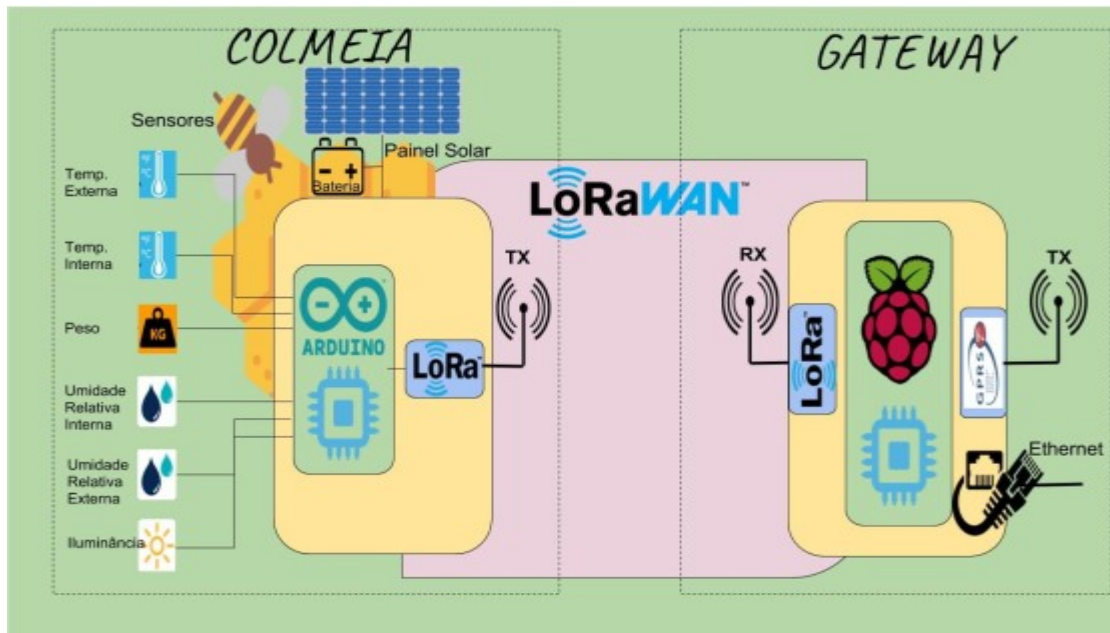
O Sistema implementado de comunicação entre os módulos COLMEIAS e o módulo GATEWAY, passando pela Rede TTN e sendo escoado para os containers localizados no Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus São José e encaminhados até o servidor da Epagri pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1: Sistema de monitoramento RFabelhas



Os sensores integrados na colmeia estão apresentados na Figura 2. Foram utilizados sensores para temperatura interna, externa, umidade relativa interna e externa, luminosidade, peso, além de sensores para monitoramento da alimentação.

Figura 2: Sistema de monitoramento: Detalhe dos módulos COLMEIA e GATEWAY.



Protótipo do tipo COLMEIA:

Para este protótipo a proposta original previa: “Design de caixa de colmeia para acomodação de módulos eletrônicos: Será desenvolvido um protótipo de caixa de colmeia para acomodar módulos eletrônicos como os dispositivos implementados nesta presente pesquisa. Esta alteração prevê alteração mínima para não afetar o ritmo circadiano e processo natural das abelhas, coleta melífera e manejo dos apicultores. Este protótipo será desenvolvido pela equipe do IFSC-SJ, EPAGRI e orientação da FAASC e apicultores.”

Como solução desenvolvida foi necessário acrescentar aos itens adquiridos com verba de capital do projeto, ainda alguns itens cedidos pela EPAGRI, tais como colmeia com: ninho, sobrecaixa, teto e proteção para chuva, painel solar, controlador de carga, baterias, e caixa ambiental. Aproveitou-se os cantos do fundo da caixa para instalar os sensores de peso (50 Kg célula de carga em cada canto). Os sensores de umidade e temperatura foram adaptados de forma que não alterasse ou afetasse o processo natural das abelhas e apicultores. No arranjo do Mote LoRa, são integrados sensores de peso, sensor de umidade e temperatura AM2302 DHT22, sensor de luminosidade BH1750FVI Lux. Estes sensores estão conectados em uma plataforma microcontrolada Arduino Mega 2560 R3 com expansor (Mega Protoshield). Na plataforma Arduino, é conectado o módulo RFM95PW (mote, node, endpoint LoRa®). Este endpoint opera em 915 MHz transmitindo via RF (radiofrequência) para o Gateway. A tecnologia LoRa® utiliza RF para comunicações a longas distâncias alcançando até 12 km em linha de visada, com baixo consumo de energia. Esta tecnologia tem aplicações em Internet das Coisas (IoT, Internet of Things). Na caixa ambiental (CAMB) foi acomodada a plataforma Arduino Mega 2560 R3, o expansor, o controlador de carga, o caminho de comunicação física entre proveniente de todos os sensores e a alimentação proveniente do painel solar (modelo Siemens). As intervenções eletrônicas na colmeia foram mínimas entregando para a caixa ambiental a acomodação de quase todo controle eletrônico. Em dois dos protótipos desenvolvidos foram acrescentados circuitos RTC para poder reduzir o consumo de energia desses protótipos, uma vez que em campo esses produto deverá obrigatoriamente

ser alimentado por energia solar, com um tamanho tal que permita o seu transporte com facilidade de um local para outro.

Protótipo do tipo GATEWAY:

Para este protótipo a proposta original previa: “Módulo conjunto de sensores, processamento e comunicação: Será desenvolvido um protótipo que coletará através de sensores condições ambientais externas e internas da colmeia e prover essas informações para servidores através de um módulo que contará com a interligação das plataformas LoRaWAN (de comunicação utilizando RF) e Raspberry Pi 3 (de processamento). Este protótipo será desenvolvido pela equipe do IFSC-SJ”

Como solução desenvolvida, foi montado um sistema Gateway LoRa, com transmissão via ethernet. Nesse arranjo Gateway LoRa, foi utilizado o modelo LRF2S001 Micro gateway LoRaWAN 8 canais 915 MHz com processador Cortex A53 1.2GHz, Flash, microSD, 1Gb RAM e interfaces RJ4. Esse sistema utiliza um esquema proprietário de modulação e espalhamento espectral chamado Chirp Spread Spectrum (CSS). O Gateway LoRa está acoplado em uma plataforma microprocessada chamada Raspberry Pi 3. Realizada as devidas configurações, adaptações e parametrizações no arranjo, é possível estabelecer uma comunicação entre o Gateway e os Motes (instalados nas colméias). Essa comunicação se perpassa utilizando uma interface Gateway-IP (primeiramente utilizando a Ethernet) para que o sistema todo possa ser registrado em uma Rede Pública que é parte da LoRaWAN, chamada Rede TTN (The Things Network) para aplicações IoT.

Sistema de processamento e transmissão em nuvem:

Para o processamento das informações coletadas e posterior transmissão para a EPAGRI, originalmente estava previsto incluir essa função no GATEWAY, mas durante o projeto percebeu-se que a realização de todas essas funções em nuvem computacional, além de reduzir os custos de transmissão, processamento, ainda reduz o consumo de energia. Assim a solução apresentada no projeto é a utilização da rede TTN pública para analisar, observar e verificar a comunicação entre Motes e Gateway. A partir da TTN é aberto um escoamento a partir do seu banco de dados temporário interno, utilizando um script em linguagem python e nuvem de containers no IFSC para realizar a leitura dos dados da colmeia e armazenamento em um banco de dados do tipo time-serial de longo prazo chamado InfluxDB. Nesse processo também é possível observar graficamente as ocorrências dos sensores, bem como a saúde (em termos de alimentação) dos dispositivos integrados na colméia. Ainda nesse escoamento é passado para a EPAGRI, em um formato requisitado pelo servidor os dados sensoriados pela colmeia.

Esquema de alimentação dos protótipos:

Para a alimentação do módulo COLMEIA foi utilizado um painel solar (modelo Siemens) com controlador de carga, regulador de tensão LM2596 Conversor DC-DC Step Down (ajustada em entrada 12V e saída 4V). É possível observar as condições do painel solar, pelo Grafana em

forma de gráficos dispostos através de uma Dashboard. Para o GATEWAY no momento atual não foi possível realizar sua alimentação por painel solar de baixo custo, devido a potência consumida pelo protótipo. Assim esse protótipo é alimentado a partir de uma fonte convencional AC/DC ligada a rede comercial de energia. A alimentação do processamento em nuvem atualmente é feita pelo sistema de nobreak do IFSC, sendo compartilhado com toda a estrutura de informática do campus, sem custos adicionais.

Custos de materiais utilizados nos protótipos:

Os itens adquiridos no projeto foram utilizados na construção dos seguintes protótipos:

Tabela 1: Protótipos COLMEIA 1 e 2

Componentes	Quant.	Unitario	Total
Mega Protoshield para Arduino + Mini Protoboard	1	R\$ 34,90	R\$ 34,90
Módulo Conversor HX711 para Sensor de Peso	1	R\$ 12,90	R\$ 12,90
Módulo RFM95PW - 915S2	1	R\$ 71,90	R\$ 71,90
Placa Mega 2560 R3 + Cabo USB para Arduino	1	R\$ 79,90	R\$ 79,90
Real Time Clock RTC DS3231	1	R\$ 13,90	R\$ 13,90
Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC-DC Step Down	1	R\$ 6,90	R\$ 6,90
Sensor de Luz BH1750FVI Lux	1	R\$ 19,90	R\$ 19,90
sensor de peso CELULA DE CARGA 50KG	4	R\$ 14,90	R\$ 59,60
Sensor de Umidade e Temperatura AM2302 DHT22	2	R\$ 36,90	R\$ 73,80
TOTAL			R\$ 373,70

Foram montados dois desses protótipos ao custo unitário de R\$ 373,70, acrescidos dos materiais cedidos pela EPAGRI (bateria, painel solar, controlador de carga, caixa ambiental, estrutura física para fixação em campo)

Tabela 2: Protótipo COLMEIA 3

Componentes	Quant.	Unitario	Total
Mega Protoshield para Arduino + Mini Protoboard	1	R\$ 34,90	R\$ 34,90
Módulo Conversor HX711 para Sensor de Peso	1	R\$ 12,90	R\$ 12,90
Módulo RFM95PW - 915S2	1	R\$ 71,90	R\$ 71,90
Placa Mega 2560 R3 + Cabo USB para Arduino	1	R\$ 63,90	R\$ 63,90
Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC-DC Step Down	1	R\$ 6,90	R\$ 6,90
Sensor de Luz BH1750FVI Lux	2	R\$ 16,90	R\$ 33,80
Sensor de Peso 50 Kg Célula de Carga.	4	R\$ 14,90	R\$ 59,60
Sensor de Umidade e Temperatura AM2302 DHT22.	2	R\$ 22,75	R\$ 45,50
TOTAL			R\$ 329,40

Tabela 3: Protótipo COLMEIA 4

Componentes	Quant.	Unitario	Total
Mega Protoshield para Arduino + Mini Protoboard	1	R\$ 34,90	R\$ 34,90
Módulo Conversor HX711 para Sensor de Peso	1	R\$ 12,90	R\$ 12,90
Módulo RFM95PW - 915S2	1	R\$ 79,97	R\$ 79,97
Placa Mega 2560 R3 + Cabo USB para Arduino	1	R\$ 63,90	R\$ 63,90
Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC-DC Step Down	1	R\$ 6,90	R\$ 6,90
Sensor de Luz BH1750FVI Lux	2	R\$ 16,90	R\$ 33,80
Sensor de Peso 50Kg Célula de Carga	4	R\$ 19,90	R\$ 79,60
Sensor de Umidade e Temperatura AM2302 DHT22.	2	R\$ 22,75	R\$ 45,50
TOTAL			R\$ 357,47

Tabela 4: Protótipo GATEWAY 1

Componentes	Quant.	Unitario	Total
LojaRF2S001 Micro gateway kit (RaspPi3, cabos, antena, fonte alimentação, memorycard, RHF0M301, placa adaptadora)	1	R\$ 1.829,70	R\$ 1.829,70
Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC-DC Step Down	1	R\$ 9,90	R\$ 9,90
TOTAL			R\$ 1.839,60

Tabela 5: Protótipo GATEWAY 2

Componentes	Quant.	Unitario	Total
LRF2S001 Micro gateway LoRaWAN 8 Canais 915MHz com processador Cortex A53 1.2GHz, Flash uSD, 1Gb RAM e interfaces RJ4	1	R\$ 2.034,90	R\$ 2.034,90
Regulador de Tensão LM2596 Conversor DC-DC Step Down	1	R\$ 9,90	R\$ 9,90
TOTAL			R\$ 2.044,80

Tabela 6: Materiais utilizados durante o desenvolvimento na pesquisa mas não incorporados aos protótipos

Componentes	Quant.	Unitario	Total	Destinação
Cartão de Memória Classe 10 16GB MicroSd SanDisk	1	R\$ 69,90	R\$ 69,90	Componente de Reserva
Módulo RFM95PW - 915S2	1	R\$ 79,97	R\$ 79,97	Componente de Reserva
Módulo RFM95PW - 915S2	1	R\$ 79,97	R\$ 79,97	Componente de Reserva
PROTOSHIELD PARA ARDUINO MEGA	2	R\$ 19,75	R\$ 39,50	Componente de Reserva
Sensor de Peso 50Kg Célula de Carga	2	R\$ 19,90	R\$ 39,80	Componente Danificado
Cabo HDMI v1.3 1,8m Multilaser	1	R\$ 18,90	R\$ 18,90	Apenas para testes
DISPLAY OLED 0,96 ESCRITA AZUL	1	R\$ 29,90	R\$ 29,90	Apenas para testes
Sensor de Corrente DC INA219 I2C	3	R\$ 26,90	R\$ 80,70	Apenas para testes
Sensor de Corrente Não Invasivo 20A SCT-013	2	R\$ 46,90	R\$ 93,80	Apenas para testes
Conector Borne KRE 2 Vias	14	R\$ 0,90	R\$ 12,60	Usado nas montagens
Conector Borne KRE 3 Vias	8	R\$ 1,40	R\$ 11,20	Usado nas montagens
TOTAL			R\$ 556,24	

Dificuldades na execução do projeto:

Apesar de termos previsto diversas etapas neste projeto, a complexidade de conexões entre sistemas diferentes, e condições de instalação e uso, que não estavam totalmente esclarecidas na época da escrita do projeto, percebemos durante o desenvolvimento deste algumas necessidades que deveriam ser supridas para o sucesso do projeto. Assim foi necessário realizar diversas alterações no projeto.

1) Alimentação dos NODES e Gateway através de painel solar e baterias: Em função da instalação dos equipamentos em lugares sem acesso a rede elétrica, foi necessário incluir um sistema de alimentação a partir de painéis solares e baterias. A capacidade de carga dos painéis e baterias deve ser tal que mesmo diante de dias seguidos de tempo nublado ou chuvoso, a carga dos painéis e capacidade das baterias deve ser suficiente para manter os nodes e Gateway em funcionamento. A parceira EPAGRI cedeu para a execução do projeto as baterias, painéis solares, controladores de carga, caixas ambientais e também a estrutura para a fixação dos equipamentos em campo. Em função do alto consumo atual do Gateway, possivelmente será necessário manter um sistema de alimentação em backup a partir da rede comercial de energia até que se encontrem soluções para reduzir o consumo de energia neste equipamento. A busca dessas soluções está prevista na continuidade do projeto a partir do edital aprovado em CHAMADA INTERNA do IFSC. As soluções possíveis que propomos são: 1) usar um RTC para desligar o equipamento e religá-lo apenas em tempos específicos, porém isso envolve a sincronização da transmissão do NODE com o Gateway para evitar a perda de dados; 2) aumentar a capacidade de carga do painel solar e das baterias de modo a garantir a energia suficiente para o funcionamento do sistema isolado da rede comercial elétrica; 3) projetar um sistema de chaveamento entre o sistema solar e a rede comercial. Essa alternativa foi considerada inicialmente, no entanto os equipamentos disponíveis têm custo muito acima do previsto no projeto (cerca de R\$ 4500,000) e por isso foram descartados no primeiro momento, porém pretendemos investigá-la se as duas anteriores não apresentarem resultados promissores. Esta etapa continua sendo desenvolvida por um aluno do curso de Engenharia de Controle e Automação da UFSC.

2) Troca do processador Raspberry Pi por um Arduino Mega: Em função do consumo de energia, e de acordo com a capacidade de processamento, foi decidido substituir nos NODES os Raspberry Pi pelos processadores Arduino Mega.

3) Utilização de um banco de dados do tipo "time-serial" e de visualizador gráfico: Foi necessário utilizar um banco de dados do tipo "time-serial" e um software de visualização gráfico de dados como solução intermediária para os dados uma vez que a EPAGRI não irá disponibilizar a visualização dos dados enquanto não houver abelhas presentes nas caixas das colmeias. Utilizamos o InfluxDB e o Chronograf (ambos softwares gratuitos) como solução para esta necessidade não prevista inicialmente no projeto. Em função dessa alteração é possível visualizar os dados do sistema atualizados a cada 5 minutos, bem como verificar em paralelo visualizar todos os dados enviados para a EPAGRI.

4) Necessidade de construção de um segundo sistema NODE-GW: Essa é uma necessidade que surgiu durante a execução do projeto, depois de conversar com o apicultor que disse que não poderíamos ir com muita frequência até a colmeia com abelhas. Apesar dos testes realizados em laboratório, que demonstram o funcionamento do sistema, ainda é necessário realizar diversos testes de campo, instalando os módulos Colmeia e Gateway no município de Antônio Carlos. Para tal foi necessário fazer uma montagem de dois novos módulos Colmeia e

também outro Gateway, permitindo que os testes de desempenho "in loco" e a distância, enquanto que as correções sejam feitas no sistema duplicado no IFSC.

Publicações, divulgação de eventos e demais materiais produzidos:

Sobre o projeto até o momento foi publicado em resumo expandido nos anais do 7º Seminário de Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC (Sepei 2018), realizado entre 18 a 20 de setembro em Florianópolis

(<https://ifsc.iweventos.com.br/evento/sepei2018/trabalhosaprovados>). Sistema desenvolvido também foi apresentando no mesmo evento na forma de poster e exposição do equipamento para a comunidade. (<https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/3/31/PosterSEPEI2018.pdf>). Da mesma forma ocorreu durante a apresentação do projeto na forma de pôster e exposição dos equipamentos na 4ª Mostra Científica e Cultural (IV MCC) realizada entre 15 e 18 de outubro em São José.

Palavras finais:

Certos de termos nos empenhando em fazer um bom trabalho, acreditamos que o projeto irá em breve possibilitar o desenvolvimento de um sistema que poderá ajudar enormemente na melhoria e ampliação da produção melífera do estado de Santa Catarina. Além disso a participação dos alunos bolsistas, sendo uma financiando pela FAPESC e os demais pelo IFSC Campus São José, possibilitou a estes a aplicação de conhecimentos adquiridos durante o curso, ao mesmo que motiva-os ao realizarem um projeto com uma aplicação prática imediata.