

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Chamada Nº 01/2016 - Universal

Sm@rtBee: Monitoramento de Colmeias
Saudáveis para Descrição do Comportamento
de Abelhas Polinizadoras

Danielo Gonçalves Gomes

Proponente

Fevereiro/2016

Sumário

1	Identificação da Proposta	2
2	Qualificação do Principal Problema Abordado	3
3	Objetivos e Metas	5
4	Material e Métodos	7
4.1	Objeto de Estudo	7
4.2	Delineamento	7
4.3	Análise Estatística dos Dados	8
5	Potencial de Impacto dos Resultados em CT&I	8
6	Cronograma de Atividades	11
7	Orçamento	14
8	Participantes do Projeto	16
9	Grau de Interesse e Comprometimento da Táquion	18
10	Infraestrutura e Apoio Técnico	19
A	Plano de Atividades do Bolsista de IC	23

1 Identificação da Proposta

Título: Monitoramento de Colmeias Saudáveis para Descrição do Comportamento de Abelhas Polinizadoras

Sigla: Sm@rtBee

Duração: 36 meses

Proponente: Danielo Gonçalves Gomes

Instituição de Execução: Universidade Federal do Ceará (UFC)

Programa de Pós-Graduação: Engenharia de Teleinformática

Grupos de Pesquisa:

Grupo de Redes, Engenharia de Software e Sistemas ¹

Grupo de Pesquisas com Abelhas da UFC ²

Resumo

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 75% das culturas vegetais dependem da polinização. Na qualidade de principal agente polinizador, as abelhas são essenciais à produção de alimentos para o ser humano e para manutenção dos ecossistemas. Contudo, devido aos desmatamentos, mudanças climáticas e ao uso de pesticidas, atualmente as abelhas encontram-se ameaçadas de extinção. Estudos indicam perdas da ordem de 10 mil colmeias/ano somente no Brasil. O presente projeto tem como objetivo central a descrição do comportamento de abelhas em colmeias saudáveis e prontas para polinização. Através de monitoramento em tempo real e minimamente invasivo, os dados das colmeias e das colônias serão coletados por meio de sensores heterogêneos (e.g. de temperatura, de umidade, de CO_2 , de áudio, de imagem em infravermelho), conectados em dispositivos de sensoriamento (*nodes*) com rádios embarcados. Os dados serão armazenados em uma nuvem computacional e acessados remotamente via Web. Visto que os apiários são ambientes tipicamente *outdoor*, os protocolos embarcados nos módulos de sensoriamento e de comunicação deverão lidar com fatores inerentes à Internet das Coisas (IoT) tais como banda estreita, alta latência e perda de pacotes. Os estudos de campo serão realizados inicialmente (testes piloto) no apiário da Universidade Federal do Ceará (UFC) e, posteriormente, em áreas silvestres e agrícolas do estado do Ceará (ambiente de polinização real). A equipe de pesquisadores é multidisciplinar e atua nas áreas de Teleinformática (Redes de Computadores, área predominante) e de Zootecnia (área correlata) na UFC. O projeto conta também com a participação efetiva da empresa Táquion Inovação. Trata-se, portanto, de um projeto de pesquisa em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I).

Palavras-chave: Redes de Sensores sem Fio, IoT, abelhas, padrões, eficiência de polinização.

¹www.great.ufc.br

²www.abelhas.ufc.br

2 Qualificação do Principal Problema Abordado

As abelhas são consideradas os principais agentes polinizadores da maioria das espécies de plantas selvagens e culturas polinizadas por insetos [1, 2, 3]. As plantas cuja polinização depende do vento precisam lançar uma vasta quantidade de pólen na expectativa de que alguns grãos se depositem em outras flores. Além dessa questão relativa à eficiência reprodutiva, pode haver diferença significativa na qualidade dos frutos gerados por polinização com relação aos que não foram polinizados, inclusive com risco de má formação do fruto (vide Figura 1).



Figura 1: Morangos não-polinizados (à esquerda) vs polinizados (à direita). Fonte: planetasustentavel.abril.com.br/blog/biodiversa/polinizadores-made-in-brazil

A atual e preocupante queda no número de abelhas em todo o mundo tem inspirado vários estudos para examinar suas causas e consequências [4, 5]. Esses estudos têm mostrado que a destruição do habitat natural, da intensificação da agricultura e da perda associada de recursos florais, mudanças climáticas e exposição a pesticidas e patógenos são fatores causadores da queda nas populações das abelhas [6, 7, 8] o que, consequentemente, pode comprometer seriamente seus serviços de polinização [9, 10, 11]. Neste contexto, o monitoramento do comportamento de abelhas nas colmeias pode gerar valiosas informações sobre a saúde de uma colônia que está pronta para polinização. O conhecimento gerado dessas observações pode viabilizar a implementação de estratégias de manejo em áreas naturais e na melhoria da produção agrícola. Nota-se um interesse recente e crescente no desenvolvimento de sistemas de monitoramento de apiários, cujos parâmetros de colmeias mais usados são temperatura, umidade, massa, gases, áudio, vibrações, imagem e vídeo [12].

As abelhas buscam controlar rigorosamente o microclima da sua colmeia, principalmente no ninho, mantendo a temperatura dentro de uma faixa térmica entre 33 e 36 graus Celsius [13, 14]. Esse controle é conhecido como termorregulação (Figura. 2).

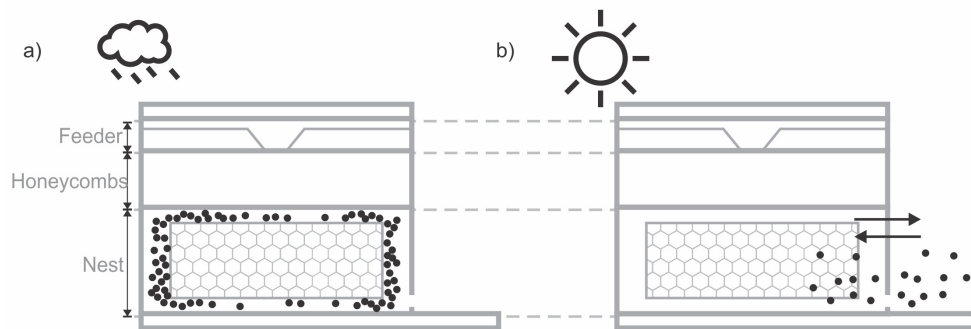


Figura 2: Termorregulação em colmeia para (a) aquecimento, (b) resfriamento.

O monitoramento de **temperatura** em colmeias de abelhas apresenta baixo custo na coleta, no processamento e na transferência dos dados [15]. A partir de informações das temperaturas, podem-se ser detectados eventos relacionados à saúde de uma colmeia, tais como o aumento no consumo de alimentos ou mesmo a morte da rainha. Por exemplo, o aumento da temperatura pode levar à enxameação por abandono [13]. A temperatura pode também ser combinada com a **umidade** em monitoramento via sensores sem fio [16, 14]. A **massa** de uma colmeia é outra métrica-chave que reflete a saúde e a produtividade da colônia [17].

Sinais de **áudio** também podem ser aplicados na estimativa do comportamento das abelhas [18, 19]. Alguns trabalhos sobre monitoramento de colmeias de abelhas têm usado sensores de áudio [20, 21] para identificar um padrão no zumbido do enxame que indique um iminente abandono em massa da colônia. Se a captação do som não é uma tarefa complicada, o processamento, por outro lado, pode ser muito custoso. Há ainda de se usar de procedimento sistemático na localização dos sensores de áudio dentro da colmeia bem como na filtragem de ruídos outros diferentes dos zumbidos das abelhas.

Rangel e Seeley [21] utilizaram câmeras e microfones para detectar a movimentação e o áudio das abelhas dentro da colmeia. Bencsik et al. [20] identificaram padrões em sinais de vibração em colônias durante a enxameação com sensores específicos para detectar a frequência das vibrações.

Em uma abordagem mais tradicional, Freitas et al. [22] relacionam a partida e a chegada de abelhas do gênero *Apis* à região de semiárido de Canindé e na cidade litorânea de Fortaleza. Os autores verificaram que no período de estiagem as abelhas migram para o litoral e fazem o caminho inverso no período chuvoso, indicando o efeito decisivo das variações de temperatura sobre a enxameação das abelhas. No referido artigo foram utilizadas apenas a análise comparativa dos dados de acompanhamento das colmeias feitos entre 1999 e 2001 com dados pluviométricos no mesmo período, sem quaisquer técnicas de monitoramento direto e instrumentalizado das colmeias, tais como sensores.

A Tabela 1 faz um resumo comparativo entre alguns trabalhos descritos nesta seção. É visível a predominância de propostas com comunicações cabeadas, o que pode ser invasivo

às abelhas e dificultar o manejo no apiário. Além disso, câmeras e microfones, presentes em algumas soluções, podem aumentar o consumo energético dos dispositivos. Neste sentido, soluções sem fio e com energia solar podem ser interessantes e menos invasivas.

Nós entendemos que o comportamento das abelhas e o microclima nas colmeias precisam ser mais detalhados e acompanhados de forma mais intensa, com coletas de dados frequentes, de modo que seja possível descrever o comportamento das abelhas enquanto protagonistas da polinização. Um sistema de monitoramento de colmeias deve ser simples de uso e de manutenção, não-invasivo e permitir acesso remoto via web.

Tabela 1: Literatura sobre monitoramento de colmeias - resumo comparativo.

Referências correlatas	Métricas monitoradas	RS*	Interface
Zacepins and Karasha (2013)	Temperatura	Sim	Com fio
Almeida (2006)	Temperatura, Umidade	Sim	Com fio
Rangel e Seeley (2008)	Áudio, Video	Não	Com fio
Ferrari et al. (2008)	Áudio, Temperatura, Umidade	Não	Com fio
Bencsik et al. (2011)	Vibração	Não	Com fio
Eskov e Toboev (2011)	Temperatura	Não	Com fio
Kviesis et al. (2015)	Temperatura, Umidade	Sim	Sem fio
Kridi et al. (2014)	Temperatura, Umidade	Sim	Sem fio
Fitzgerald et al. (2015)	Massa	Sim	Sem fio
Freitas et al (2007)	Fluxo de abelhas (por inspeção visual)	n/a	n/a

*RS = Rede de Sensores

3 Objetivos e Metas

O objetivo geral deste projeto é caracterizar e descrever o comportamento de abelhas polinizadoras em colmeias saudáveis prontas para polinização. A operacionalização do objetivo geral está organizada através dos seguintes objetivos específicos:

1. Descrever padrões de temperatura, umidade e de gases (por exemplo CO₂, O₂) dentro de colmeias saudáveis.
 - Metas em C&T: relatório técnico #1, dois artigos para conferências qualificadas (consolidação dos resultados dos objetivos específicos 1, 2 e 3);
 - Metas em inovação: pesquisa do sistema de hardware, desenvolvimento do protótipo do hardware, desenvolvimento do protótipo do software.
2. Descrever padrões de temperatura, umidade e de gases (por exemplo CO₂, O₂) dentro de colmeias fracas;
 - Metas em C&T: relatório técnico #1, dois artigos para conferências qualificadas (consolidação dos resultados dos objetivos específicos 1, 2 e 3);

- Metas em inovação: pesquisa do sistema de hardware, desenvolvimento do protótipo do hardware, desenvolvimento do protótipo do software.
3. Descrever padrões de temperatura, umidade e de gases (por exemplo CO₂, O₂) dentro de **colmeias doentes**;
 - Metas em C&T: relatório técnico #1, dois artigos para conferências qualificadas (consolidação dos resultados dos objetivos específicos 1, 2 e 3);
 - Metas em inovação: pesquisa do sistema de hardware, desenvolvimento do protótipo do hardware, desenvolvimento do protótipo do software.
 4. Descrever padrões de **massa (kg)** de **colmeias saudáveis**;
 - Metas em C&T: relatório técnico #2, dois artigos para conferências qualificadas (consolidação dos resultados dos objetivos específicos 4, 5 e 6);
 - Metas em inovação: pesquisa do sistema de hardware, desenvolvimento do protótipo do hardware, desenvolvimento do protótipo do software.
 5. Descrever padrões de massa (kg) de **colmeias fracas**;
 - Metas em C&T: relatório técnico #2, dois artigos para conferências qualificadas (consolidação dos resultados dos objetivos específicos 4, 5 e 6);
 - Metas em inovação: pesquisa do sistema de hardware, desenvolvimento do protótipo do hardware, desenvolvimento do protótipo do software.
 6. Descrever padrões de massa (kg) de **colmeias doentes**;
 - Metas em C&T: relatório técnico #2, dois artigos para conferências qualificadas (consolidação dos resultados dos objetivos específicos 4, 5 e 6);
 - Metas em inovação: pesquisa do sistema de hardware, desenvolvimento do protótipo do hardware, desenvolvimento do protótipo do software.
 7. Descrever padrões de **imagem e de som** de **colônias/colmeias saudáveis**;
 - Metas em C&T: relatório técnico #3, dois artigos para conferências qualificadas (consolidação dos resultados dos objetivos específicos 7, 8 e 9);
 - Metas em inovação: pesquisa do sistema de hardware, desenvolvimento do protótipo do hardware, desenvolvimento do protótipo do software.
 8. Descrever padrões de imagem e de som de **colônias/colmeias fracas**;
 - Metas em C&T: relatório técnico #3, dois artigos para conferências qualificadas (consolidação dos resultados dos objetivos específicos 7, 8 e 9);
 - Metas em inovação: pesquisa do sistema de hardware, desenvolvimento do protótipo do hardware, desenvolvimento do protótipo do software.
 9. Descrever padrões de imagem e de som de **colônias/colmeias doentes**;
 - Metas em C&T: relatório técnico #3, dois artigos para conferências qualificadas (consolidação dos resultados dos objetivos específicos 7, 8 e 9);
 - Metas em inovação: pesquisa do sistema de hardware, desenvolvimento do protótipo do hardware, desenvolvimento do protótipo do software.
 10. Reconhecer e comparar os padrões dos três tipos de colmeias a serem estudadas

(saudáveis, fracas e doentes).

- Metas em C&T: dois artigos em periódicos internacionais de alto impacto com Qualis-CC restrito A1-A2; uma tese de doutorado e duas dissertações de mestrado defendidas, uma bolsa de IC de 36 meses (Anexo A).
- Metas em inovação: pesquisa do sistema de hardware, desenvolvimento do protótipo do hardware, desenvolvimento do protótipo do software.

4 Material e Métodos

Nas subseções seguintes apresentamos três aspectos básicos deste projeto em termos metodológicos, do ponto de vista mais geral (objeto do estudo) até o mais particular (análise estatística dos dados), incluindo a fundamentação do delineamento experimental.

4.1 Objeto de Estudo

Nosso objeto de estudo serão colmeias de abelhas da espécie *Apis mellifera*, que é a mais utilizada na apicultura racional brasileira. Além de incrementar o fluxo de polinizadores da flora local, a criação deste tipo de abelhas tem como objetivo a extração de produtos tais como o própolis, a geleia real, a cera e, principalmente, o mel [14].

4.2 Delineamento

Este é um projeto de pesquisa descritiva cujo delineamento (estratégia experimental) será um monitoramento em tempo real e minimamente intrusivo das colmeias. O monitoramento será executado via redes de sensores sem fio com protocolos típicos de IoT tais como o CoAP (*Constrained Application Protocol*) e o MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*).

Para evitar interferência multivariável do ambiente, o que poderia enviesar as discussões dos resultados, todas as colmeias/colônias serão monitoradas em paralelo durante o mesmo intervalo de tempo. Serão até 3 (três) colmeias/colônias de abelhas saudáveis, 3 (três) colmeias/colônias de abelhas fracas e 3 (três) colmeias/colônias de abelhas doentes.

O comportamento das abelhas será caracterizado e descrito de acordo com variáveis operacionais reputadas na literatura recente como as mais utilizadas em monitoramento de apiários [12]:

- Temperatura, umidade e níveis de gases (e.g. CO_2) dentro das colmeias. Os gases indicam o nível de metabolismo das colônias;
- Massa (kg) das colmeias;

- Áudio, vibrações e imagens com câmeras de infravermelho instaladas dentro das colmeias.

Outras variáveis complementares também podem ser utilizadas ao longo do projeto, tais como o número de abelhas entrando e saindo das colmeias, número de crias e a presença da abelha-rainha.

4.3 Análise Estatística dos Dados

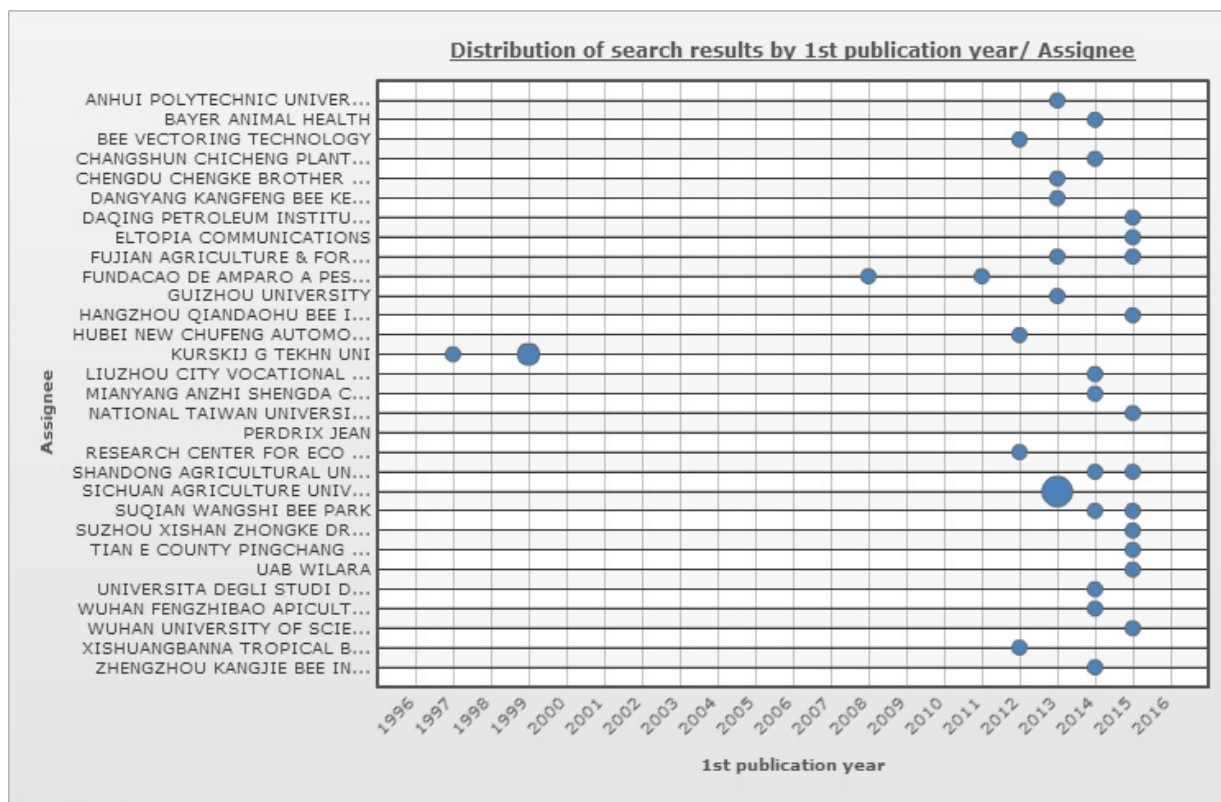
Os dados serão submetidos à análise de variância (ANOVA) para amostras independentes. Havendo efeito, prosseguiremos com a comparação entre medidas de tendência central (médias, medianas, modas) cuja técnica dependerá do comportamento dos dados. Caso necessário, transformaremos os dados para obtermos normalidade que, se não atingida, nos conduzirá aos testes não-paramétricos correspondentes. O critério de decisão estatística será da ordem de 5% ($\alpha = 0,05$).

5 Potencial de Impacto dos Resultados em CT&I

Inspeção visual de colmeias é uma das atividades mais importantes para um apicultor. É através da inspeção visual que o apicultor detecta uma série de doenças - mas para isso, normalmente tem de se abrir as colmeias, remover os quadros e examiná-los. Além de ser um processo invasivo, uma inspeção minuciosa demanda tempo, o que pode atrapalhar e até comprometer as funções de polinização e produção de mel. Algumas abelhas inclusive podem ser esmagadas durante a movimentação dos quadros das colmeias. Por outro lado, de posse de imagens do interior da colmeia, obtidas de câmeras de infravermelho de alta qualidade, o apicultor pode monitorar remotamente as condições das colônias e um eventual estado de doenças iminentes, reduzindo assim a periodicidade dos manejos físicos. Ademais, muitas colmeias são mantidas em apiários remotos ou rurais. Inspeções de colmeias em tais locais exigem longos deslocamentos.

Pesquisando em bases de propriedade intelectual, nota-se que o desenvolvimento de tecnologias para sensoriamento e automação de colmeias de abelhas vem crescendo, especialmente nos últimos 3 anos (Figura 3). Esse aumento de interesse pode ser explicado pelo avanço dos objetos inteligentes nos processos integrados à Internet das Coisas (IoT), seja no campo urbano seja no campo rural.

A Figura 4 mostra os 30 principais depositantes de patentes que mais investem na área de sensoriamento de colmeias de abelhas. Nota-se que a China é disparadamente o país com o maior número de patentes em agricultura e apicultura e precisão (vide Figura 5). Os acrônimos WO (Wompi) e EP (Espacenet) referem-se a escritórios internacionais de representações de patentes.

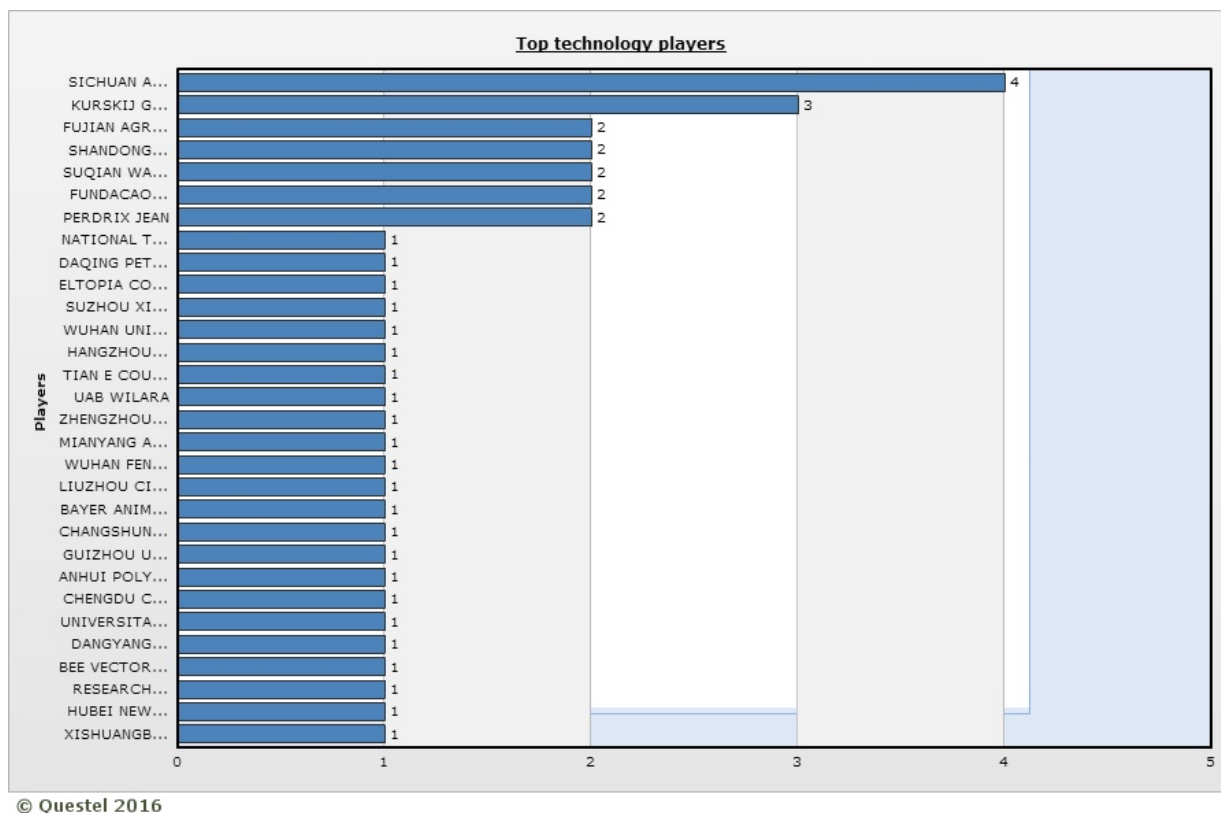


© Questel 2016

Figura 3: Evolução temporal de publicações de patentes e respectivas tecnologias de acordo com os 30 maiores depositantes no mundo.

Ainda com relação à Figura 5, percebe-se que no Brasil há 5 patentes sobre sensoriamento e/ou automação em colmeias de abelhas. Analisando as patentes, destacamos uma brasileira que possui método semelhante ao desejado no Sm@rtBee: a patente de registro PI 0902909-5 A2, de título “Sistema automatizado de coleta de dados sobre comportamento de abelhas em colmeia”. Entretanto, a referida patente brasileira limita-se às variáveis de temperatura e umidade, ao passo que no Sm@artBee, além da temperatura e da umidade dentro das colmeias, trataremos de outras variáveis operacionais tais como concentração de dióxido de carbono (CO_2), massa da colmeia, padrões de imagem e intensidade de som emitido. Os dados coletados em 3 tipos de colmeias (saudáveis, fracas e doentes) serão utilizados para alimentar modelos computacionais no sentido de levantamento de padrões acerca do comportamento das colônias polinizadoras. Este modelo, futuramente, poderá gerar diagnósticos para informar se a colmeia está pronta para efetuar a polinização.

No tocante à formação acadêmica de RH, destacamos a capacitação de pessoal altamente qualificado nos níveis de graduação, mestrado e doutorado. Espera-se que deste projeto resultem pelo menos 01 (uma) tese de doutorado, 02 (duas) dissertações de mestrado, além de TCCs em Engenharia de Teleinformática e em Engenharia de Computação da



a

Figura 4: Principais depositantes de patentes no mundo de sensoriamento de colmeias.

UFC. Está sendo solicitada uma bolsa de iniciação científica (IC) com duração de 36 meses (vide Anexo A). Com relação a publicações, a meta mínima é de 6 artigos em conferências nacionais/internacionais relevantes e pelo menos 2 artigos completos em periódicos internacionais de alto impacto.

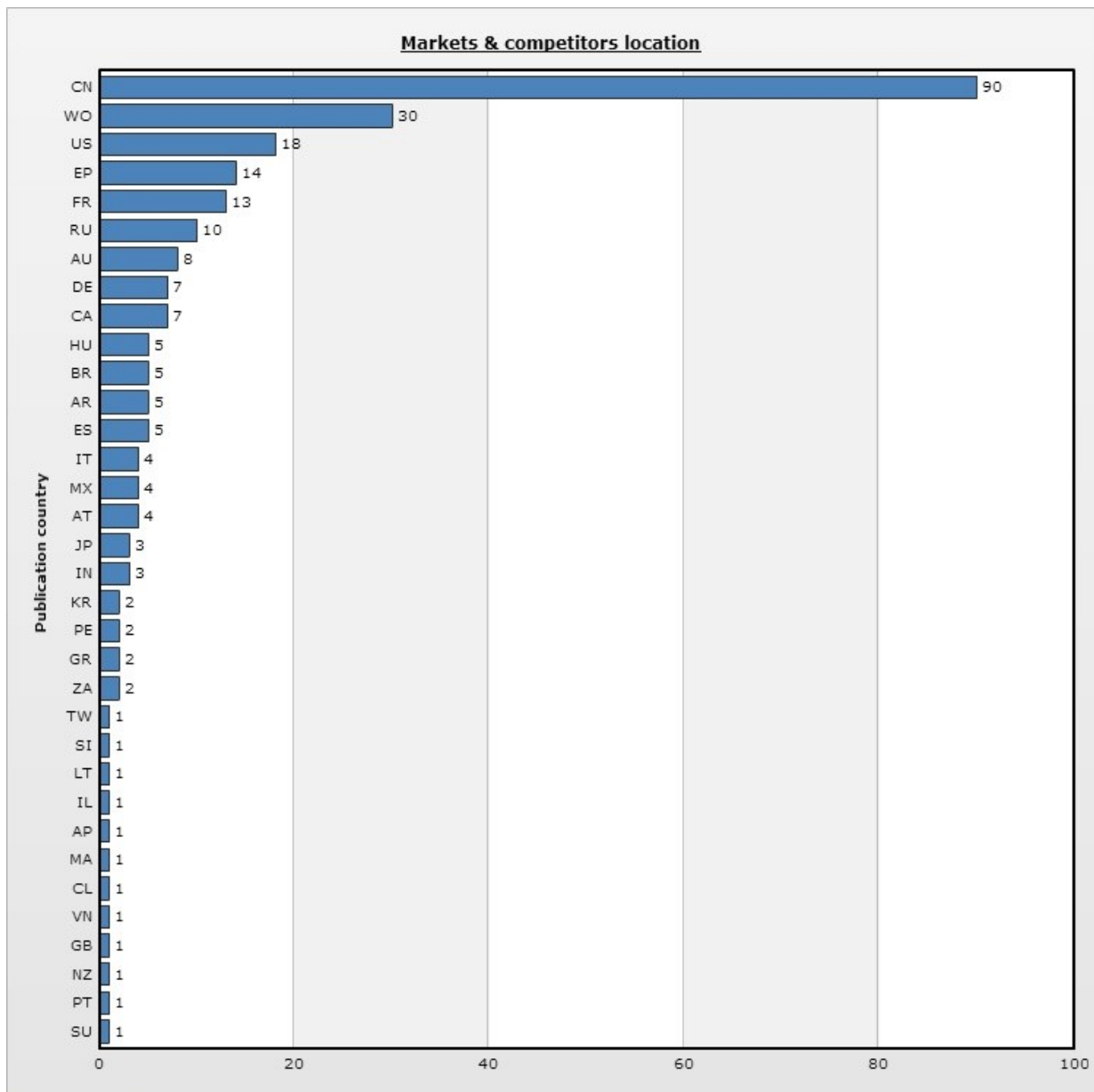


Figura 5: Patentes sobre sensoriamento de colmeias de abelhas (quantitativo/depositantes)

6 Cronograma de Atividades

1. **Atividade 1:** Pesquisa, levantamento e escolha de sensores e dos módulos (*motes*) adequados ao monitoramento das colmeias.
Equipe responsável: GREat/UFC.

Período: Ano#1, meses 1-3.

2. **Atividade 2:** Pesquisa, levantamento e escolha de protocolos IoT adequados para monitoramento e controle dos sensores.
Equipe responsável: GREat/UFC.
Período: Ano#1, meses 1-3.
3. **Atividade 3:** Compra dos componentes e sensores.
Equipe responsável: GREat/UFC.
Período: Ano#1, mês 4.
4. **Atividade 4:** Desenvolvimento do firmware.
Equipe responsável: Táquion.
Período: Ano#1, meses 4-12.
5. **Atividade 5:** Desenvolvimento de um aplicativo Web para monitoramento das colmeias (versão beta).
Equipe responsável: GREat/UFC.
Período: Ano#1, meses 8-12.
6. **Atividade 6:** Testes em campo (apiário UFC).
Equipes responsáveis: Abelhas/UFC e GREat/UFC.
Período: Ano#2, meses 13-16.
7. **Atividade 7:** Análise dos resultados e criação de algoritmos para reconhecimento de padrões.
Equipe responsável: GREat/UFC.
Período: Ano#2, meses 17-21.
8. **Atividade 8:** Desenvolvimento do aplicativo *mobile* para monitoramento das colmeias.
Equipes responsáveis: GREat/UFC e Táquion.
Período: Ano#3, meses 25-30.
9. **Atividade 9:** Desenvolvimento de um aplicativo Web para monitoramento das colmeias (versão final).
Equipe responsável: Táquion.
Período: Ano#3, meses 29-30.
10. **Atividade 10:** Testes em campo (apiário UFC e áreas silvestres/agrícolas).
Equipes responsáveis: Abelhas/UFC e GREat/UFC.
Período: Ano#3, meses 31-34.
11. **Atividade 11:** Documentação.
Equipes responsáveis: GREat/UFC e Abelhas/UFC.
Período: Ano#1, meses 10-12; Ano#2, meses 22-24; Ano#3, meses 34-36.

As tabelas a seguir ilustram o cronograma com a distribuição das atividades descritas

nos 36 meses de vigência projeto.

Tabela 2: Cronograma de atividades - Ano #1

Atividades	Meses 1 a 12											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Atividade 1	x	x	x									
Atividade 2	x	x	x									
Atividade 3				x								
Atividade 4				x	x	x	x	x	x	x	x	x
Atividade 5								x	x	x	x	x
Atividade 11										x	x	x

Tabela 3: Cronograma de atividades - Ano #2

Atividades	Meses 13 a 24											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Atividade 6	x	x	x	x								
Atividade 7					x	x	x	x	x			
Atividade 11										x	x	x

Tabela 4: Cronograma de atividades - Ano #3

Atividades	Meses 25 a 36											
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Atividade 8	x	x	x	x	x	x						
Atividade 9					x	x						
Atividade 10							x	x	x	x		
Atividade 11										x	x	x

7 Orçamento

Itens	Valor (R\$)	Qtde.	Total (R\$)	Justificativa
Custeio				
A) Material bibliográfico				
Livros	100,00	5	500,00	Literatura de apoio desenvolvimento
Subtotal				R\$ 500,00
B) Material de consumo				
Componentes eletrônicos	7000,00	1	7000,00	Componentes para desenvolvimento dos protótipos eletrônicos do projeto
Placa de fenolite	5,20	20	104,00	Necessário para confecção da placa de circuito impresso dos protótipos
Sensores	5000,00	1	5000,00	Utilizados para o sensoramento das colméias
Kit de desenvolvimento	250,00	16	4000,00	Necessário para que o desenvolvimento do firmware, do software e do hardware ocorra em paralelo.
Case de polipropileno	60,00	10	600,00	caixa hermética de proteção para o protótipo do sistema de controle
Filamento ABS	180,00	5	900,00	material para imprimir componentes mecânicos com design mais específico para o projeto como suporte e proteção mecânica para sensores.
Informática	100,00	40	4000,00	Apoio do desenvolvimento
Subtotal				R\$21.604,00

C) Passagens e diárias				
Passagens nacionais (ida e volta)	1000,00	6	6000,00	Participação em congressos, seminários, workshops, entre outros, para membros do projeto com artigos aceitos
Diárias nacionais	320,00	40	12800,00	Participação em congressos, seminários, workshops, entre outros, para membros do projeto com artigos aceitos
Subtotal				R\$18.800,00
D) Serviços de terceiros pessoa jurídica				
Inscrição em congressos	500,00	3	1500,00	Participação em congressos da área
Serviço de tradução/revisão de inglês (proofreading)	500,00	6	3000,00	Participação em congressos da área
Taxas para publicação em periódicos Open Access Qualis CC A1 ou A2	1500,00	3	4500,00	Fomento a publicação em Qualis restrito
Subtotal				R\$9.000,00
Capital				
A) Equipamento e material permanente				
Smartphones	2000,00	2	4000,00	Desenvolvimento e testes de aplicações mobile
Computador	6000,00	1	6000,00	Computador para desenvolvimento da solução Web e Mobile
Subtotal				R\$10.000,00
TOTAL SOLICITADO				R\$59.904,00

8 Participantes do Projeto

A equipe de pesquisadores é multidisciplinar e atua nas áreas de Teleinformática (Redes de Computadores, área predominante) e de Zootecnia (área correlata) na UFC. O projeto contará também com a participação efetiva da empresa Táquion Inovação.

Nome:	Danielo Gonçalves Gomes
Grupo de Pesquisa:	GREat/UFC
Função:	Coordenador
Horas/semana:	8h
Lattes	lattes.cnpq.br/6303297687237256

Nome:	Breno Magalhaes Freitas
Grupo de Pesquisa:	Abelhas/UFC
Função:	Pesquisador
Horas/semana:	2h
Lattes	lattes.cnpq.br/0198518668202406

Nome:	Atslands Rego da Rocha
Grupo de Pesquisa:	GREat/UFC
Função:	Pesquisador
Horas/semana:	4h
Lattes	lattes.cnpq.br/3272159643458627

Nome:	Nídia Glória da Silva Campos
Grupo de Pesquisa:	GREat/UFC
Função:	Aluna de doutorado
Horas/semana:	20h
Lattes	lattes.cnpq.br/7654075576944519

Nome:	Victor Dall Mass Fernandes
Grupo de Pesquisa:	GREat/UFC
Função:	Aluno de mestrado
Horas/semana:	20h
Lattes	lattes.cnpq.br/3295746199447222

Nome:	Lucas Cabral Carneiro da Cunha
Grupo de Pesquisa:	GREat/UFC
Função:	Aluno de graduação (IC)
Horas/semana:	12h
Lattes	lattes.cnpq.br/8776559293482564

Nome:	Luiz Eduardo dos Santos Tavares
Equipe:	Táquion
Função:	Pesquisador (Coordenação das atividades de produtificação)
Horas/semana:	6h
Lattes	lattes.cnpq.br/4382050879563488

Nome:	Gisele Aparecida Chaves Antenor
Equipe:	Táquion
Função:	Colaborador (Desenvolvimento do modelo e plano de negócio da solução)
Horas/semana::	6h
Lattes	lattes.cnpq.br/1602397606874432

Nome:	Priscylla da Silva Tavares
Equipe:	Táquion
Função:	Colaborador (apoio técnico ao desenvolvimento e produtificação)
Horas/semana:	6h
Lattes	lattes.cnpq.br/1083520961700257

Nome:	Heládio Gonçalves Nepomuceno
Equipe:	Táquion
Função:	Colaborador (apoio técnico ao desenvolvimento e produtificação)
Horas/semana:	6h
Lattes	lattes.cnpq.br/6653225063246914

9 Grau de Interesse e Comprometimento da Táquion

A Táquion Inovação ³ é uma empresa que busca diferentes soluções tecnológicas na área de sensoriamento. Desde 2014, desenvolve equipamentos eletromédicos para diagnóstico rápido de doenças utilizando diferentes tecnologias que permitam difundir de forma comercial e dentro das normas nacionais e internacionais. A Táquion Inovação, em parceria com o CTI (Centro de Tecnologia Renato Archer) desenvolveu seu primeiro protótipo de um dispositivo médico *Point-of-Care* com biossensor baseado em *Surface Acoustic Wave* (SAW). Por enquanto, o biossensor consegue detectar moléculas de água de uma substância, e posteriormente, será sensibilizado com a proteína para detecção de Dengue.

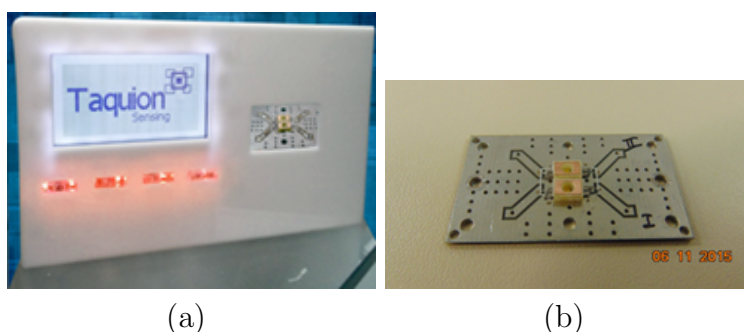


Figura 6: (a): Primeiro protótipo do *Point-of-Care*; (b) Detalhe do Biossensor.

Além disso, a Táquion Inovação possui projetos de aplicações de sensoriamento em hidroponia e cultivo de camarões. Os sensores desenvolvidos em parceria com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), laboratório de Fotônica, irão fornecer informações de temperatura, pH, grau de oxigenação da água, quantidade de nutrientes encontrados na solução e como o proprietário deve utilizar essas informações através de comunicação sem fio entre o sistema e um aplicativo para dispositivo móvel. O mesmo sistema também pode ser adaptado para o monitoramento das condições de cultivo de camarões. Estas duas iniciativas (hidroponia e de cultivo de camarões) são correlatas ao projeto Sm@artBee. Portanto, a Táquion apresenta interesse em participar de um projeto sobre monitoramento de colmeias saudáveis, possuindo expertise de desenvolvimento do hardware e software de produtos relacionados a sensoriamento.

A Táquion Inovação tem ajudado pesquisadores a transformar seus projetos acadêmicos em protótipos e produtos. Na qualidade de parceiro do projeto Sm@artBee, com o diferencial inovativo de parceria desde o início das atividades do projeto, serão levantadas a documentação e as normas necessários para transformar o projeto Sm@artBee em um produto viável e de qualidade, submetê-lo aos órgãos reguladores e, posteriormente, colocá-lo no mercado nacional e internacional. No sentido de reforçar o

³<http://www.taquioninovacao.com.br/>

Tabela 5: Contrapartida da Táquion

Item	Valor (R\$)	Qtde.	Total (R\$)	Justificativa
Especialistas em desenvolvimento esquemático; Captura esquemática; Roteamento PCB; Desenvolvimento de firmware; Software mobile; Software web.	1527,00	36	54.972,00	Produtificação

interesse e o comprometimento da Táquion na proposta Sm@artBee, estima-se uma contrapartida financeira equivalente ao valor total que está sendo solicitado ao CNPq (vide Tabela 5).

10 Infraestrutura e Apoio Técnico

O projeto será desenvolvido em laboratórios de pesquisa devidamente equipados com máquinas e salas para alunos nas instalações do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática (PPGETI) da UFC e no prédio do GREat/UFC ⁴. A equipe do GREat/UFC é composta atualmente por cerca de 68 pessoas, incluindo professores da UFC, pesquisadores em pós-doutorado, e pesquisadores colaboradores, graduados e estudantes de pós-graduação e graduação da UFC e de outras Instituições de Ensino Superior (IES). Além disso, o grupo dispõe do apoio técnico de 6 celetistas responsáveis pela parte administrativa, financeira, de recursos humanos, e de suporte à tecnologia da informação.

Em termos de infraestrutura, o GREat/UFC possui 2 laboratórios. O primeiro e principal é o Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Design e Computação Móvel (bloco 942-A), inaugurado em 2007 e com uma área aproximada 894 m², e o segundo é o laboratório localizado no bloco 952, inaugurado em 2011 e com uma área aproximada de 100 m². Ambos estão situados no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará e juntos possuem capacidade para cerca de aproximadamente 150 pessoas. Nas dependências dos laboratórios do GREat no bloco 942-A, os seguintes recursos estão disponíveis: 88 (oitenta e oito) desktops com monitores; 52 (cinquenta e dois) notebooks; 14 (quatorze) impressoras; 25 (vinte e cinco) servidores; 1 (um) sensor wireless; 91 (noventa e um) estabilizadores; 70 (setenta) *no-breaks*; 34 (trinta e quatro) *switchs*; 17 (dezessete) pontos de acesso; 25 (vinte e cinco) câmeras IP; 8 (oito) controles de acesso com biometria; 3 (três) projetores; 1 (uma) lousa digital;

⁴www.great.ufc.br

1 (uma) catraca para acesso seguro aos laboratórios; 1 (uma) tela de projeção; 8 (oito) TVs LED; 3 (três) scanners; 3 (três) equipamentos de audioconferência; 1 (um) equipamento de videoconferência; e 1 (um) aparelho de fax. No bloco 942-A, há um auditório climatizado com capacidade para 40 pessoas equipado com um projetor, um equipamento de videoconferência, um ponto de acesso sem fio, lousa digital e um quadro transparente. Além disso, uma sala de reuniões com capacidade para 10 pessoas e um elevador adaptado para acessibilidade estão localizados neste prédio. Conta-se ainda com uma biblioteca com cerca de 500 livros, periódicos e anais de congressos nos temas de pesquisa do grupo.

Vale destacar que o GREat/UFC possui uma infra de nuvem computacional privada, alinhando-se à estratégia do Sm@artBee de armazenar em nuvem os dados do monitoramento apiário para posterior acesso remoto. Essa nuvem privada é considerada de alta disponibilidade e tem dado suporte às pesquisas do grupo em *cloud computing, e-science*. É composta por 12 servidores físicos em *rack* totalizando 1570,8 TB de RAM, 24 processadores com 12 cores cada, 2 *storages* com capacidade para até 50 TB de armazenamento, 03 *switchs* de núcleo, 03 roteadores, 10 *switchs* de acesso, 01 *no-break* de 48 kVA. Além disso, o bloco 942-A possui 1 gerador com 170 kW que assegura até um dia de trabalho no laboratório sem energia. Outros recursos disponíveis: 01 simulador de telecomunicações CMW500, 01 *Power Monitor* e um ambiente completo para projetos de IoT com *beagle bones*, sensores e módulos Arduinos.

De forma complementar, a Táquion Inovação, situada na cidade de Fortaleza-CE, dispõe de uma excelente infraestrutura com laboratórios e salas de desenvolvimento de software/hardware.

Os estudos de campo serão realizados inicialmente (testes piloto) no apiário⁵ da UFC e, posteriormente, em áreas silvestres e agrícolas do estado do Ceará (ambiente de polinização real).

Referências

- [1] Peter G. Kevan and Truman P. Phillips. The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology*, 5(1):69 – 81, 2001.
- [2] Alexandra-Maria Klein, Bernard E Vaissière, James H Cane, Ingolf Steffan-Dewenter, Saul A Cunningham, Claire Kremen, and Teja Tscharntke. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274(1608):303–313, 2007.

⁵www.flickr.com/photos/ufc-informa/24382444661/in/photostream/

- [3] Jeff Ollerton, Rachael Winfree, and Sam Tarrant. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3):321–326, 2011.
- [4] J. C. Biesmeijer, S. P. M. Roberts, M. Reemer, R. Ohlemüller, M. Edwards, T. Peeters, A. P. Schaffers, S. G. Potts, R. Kleukers, C. D. Thomas, J. Settele, and W. E. Kunin. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in britain and the netherlands. *Science*, 313(5785):351–354, 2006.
- [5] Benjamin P Oldroyd. What’s killing american honey bees? *PLoS Biol*, 5(6):1–5, 06 2007.
- [6] Claire Kremen Peter Neumann Oliver Schweiger William E. Kunin Simon G. Potts, Jacobus C. Biesmeijer. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol Evol.*, 25(25):345–353, 06 2010.
- [7] Dave Goulson, Elizabeth Nicholls, Cristina Botías, and Ellen L. Rotheray. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 2015.
- [8] Teja Tscharntke, Jason M. Tylianakis, Tatyana A. Rand, Raphael K. Didham, Lenore Fahrig, Péter Batáry, Janne Bengtsson, Yann Clough, Thomas O. Crist, Carsten F. Dormann, Robert M. Ewers, Jochen Fründ, Robert D. Holt, Andrea Holzschuh, Alexandra M. Klein, David Kleijn, Claire Kremen, Doug A. Landis, William Laurance, David Lindenmayer, Christoph Scherber, Navjot Sodhi, Ingolf Steffan-Dewenter, Carsten Thies, Wim H. van der Putten, and Catrin Westphal. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews*, 87(3):661–685, 2012.
- [9] Claire Kremen, Neal M. Williams, and Robbin W. Thorp. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26):16812–16816, 2002.
- [10] Riccardo Bommarco, Ola Lundin, Henrik G. Smith, and Maj Rundlöf. Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in sweden. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 2011.
- [11] Nicolas Deguines, Clémentine Jono, Mathilde Baude, Mickaël Henry, Romain Julliard, and Colin Fontaine. Large-scale trade-off between agricultural intensification and crop pollination services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(4):212–217, 2014.
- [12] Wg Meikle and N Holst. Application of continuous monitoring of honeybee colonies. *Apidologie*, pages 1–13, 2014.
- [13] Gi Fe Almeida, Ma Lau Grassi, Ki Po Gramacho, and Lionel Segui Gonçalves. Comportamento enxameatório em abelhas africanizadas induzido por temperatura com auxílio de câmara de controle de temperatura, sensores e apidômetros

- (in portuguese). *XVI Congresso Brasileiro de Apicultura e II Congresso Brasileiro de Meliponicultura*, Aracaju:2006, 2006.
- [14] Douglas Santiago Kridi, Carlos Giovanni Nunes De Carvalho, and Danielo Gonçalves Gomes. A predictive algorithm for mitigate swarming bees through proactive monitoring via wireless sensor networks. In *Proceedings of the 11th ACM symposium on Performance evaluation of wireless ad hoc, sensor, & ubiquitous networks - PE-WASUN '14*, pages 41–47, New York, New York, USA, 2014. ACM Press.
 - [15] Aleksejs Zacepins and Toms Karasha. Application Of Temperature Measurements For Bee Colony. *Engineering For Rural Development*, Jelgava, pages 126–131, 2013.
 - [16] Armands Kviesis, Aleksejs Zacepins, Mahmut Durgun, and Saban Tekin. Application of wireless sensor networks in precision apiculture. In *14th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, pages 440–445, 2015.
 - [17] D. W. Fitzgerald, F. E. Murphy, W. M. D. Wright, P. M. Whelan, and E. M. Popovici. Design and development of a smart weighing scale for beehive monitoring. In *Signals and Systems Conference (ISSC), 2015 26th Irish*, pages 1–6, June 2015.
 - [18] E.K. Eskov and V.A. Toboev. Analysis of statistically homogeneous fragments of acoustic noises generated by insect colonies. *Biophysics*, 55(1):92–103, 2010. cited By 0.
 - [19] S. Ferrari, M. Silva, M. Guarino, and D. Berckmans. Monitoring of swarming sounds in bee hives for early detection of the swarming period. *Computers and Electronics in Agriculture*, 64(1):72–77, November 2008.
 - [20] Martin Bencsik, Joseph Bencsik, Michael Baxter, Andrei Lucian, Julien Romyeu, and Mathias Millet. Identification of the honey bee swarming process by analysing the time course of hive vibrations. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76(1):44–50, March 2011.
 - [21] Juliana Rangel and Thomas D. Seeley. The signals initiating the mass exodus of a honeybee swarm from its nest. *Animal Behaviour*, 76(6):1943–1952, December 2008.
 - [22] Breno Magalhães Freitas, Raimundo Maciel Sousa, Isac Gabriel, and Abrahão Bomfim. Absconding and an d migratory behaviors of feral Africanized Africanized honey bee (*Apis mellifera* L .) colonies in NE Brazil. 2:381–385, 2007.

A Plano de Atividades do Bolsista de IC

Candidato:	Lucas Cabral Carneiro da Cunha
Grupo de Pesquisa:	GREat/UFC
Curso:	Engenharia de Computação (UFC)
Dedicação (horas/semana):	12h
Lattes	lattes.cnpq.br/8776559293482564

- (a) **Atividade 1:** Levantamento e escolha de sensores e dos módulos (*motest*) adequados ao monitoramento das colmeias.
Período: Ano#1, meses 1-3.
- (b) **Atividade 2:** Levantamento e escolha de protocolos IoT adequados para monitoramento e controle dos sensores.
Período: Ano#1, meses 1-3.
- (c) **Atividade 3:** Relatórios técnicos das atividades 1 e 2.
Período: Ano#1, meses 4-5.
- (d) **Atividade 4:** Estudos e desenvolvimento na plataforma Fiware.
Período: Ano#1, meses 6-8.
- (e) **Atividade 5:** Apoio técnico ao desenvolvimento de um aplicativo Web para monitoramento das colmeias (versão beta).
Período: Ano#1, meses 8-12.
- (f) **Atividade 6:** Apoio técnico nos testes em campo (apiário UFC).
Período: Ano#2, meses 13-16.
- (g) **Atividade 7:** Análise dos resultados e criação de algoritmos para reconhecimento de padrões.
Período: Ano#2, meses 17-21.
- (h) **Atividade 8:** Desenvolvimento do aplicativo *mobile* para monitoramento das colmeias.
Período: Ano#3, meses 25-30.
- (i) **Atividade 9:** Testes em campo (apiário UFC e áreas silvestres/agrícolas).
Período: Ano#3, meses 31-34.
- (j) **Atividade 10:** Documentação. Participação efetiva na escrita de relatórios técnicos e artigos científicos.
Período: Ano#1, meses 10-12; Ano#2, meses 22-24; Ano#3, meses 34-36.

Tabela 6: Cronograma de atividades do bolsista de IC - Ano #1

Atividades	Meses 1 a 12											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Atividade 1	x	x	x									
Atividade 2	x	x	x									
Atividade 3				x	x							
Atividade 4						x	x	x				
Atividade 5								x	x	x	x	x
Atividade 10										x	x	x

Tabela 7: Cronograma de atividades do bolsista de IC - Ano #2

Atividades	Meses 13 a 24											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Atividade 6	x	x	x	x								
Atividade 7					x	x	x	x	x			
Atividade 10										x	x	x

Tabela 8: Cronograma de atividades do bolsista de IC - Ano #3

Atividades	Meses 25 a 36											
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Atividade 8	x	x	x	x	x	x						
Atividade 9							x	x	x	x		
Atividade 10										x	x	x