

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA, URBANISMO E
GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

EDER DE SOUZA RODRIGUES

TESTE EM BANCADA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE SISTEMA *OPEN*
SOURCE DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Campo Grande, MS

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA, URBANISMO E
GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

EDER DE SOUZA RODRIGUES

TESTE EM BANCADA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE SISTEMA *OPEN SOURCE* DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração Análise Integrada de Geossistemas.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ivan Bergier

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ivan Bergier

Orientador – Pesquisador da Embrapa Pantanal

Prof. Dr. Luciano Gonda
UFMS/FACOM

Prof. Dr. José Marcato Jr
UFMS/ FAENG

Campo Grande, MS

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, esposa, familiares e amigos
que incentivaram e me deram apoio.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Criador, pela vida; aos meus orientadores Ivan Bergier e Antonio Paranhos. Cada um à sua maneira, com suas qualidades. Ivan por ter aceito o desafio, ter disponibilizado material para este trabalho por meio do projeto CNPq/REPENSA (Redes Nacionais de Pesquisa em Agrobiodiversidade e Sustentabilidade Agropecuária), Projeto número 562441/2010-7, "Estruturação de rede de monitoramento e base compartilhada de dados de sistemas de produção integrada e intensiva sustentável (suinocultura-agrosilvipastoril) em assentamento de reforma agrária visando balanços favoráveis de água, energia e nutrientes", pela acessibilidade, paciência e compreensão que teve comigo neste período, a maneira crítica – no bom sentido, que me ensinou a analisar melhor as propostas, condições e o que buscar, objetivos, a importância de não ter pressa e sim dados a serem trabalhados. Antonio Paranhos pela disponibilidade, por ter sido acessível, os bons conselhos que me deu na hora certa, direcionando meus trabalhos a preocupação além da docência. Gratidão é pouco!

Minha esposa e familiares por compreenderem minha ausência.

A prática da etologia não é novidade, porém, alguns trabalhos desenvolvidos na FACOM foram fundamentais para reajustar o curso deste projeto e a ciência é um processo contínuo de descobertas e aprimoramento, por isso agradeço aos trabalhos desenvolvidos por Marcel T.P. de Oliveira, Leandro de Jesus e Luiz F. D. Lomba.

Agradeço ainda a Leandro Souza, Klevison Henrique, José Eduardo, Bruno Alison pelas discussões e contribuições ao projeto. E por fim aos docentes do curso, pela contribuição para minha experiência.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
SUMÁRIO.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE GRÁFICOS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
Introdução Geral.....	12
Cienciometria para identificar trabalhos de estudos etológicos com a utilização de sensores de campo.....	13
1 Introdução.....	14
2 Materiais e métodos.....	15
3 Resultado e Discussão.....	16
4 Conclusão.....	21
5 Referências.....	22
Teste de eficiência energética em bancada de sistemas de monitoramento de movimentação de bovinos.....	29
1. Introdução.....	31
2. Objetivos.....	34
2.1. Objetivos específicos:.....	34
3. Materiais.....	35
3.1. Tabela de custos.....	35
3.2. Especificações dos componentes eletrônicos <i>hackeados</i>.....	35
3.2.1. Módulo multi-sensor GY-80 10 DOF:.....	35
3.2.1.2. Magnetômetro HMC5883L:.....	36
3.2.1.3. Sensor L3GD20:.....	37
3.2.1.4. Barômetro BMP085.....	37
3.2.2. Sensor de Umidade e Temperatura RHT03 :.....	38
3.2.3. Data logger LVC125A.....	38
3.2.4. Bateria E585460.....	38
3.2.5. <i>Power Cell - lipo charger/booster MCP73831/ TPS61200</i>	39

3.2.6.	Fuel gauge MAX17043G+U :	39
3.2.7.	GPS Venus 638FLPx-L:	40
3.2.8.	Arduino Fio ATmega328.	40
4.	Métodos de testes em bancada	41
4.1.	Prototipagem do sistema de bancada e teste	42
5.	Resultados	44
5.1.	Protótipo	44
5.2.	Configuração 01	45
5.3.	Configuração 02	45
5.4.	Configuração 03	46
5.5.	Configuração 04	46
5.6.	Configuração 05	49
5.7.	Configuração 06	49
5.8.	Configuração 07	50
6.	Conclusão	52
7.	Referências bibliográficas	53
	CONCLUSÕES GERAIS	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAL	57
	ANEXO I	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Frente e verso do módulo multi-sensor GY-80 10 DOF, composto por acelerômetro, giroscópio, magnetômetro, barômetro	36
Figura 2. Representações das medidas de atitude do sensor ADXL345	36
Figura 3. Direções do sensor Magnetômetro HMC5883L	37
Figura 4. Giroscópio l3gd20.....	37
Figura 5. Sensor de pressão atmosférica - Barômetro BMP085.....	37
Figura 6. Sensor utilizado para coletar dados de umidade - RHT03	38
Figura 7. Data logger LVC125A utilizado para conectar cartão de memória microSD.....	38
Figura 8. Bateria de polímero de Lítio recarregável, modelo E585460, 2000mAh	39
Figura 9. <i>Power Cell - lipo charger/booster</i> MCP73831 TPS61200	39
Figura 10. Frente e verso do <i>Fuel Gauge</i> MAX17043G+U. Utilizado para registrar dados de percentual de carga da bateria (%) e tensão (V)	39
Figura 11. GPS Venus 638FLPx. Utilizado para registrar dados de movimentação.....	40
Figura 12. Arduino FIO, com suporte para conectores de módulo Xbee.	40
Figura 13. Prototipagem virtual realizada no <i>breadboarding Fritzing</i>	42
Figura 14. Esquema de interconexão dos componentes no <i>breadboarding Fritzing</i>	43
Figura 15. Protótipo montado em bancada: Arduíno FIO + <i>Fuel Gauge</i> + <i>Power Cell</i> + GY80 + <i>Data logger</i> LCV125A + microSD 16Gb + RHT03 + LM393	45
Figura 16 Testes realizados por 24 horas com a configuração 3 mostram que a carga da bateria (%) teve queda de 20,24% e 0,7V. A queda constante ocorre por não ter na configuração algum meio de recarga da bateria.....	46
Figura 17. <i>Print</i> de tela da consulta realizada no <i>site</i> Climatempo.com.br no dia 29 de maio de 2018, mostrando as condições climáticas	47
Figura 18. Leituras térmicas do painel fotovoltaico realizadas utilizando câmera térmica Flyr TG-165 às 09:00 e 13:00.....	48
Figura 19 Resultado dos logs de 24 hr de acordo com a configuração 04. Carga inicial de 59,48%, chegou a 39,38% e com recarga da bateria a partir das 13:00 concluiu os testes com 48,9% no período de aproximadamente 2:00 horas	48
Figura 20 Comparação de carga da bateria (%) nas configurações 05 e 06. Valores de % iniciais próximos, porém o maior registro da configuração 06 mostra o quanto carregou a bateria com energia solar	50
Figura 21 Comparação de carga da bateria nas configurações 05 e 06. Pouca oscilação nos valores de V, porém, o maior registro indica recarga da bateria	50
Figura 22 Leitura térmica do painel fotovoltaico utilizando câmera Flyr TG165	51
Figura 23 Carga da bateria, configuração 07. Houve recarga da bateria, chegando a 44,87%. Diferença entre valores iniciais evidenciada pelo GPS.....	51
Figura 24 Resultado dos valores de tensão (V) da bateria durante a realização de testes na configuração 07	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da consulta inicial nas bases científicas <i>ScienceDirect</i> , <i>Scopus</i> e <i>Scielo</i> por etologia (“ <i>ethology</i> ” OR “etologia”).....	16
Tabela 2 - Número de publicações de acordo com o ano de acordo com a consulta realizada na base da <i>Scopus</i> por " <i>ethology</i> " ou "etologia"	17
Tabela 1 - Custo dos componentes	35
Tabela 2 - Descrição do significado das letras presentes na string de dados armazenados no cartão de memória microSD presente no <i>data logger</i>	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Número de trabalhos etológicos envolvendo sensores - por ano.....	18
Gráfico 2 - Número de trabalhos publicados por revista	19
Gráfico 3 - Número de trabalhos por área	19

RESUMO

Esta dissertação foi desenvolvida dentro do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. O objetivo principal foi a análise de eficiência energética de um sistema *open source*, utilizando energia solar para recarga da bateria. O primeiro artigo apresenta um estudo cienciométrico realizado nas bases *ScienceDirect*, *Scielo* e *Scopus*, identificando trabalhos relacionados a etologia e a utilização de sensores para pesquisa. Os avanços tecnológicos refletiram diretamente nas pesquisas por prover sensores, *softwares*, câmeras entre outros recursos o que resultou por exemplo no aumento do número de pesquisas, fornecimento de dados acurados, tratamento e correção de erros. O segundo artigo apresenta o desenvolvimento do sistema, protótipo e testes realizados com sete configurações para análise da eficiência energética no sistema com alimentação por meio de placa fotovoltaica e armazenamento de dados em um cartão de memória microSD conectado em um *data logger*. Energia solar é uma boa opção de energia limpa, renovável para se utilizar em sistemas autônomos. Durante a realização de testes ficou evidente que alguns fatores precisam ser levados em consideração ao decidir sobre sua utilização principalmente a incidência da radiação solar sobre o painel fotovoltaico. A temperatura e clima podem influenciar e interferir na geração de energia. Durante a realização de testes, foi possível identificar recarga da bateria com temperaturas ambiente de 23° ou superior. O sistema é composto por sensores GPS e um multisensor GY-80 10 DOF capazes que captar movimentos e atitudes de animais. Dados de variáveis de ambiente como pressão atmosférica, umidade, luminosidade e temperatura, podem ser obtidos com uma coleta de dados automatizada meio dos sensores existentes no protótipo sendo eles uma fonte confiável de dados de ambiente (ERICSSON *et al.*, 2015), possibilitando uma análise etológica identificando a atitude animal independente do período (diurno e/ou noturno).

Palavras-chave: *Open source*, autônomo, energia solar, sensores.

ABSTRACT

This dissertation was developed within the Postgraduate Program in Natural Resources of the Federal University of Mato Grosso do Sul. The main objective was an analysis of the electric power of an open source system, using solar energy to recharge the battery. The first article presents a scientometric study carried out at the bases ScienceDirect, Scielo and Scopus, identifying works related to ethology and the use of sensors for research. Metabosc Methyloscopy Dispensation in the Research Problems, softwares, softwares, softwares, resources, data types, research and correction of errors. The second article presents the development of the system, the prototype and the tests from the seventh to the analysis of energy efficiency in a system of storage of photovoltaic data and data in a microSD memory card in a data logger. Solar energy is a good choice of clean, renewable energy for use in stand-alone systems. During the tests, there were a number of incidents about the influence of solar radiation on the photovoltaic panel. The temperature and the climate can influence and interfere in the generation of energy. During testing, it was possible to recharge the battery with an ambient temperature of 23 ° or higher. The system consists of GPS sensors and a multi-sensor GY-80 10 DOF machines that can be used in animal attitudes. The data of variables of ambient temperature can be according to the temperature, temperature, luminosity and temperature, and can be collected with an automated data source (ERICSSON et al., 2015), allowing an ethological analysis identifying an independent animal attitude of the period (daytime and / or night).

Keywords: Open source, autonomous, solar energy, sensors.

INTRODUÇÃO GERAL

Esta dissertação foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (PGRN) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), envolveu o uso de sistemas embarcados, utilização de *biologgers* que possibilitam a coleta de dados de geolocalização, atitude animal e sensores que coletam dados de ambiente. Este estudo analisa a viabilidade de eficiência energética com a utilização de um sistema alimentado por uma bateria de lítio recarregável integrado a um painel fotovoltaico.

Estudos etológicos envolvem as mais diversas espécies de animais. Além do uso de sensores, é possível observar a utilização de câmeras (NODA *et al.*, 2013; PASTAMATIIOU *et al.*, 2018), inteligência artificial, algoritmos e *softwares* para prever movimentos, auxiliando e tratando erros de sensores (MEYER *et al.*, 2018; HIRAKAWA *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2018; BROELL *et al.*, 2016). Tais recursos tecnológicos podem auxiliar a obtenção de dados, aumentando assim a quantidade, acuracidade de dados a serem analisados.

No capítulo 1, apresentamos o resultado de uma pesquisa cienciométrica para compreender como os avanços na tecnologia e o surgimento de novos sensores tem sido absorvidos ou aproveitados por pesquisas etológicas. Tal pesquisa foi realizada nas bases científicas *Scopus*, *Scielo* e *ScienceDirect*. A busca teve como base trabalhos etológicos do tipo *open access*, sensores e eficiência energética.

Todo componente eletrônico precisa de energia para se manter ligado e funcionando. Diante disso, no capítulo 2, descrevemos os componentes utilizados para o desenvolvimento do protótipo, processo de prototipação utilizando um *software* apropriado, montagem em bancada e a realização de vários testes. Os resultados foram registrados e poderão ser utilizados para trabalhos futuros relacionados ao consumo de energia em sistemas *open source*. Os testes descritos envolvem sete configurações.

Cienciometria para identificar trabalhos de estudos etológicos com a utilização de sensores de campo

Eder de Souza Rodrigues

Mestrando em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Ivan Bergier Tavares de Lima

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos (1993), Mestrado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1998) e Doutor em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo (2002).

Atualmente é pesquisador em Mudanças Climáticas da Embrapa Pantanal, Corumbá (MS), Brasil.

Antonio Conceição Paranhos Filho

Livre-Docente pela Universidade de São Paulo (USP). Doutor e Mestre em Geologia Ambiental pela UFPR. Professor Titular da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS, Campo Grande (MS), Brasil.

Registros datados de 1899 (BAILEY Jr.,1899) sugerem que naquela época já se desenvolviam estudos etológicos. Nesta pesquisa avaliamos através da cienciometria os trabalhos científicos sobre etologia que integraram a tecnologia para a realização das pesquisas. A utilização de sensores influenciou por exemplo, no aumento do número de pesquisas, dados coletados e a precisão. Ficou evidente a busca pela combinação de mais de um sensor, a utilização de câmeras, *softwares*, inteligência artificial e algoritmos para tratamento de erros ou falhas de sensores.

Palavras chave: cienciometria, etologia, sensores, *hacking*.

Scientometry to identify studies of ethological studies using field sensors

Records dating from 1899 (BAILEY Jr., 1899) produced an era that was already developing ethological studies. This is the research evaluation in the scientific research in the research studies. The use of sensors influenced, for example, the increase in the number of searches, the data collected and the precision. A search for the combination of a sensor, a use of technologies, software, artificial intelligence and algorithms for the treatment of sensor errors or failures was evident.

Keywords: ciencyometry, ethology, sensors, hacking

1 INTRODUÇÃO

Registros apontam que em 1899 estudos já eram realizados com o objetivo de compreender o comportamento animal (etologia) (BAILEY Jr.,1899). David Wood-Gush contribuiu significativamente com seus estudos, tendo como destaque o interesse de estudar em si a biologia do comportamento do animal doméstico (LAWRENCE, 2008). Já estudos posteriores ficaram caracterizados pela preocupação com o bem-estar dos animais. Tal mudança na caracterização das pesquisas teve reflexos na prioridade de financiamento e investigações sobre o bem-estar animal. Estudos etológicos vão além de identificar o comportamento do animal, podem sinalizar o estado fisiológico, por exemplo: se o animal está ou não doente (WANG *et al.*, 2018; FROST *et al.*, 1997).

Considerando o objetivo de estudar o comportamento animal, é preciso tomar cuidado para não alterar ou comprometer a cinética natural do animal o que poderia resultar em alteração das medidas adquiridas. Para uma melhor compreensão do animal é preciso observá-lo em suas condições naturais com o mínimo possível de interferência (GRAHAM *et al.*, 2018). Fatores alheios às condições naturais ou mudanças podem causar alterações no comportamento dos animais, a exemplo de alterações na iluminação que pode impactar no comportamento e em ecossistemas (THOMAS *et al.*, 2016; SOLANO *et al.*, 2018),

interferem no bem-estar e pode apresentar mudanças na produção (LAURSEN *et al.*, 2011).

Trabalhos recentes indicam a utilização de métodos não invasivos em tais pesquisas (STORM *et al.*, 2012; HRISTOV *et al.*, 2015). Neste sentido, estudos apontam o desenvolvimento de protótipos de sensores para subsidiar pesquisas etológicas (KILGOUR *et al.*, 2012).

A cienciometria faz uma avaliação das produções científicas, analisando e apresentando dados numéricos e estatísticos (RAZERA, 2016). Neste trabalho foi realizado um estudo cienciométrico nas bases científicas *Scopus*, *ScienceDirect* e *Scielo*. A cienciometria foi aplicada para identificar trabalhos do tipo *open access* realizados, que envolveram o uso de sensores para pesquisas em campo, especificamente relacionadas a etologia, buscando compreender como tais pesquisas tem feito uso das tecnologias existentes, tipos de sensores utilizados bem como o resultado científico dessa integração entre pesquisas etológicas e tecnologia.

2 Materiais e métodos

As consultas foram realizadas utilizando uma *string* de busca, inicialmente nas bases: *Scopus* (<https://www.scopus.com>), *ScienceDirect* (<https://www.sciencedirect.com/>) e *Scielo* (<http://www.scielo.org/php/index.php>). O *software* Endnote X9 (ENDNOTE, 2018) e uma planilha eletrônica foram utilizados para análise, download dos artigos e criação de gráficos.

A fim de nortear o andamento da pesquisa, foi estabelecido a sequência: 1º a definição e classificação das bases de acordo com palavras, *string*; 2º consulta por trabalhos do tipo *open access*; 3º filtro por palavras e áreas; 4º análise do tema, resumo e texto descartando trabalhos que não seriam relevantes ao objetivo. Para realizar a busca, foi definido os termos principais que caracterizam o trabalho: “etologia, sensores, *power efficiency/energy efficiency*, sensor, *spatial analysis*, *accelerometer* e GPS”. Para obter os resultados, foi realizado uma série de combinações. A primeira busca teve por objetivo identificar se constava algum registro relacionado a “*ethology*” ou “etologia” utilizando a sintaxe (“*ethology*” OR “etologia”). Para o primeiro critério de busca estabelecido, foi possível obter os resultados conforme tabela 01, onde a base da *Scopus* apresentou resultados

relevantes tanto na periodicidade (1899 a 2019) como na quantidade (110.406).

Tabela 1 - Resultado da consulta inicial nas bases científicas *ScienceDirect*, *Scopus* e *Scielo* por etologia (“*ethology*” OR “etologia”)

BASE	ANO INICIAL	ANO FINAL	TOTAL DE TRABALHOS
<i>ScienceDirect</i>	1992	2019	13735
<i>Scopus</i>	1899	2019	110406
<i>Scielo</i>	1985	2018	164

Fonte: Dados da pesquisa

Uma comparação das bases indexadas de *ScienceDirect* e *Scopus*, foi possível identificar que *ScienceDirect* podia ser desconsiderada, tendo em vista que suas 10 (dez) revistas se encontram presente na base da *Scopus*. *Scielo* apresentou 164 trabalhos, iniciando seus registros com data de 1985. Foi realizada uma segunda consulta com uma *string* mais completa “*TITLE-ABS-KEY* ((((“*ETHOLOGY*” OR “*ETOLOGIA*”) OR (“*BEHAVIOUR*”)) AND ((“*ENERGY*” OR “*POWER*”) AND (“*efficiency*”)) OR (“*sensor*”) OR (“*spatial analysis*”) OR (“*acelerometer*”) OR (“*GPS*”)))”, envolvendo as palavras definidas como base e não foi possível obter retorno na base da *Scielo*, apenas na *Scopus*. Com base nos resultados, foi definido o andamento do trabalho na base científica *Scopus*. Os passos de 2 a 4 limitaram a 54 trabalhos. Para análise e tratamento dos dados foi utilizado o *software* Endnote™ e uma planilha eletrônica.

3 Resultado e Discussão

Embora encontramos na base científica artigos sobre etologia entre 1899 e 2019, o período entre 1899 a 1948 teve muita oscilação chegando a ficar 12 (doze) anos (1917-1928) sem que nenhuma publicação científica fosse registrada sobre etologia. Considerando o período de 1949 até o momento, houve uma regularidade, registrando acima de 1000 (mil) artigos a partir de 1989 (Tabela 2). Provavelmente este aumento pode ser explicado nos avanços da tecnologia com o surgimento de novos sensores que possibilitaram coletar dados de um número maior de espécies (BERLINCOURT *et al.*,2015). Ao aplicar a metodologia citada anteriormente para encontrar trabalhos etológicos que envolveram especificamente o uso de sensores, limitamos a 54 trabalhos, no período de 2002 a 2018 conforme pode ser observado no gráfico 1. É possível observar uma oscilação entre os anos de 2002 a 2008. Já

Gráfico 1- Número de trabalhos etológicos envolvendo sensores - por ano



Os 54 trabalhos foram encontrados em 25 revistas científicas, dentre as quais a revista *PlosOne* apresentou o maior número de trabalhos (20 – 37,03%). Vinte revistas apresentaram apenas 1 (um) trabalho (Gráfico 2). As revistas *Sensors* (HANDCOCK *et al.*, 2009) e *Marine Ecology Progress Series* (WILSON *et al.*, 2002) tiveram 1 trabalho cada uma, porém são as que receberam o maior número de citações, 130 e 120 respectivamente. Handcock *et al.* (2009) fizeram uso de uma tecnologia proprietária que capturava dados de GPS, imagens de satélite e utilizava comunicação via rádio frequência para monitorar o comportamento de gado na Austrália. Seu objetivo era justamente a combinação de tais recursos para o monitoramento do comportamento animal. O trabalho de Wilson *et al.* (2002), abrangendo o período de 1987 a 1999 envolveu o estudo de aves marinhas e tinha por objetivo examinar como elas podem ser usadas para estudar variáveis ambientais. Para isso, fez uso de sensores de luz, temperatura e GPS realizando a telemetria dos dados estudando 14 tipos de aves em 10 localidades. Os trabalhos envolvem 11 (onze) áreas, com destaque a ciências agrárias e biológicas com 42 trabalhos (38,2%) (Gráfico 3) (ROETMAN *et al.*, 2018; WIJERS *et al.*, 2018; LIECHTI *et al.*, 2018; HIRAKAWA *et al.*, 2018; FØRE *et al.*, 2018; PÜTZ *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2018; CAMPOS *et al.*, 2018; MORATO *et al.*, 2018; DUJON *et al.*, 2018; BOMBARA *et al.*, 2017; HERNÁNDEZ-PLIEGO *et al.*, 2017; KRÖSCHEL *et al.*, 2017; BEER *et al.*, 2016; BROELL *et al.*, 2016; ERICSSON *et al.*, 2015; WILSON *et al.*, 2015; BERLINCOURT *et al.*, 2015; OKUYAMA *et al.*, 2015; LESMERISES *et al.*, 2015; DE WEERD *et al.*, 2015; BATTAILE *et al.*, 2015; HOMBURGER *et al.*, 2015; ODDEN *et al.*, 2014; ENSING *et al.*, 2014; KAWABATA *et al.*, 2014; EWALD *et al.*, 2014; NODA *et al.*, 2013;

BLASER *et al.*, 2013; POSTLETHWAITE *et al.*, 2013; RODRÍGUEZ *et al.*, 2012; GIROUX *et al.*, 2012; KRIEGER *et al.*, 2012; SHAMOUN-BARANES *et al.*, 2012; QUAGLIETTA *et al.*, 2012; RECIO *et al.*, 2011; LAPORTE *et al.*, 2010; DAL BOSCO *et al.*, 2010; HOLLAND *et al.*, 2009; GAGLIARDO *et al.*, 2007; ROSE *et al.*, 2005; WILSON *et al.*, 2002).

Gráfico 2 - Número de trabalhos publicados por revista

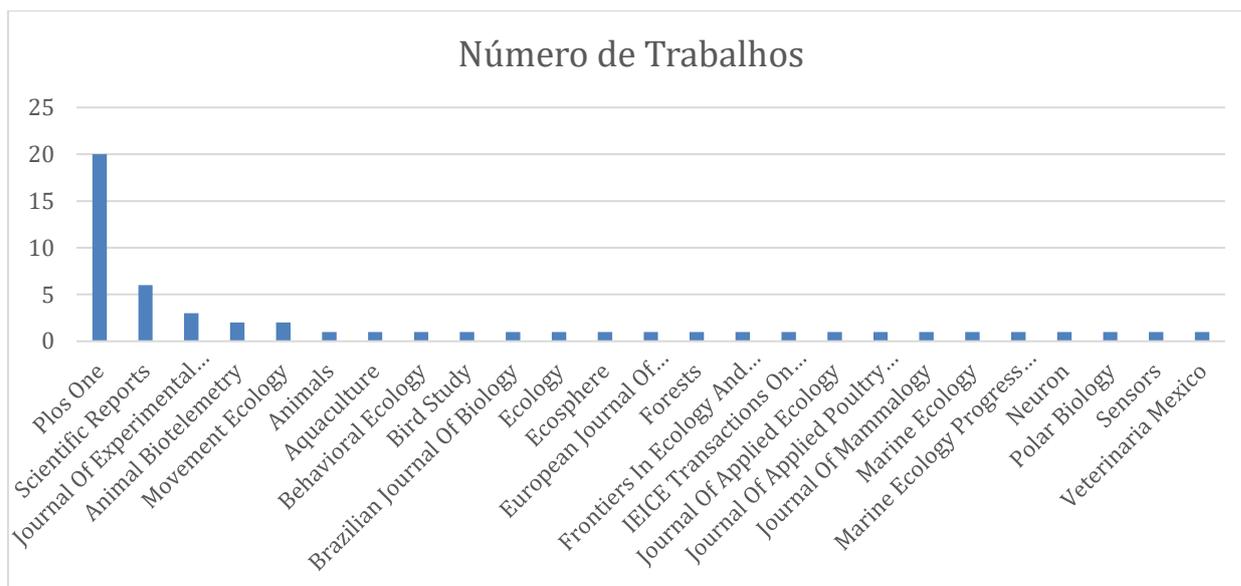
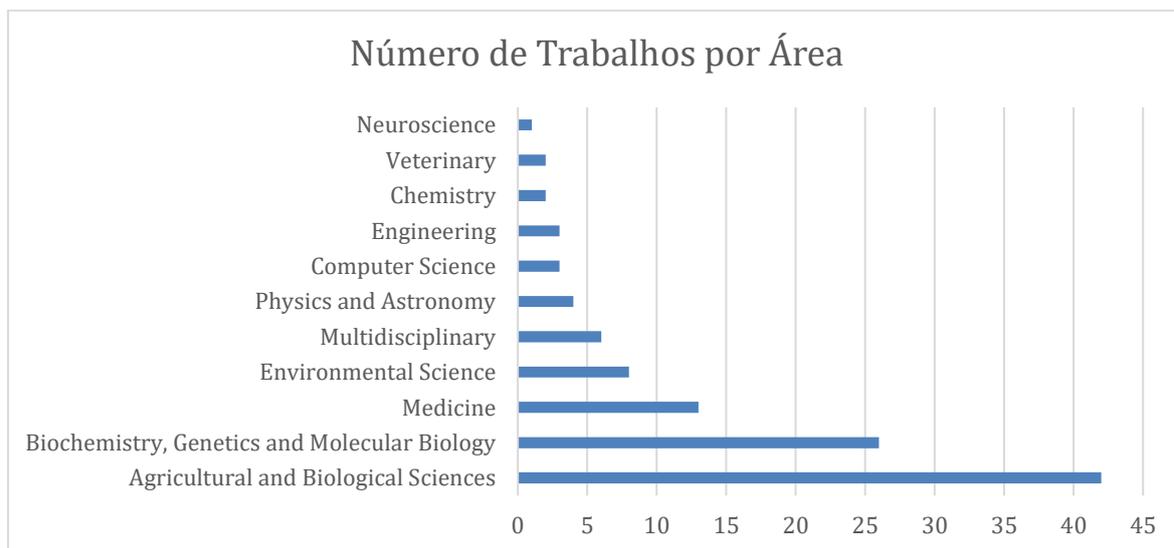


Gráfico 3 - Número de trabalhos por área



Os trabalhos envolveram 11 tipos de animais, sendo eles: 7 (sete) (12,96%) sobre bovinos (WANG *et al.*, 2018; LOMILLOS PÉREZ *et al.* 2017; BEER *et al.*, 2016; DE WEERD *et al.* 2016; HOMBURGER *et al.*, 2015; LAPORTE *et al.* 2010; HANDCOCK *et al.*, 2009); 7 (sete) (12,6%) trabalhos sobre peixes

(PAPASTAMATIOU *et al.*, 2018; FØRE *et al.*, 2018; SHIRAI *et al.*, 2018, BROELL *et al.* 2016; WILSON *et al.*, 2015; KAWABATA *et al.*, 2014; NODA *et al.*, 2013), 16 trabalhos (29,62%) sobre aves (RODRIGUEZ *et al.*, 2012; BAERT *et al.*, 2018; DOKTER *et al.*, 2018; LIECHTI *et al.*, 2018; HIRAKAWA *et al.*, 2018; PÜTZ *et al.*, 2014; CAMPOS *et al.*, 2018; HERNÁNDEZ-PLIEGO *et al.*, 2017; BERLINCOURT *et al.*, 2015; BLASER *et al.*, 2013; SHAMOUN-BARANES *et al.*, 2012; DAL BOSCO *et al.*, 2010; GAGLIARDO *et al.*, 2007; ROSE *et al.*, 2005; WILSON *et al.*, 2002), 1 trabalho (1,85%) envolvendo cordeiro (EWALD *et al.*, 2014), 2 (3,70%) sobre ursos (LONE *et al.*, 2018; LESMERISES *et al.*, 2015), 2 (3,70%) envolvendo gatos (ROETMAN *et al.*, 2018; RECIO *et al.*, 2011), 3 (5,55%) sobre veados (KRÖSCHEL *et al.*, 2017; ENSING *et al.*, 2014; GIROUX *et al.*, 2012), tartarugas (2 – 3,70%) (DUJON *et al.*, 2018; OKUYAMA *et al.*, 2016), morcegos (2 – 3,70%) (GILES *et al.*, 2018; HOLLAND *et al.*, 2009) leões (1 – 1,85%) (WIJERS *et al.*, 2018) onça (MORATO *et al.*, 2018) focas (2 – 3,70%) (HAMILTON *et al.*, 2018; LOMILLOS *et al.*, 2017) macaco (1 – 1,85%) (FANG *et al.*, 2018) ratos (1 – 1,85%) (MEYER *et al.*, 2018) suínos (1 – 1,85%) (TRAULSEN *et al.*, 2018) cães (1 – 1,85%) (BOMBARA *et al.*, 2017) alces (1 – 1,85%) (ERICSSON *et al.*, 2015), leopardo (1 – 1,85%) (ODDEN *et al.*, 2014) gambás (1 – 1,85%) (POSTLEWAITE *et al.*, 2013) caranguejo (1 – 1,85%) (KRIEGER *et al.*, 2012) e lontra (1 – 1,85%) (QUAGLIETTA *et al.*, 2012).

Ficou evidente nos trabalhos a maior preocupação em identificar o deslocamento espacial dos animais, caracterizado pela utilização do sensor GPS, presente em 39 dos trabalhos relacionados. Outros sensores e dispositivos foram utilizados nas pesquisas: câmeras (PAPASTAMATIOU *et al.*, 2018; FANG *et al.*, 2018; MEYER *et al.*, 2018) tem sido utilizadas mais recentemente, uma tendência apontada por Rodríguez *et al.*, (2012), sendo classificados como vídeo de origem animal e sistemas de coleta de dados ambientais (AVEDs); aeronaves não tripuladas com câmeras filmadoras acopladas (RODRÍGUEZ *et al.*, 2012), acelerômetro, magnetômetro, giroscópio, e temperatura são outros sensores utilizados. Além da combinação de biosensores tem-se buscado a integração com estações meteorológicas para se obter dados de variações climáticas (HERNÁNDEZ-PLIEGO *et al.*, 2017; BERLINCOURT *et al.*, 2015), porém Ericsson *et al.*, (2015) indica que se os sensores de ambiente estiverem em um colar no

animal, pode-se obter dados mais precisos o que possibilitaria ainda estudar a ecologia animal e fisiologia.

A energia da bateria é um dos fatores que limitam os estudos (RODRÍGUEZ *et al.*, 2012), por isso, é possível observar nos trabalhos vários métodos adotados para otimizar o consumo da bateria. Diferentes combinações foram realizadas na taxa de aquisição e gravação de dados e para otimizar o consumo de energia nos equipamentos (LIECHTI *et al.*, 2018; HIRAKAWA *et al.*, 2018; WILSON *et al.*, 2015). Quaglietta *et al.* (2012) ao utilizar uma tecnologia proprietária para monitorar focas, com uma bateria de 2500mAh, atingiu 42 dias com 4 leituras por dia. Para coletar dados por um período maior, alguns estudos utilizaram taxas de leitura diferentes para cada sensor e para a gravação de dados (WIJERS *et al.*, 2018; Føre *et al.*, 2018). Handcock *et al.*, (2018) alerta que é preciso que a localização GPS seja enviada pelo menos uma vez a cada dez segundos, para que não gere erros. Os sensores podem apresentar algum tipo de falha, deixar de registrar dados (GILES *et al.*, 2018), envio intermitente de dados (LONE *et al.*, 2018), não funcionar como esperado (WIJERS *et al.*, 2018), dispositivos que se perdem durante a pesquisa (LIECHTI *et al.*, 2018), problemas foram encontrados aos se realizar testes com animais submersos (QUAGLIETTA *et al.*, 2012), em outro caso dados de filhotes e mais de 10% de falta de posições tiveram que ser excluídos (EWALD *et al.*, 2014).

Diante das falhas no uso de sensores, algumas maneiras adotadas para reduzir e tratar falhas está no uso de *software* (DE WEERD *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2018), inteligência artificial para prever o movimento dos animais preenchendo assim lacunas (HIRAKAWA *et al.*, 2018).

O desenvolvimento de sensores, integrados com estudos etológicos proporcionam a coleta de dados cada vez maior (MORATO *et al.*, 2018; FROST *et al.*, 1997). O uso de *biologgers* tem impulsionado tais estudos por possibilitar aquisição de dados mais detalhados, biotelemetria, permitir a observação de um número maior de indivíduos, maximizar taxas de recuperação de dados e minimizar o impacto nos objetos de estudo (DUDA *et al.*, 2018; KRÖSCHEL *et al.*, 2017), além de causar a mínima interferência na rotina dos animais, possibilitando uma aquisição de dados mais precisa das atitudes em condições naturais.

4 Conclusão

Os avanços na tecnologia têm um efeito direto nas pesquisas, por fornecerem sensores, técnicas e recursos de *software*. Encontramos trabalhos que se basearam em dados de um único sensor, como GPS ou acelerômetro para identificar dados de deslocamento, ou ainda combinação de *biosensores*, sensores que fornecem informações das atitudes animal, integrados à utilização de câmeras para filmagem, estando elas acopladas em animais ou realizando as gravações remotamente (AVEDs), ainda em aeronaves não tripuladas. Quanto maior o número de sensores utilizados, maior o número de dados o que resulta em estudos mais precisos. A integração de recursos se estende ao uso de *softwares* que auxiliem no tratamento dos dados e técnicas de inteligência artificial para tratamento e correção de erros em situações onde os sensores deixam de fazer a leitura. A preocupação com autonomia da bateria, fez com que vários testes fossem realizados. Com o objetivo de proporcionar tal autonomia, os trabalhos apresentam alterações nas taxas de leitura e gravação de dados e ainda taxas diferentes para cada sensor. Os avanços tecnológicos têm impulsionado as pesquisas o que se reflete no número de trabalhos publicados, claramente observado em 1989 ao se ultrapassar o número de 1000 (mil) trabalhos publicados; por fornecer sensores e outros recursos que coletam e tratam os dados de maneira automatizada, precisa, acurada e em maior número.

5 Referências

- BAERT, J. M. et al. High-resolution GPS tracking reveals sex differences in migratory behaviour and stopover habitat use in the Lesser Black-backed Gull *Larus fuscus*. *Scientific Reports. Nature*. v. 8, n. 5391, 2018.
- BAILEY JR., T.P. Ethological Psychology. *Psychological Review*. v. 6, p. 649-651, 1899.
- BATTAILE, B.C., SAKAMOTO, K.Q., NORDSTROM, C.A., ROSEN, D.A.S., TRITES, A.W. Accelerometers identify new behaviors and show little difference in the activity budgets of lactating northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) between breeding islands and foraging habitats in the eastern Bering Sea. *PlosOne*. v.10, n. e0118761, 2015.
- BEER, G. et al. Use of extended characteristics of locomotion and feeding behavior for automated identification of lame dairy cows. *PlosOne*. v. 11, n. 0155796, 2016.

- BERLINCOURT, M.; ANGEL, L. P.; ARNOULD, J. P. Y. Combined Use of GPS and Accelerometry Reveals Fine Scale Three-Dimensional Foraging Behaviour in the Short-Tailed Shearwater. *PLoS ONE* 10(10): e0139351. doi:10.1371/journal.pone.0139351, 2015.
- BLASER, N. et al. Altered Orientation and Flight Paths of Pigeons Reared on Gravity Anomalies: A GPS Tracking Study. *PlosOne*. v. 8, n. e77102, 2013.
- BROELL, F., BURNELL, C., TAGGART, C.T. Measuring abnormal movements in free-swimming fish with accelerometers: Implications for quantifying tag and parasite load. *Journal of Experimental Biology*. v. 219, p. 695-705, 2016.
- CAMPOS, L.F.A.S. Foraging behavior and at-sea distribution of white-tailed tropicbirds in tropical ocean. *Brazilian Journal of Biology*. v.78, n. S1519-69842018000300556, p. 556-563, 2018.
- DAL BOSCO, A. et al. Assessment of a global positioning system to evaluate activities of organic chickens at pasture. *Journal of Applied Poultry Research*. v. 19, p. 213-218, 2010.
- DE WEERD, N. et al. Deriving animal behaviour from high-frequency GPS: Tracking cows in open and forested habitat. *PlosOne*. v. 10, n. e0129030, 2015.
- DOKTER, A. M. et al. Agricultural pastures challenge the attractiveness of natural saltmarsh for a migratory goose. *Journal of Applied Ecology*. v. 55, p. 2707-2718, 2018.
- DUDA, N. et al. BATS: Adaptive Ultra Low Power Sensor Network for Animal Tracking. *Sensors*. v. 18, p.
- DUJON, A.M. et al. Complex movement patterns by foraging loggerhead sea turtles outside the breeding season identified using Argos-linked Fastloc-Global Positioning System. *Marine Ecology*. v. 39, n. e12489, 2018
- ENSING, E.P. et al. GPS based daily activity patterns in european red deer and North American elk (*Cervus elaphus*): Indication for a weak circadian clock in ungulates. *PlosOne*. v. 9, n. e106997, 2014
- ERICSSON, G. et al. Offset between GPS collar-recorded temperature in moose and ambient weather station data. *European Journal of Wildlife Research*. v. 61, p. 919-922, 2015.

- EWALD, M. et al. LiDAR remote sensing of forest structure and GPS telemetry data provide insights on winter habitat selection of european roe deer. *Forests*. v. 5, p. 1374-1390, 2014.
- FANG, G. et al. Preliminary report on Sichuan golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana roxellana*) at Laohegou Nature Reserve, Sichuan, China. *Scientific Reports*. v. 8, n. 16183, 2018.
- FØRE, M. et al. Using acoustic telemetry to monitor the effects of crowding and delousing procedures on farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. Elsevier. v. 459, p. 757-765, 2018.
- FROST, A. R. et al. A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Computer and Eletronics in Agriculture*, v. 17, p. 139-159, 1997.
- GAGLIARDO, A. et al. Finding home: The final step of the pigeons' homing process studied with a GPS data logger. *Journal of Experimental Biology*. v. 210, p. 1132-1138, 2007.
- GILES, J.R. et al. Environmental drivers of spatiotemporal foraging intensity in fruit bats and implications for Hendra virus ecology. *Scientific Reports*. v. 8, n. 9555, 2018.
- GIROUX, M.-A. et al. A New Way of Assessing Foraging Behaviour at the Individual Level Using Faeces Marking and Satellite Telemetry. *PlosOne*. v. 7, e49719, 2012.
- GRAHAM, C., KEYSERLINGK, A.G.V., FRANKS, B. Zebrafish welfare: natural history, social motivation and behaviour. *Applied Animal behaviour Science*. v. 200, p. 13-22, 2018.
- HANDCOCK, R.N. et al. Monitoring animal behaviour and environmental interactions using wireless sensor networks, GPS collars and satellite remote sensing. *Sensors*. v. 9, n. 5, p. 3586 – 3603, 2009.
- PAPASTAMATIOU, Y.P., IOSILEVSKII, G. et al. Optimal swimming strategies and behavioral plasticity of oceanic whitetip sharks. *Scientific Reports*. Nature. v. 8, n. 551, 2018.
- HERNÁNDEZ-PLIEGO, J. et al. Combined use of tri-Axial accelerometers and GPS reveals the fiexible foraging strategy of a bird in relation to weather conditions. *PlosOne*. v. 12, n. e0177892, 2017.
- HIRAKAWA, T. et al. Can AI predict animal movements? Filling gaps in animal trajectories using inverse reinforcement learning. *Ecosphere*. v. 9, n. e02447, 2018.

- HOLLAND, R.A., WIKELSKI, M. Studying the migratory behavior of individual bats: Current techniques and future directions. *Journal of Mammalogy*. V. 90, p. 1324-1329.
- HOMBURGER, H. et al. Patterns of livestock activity on heterogeneous subalpine pastures reveal distinct responses to spatial autocorrelation, environment and management. *Movement Ecology*. v. 3, n. 35, 2015
- HRISTOV, A.N. et al. The Use of an Automated System (GreenFeed) to Monitor Enteric Methane and Carbon Dioxide Emissions from Ruminant Animals. *Journal of Visualized Experiments*, v. 103, p. 1-8, 2015. DOI: doi:10.3791/52904
- KAWABATA, Y. et al. Use of a gyroscope/accelerometer data logger to identify alternative feeding behaviours in fish. *Journal of Experimental Biology*. v. 217, p. 3204-3208, 2014.
- KAWABATA, Y. et al. Use of a gyroscope/accelerometer data logger to identify alternative feeding behaviours in fish. *Journal of Experimental Biology*, v. 217, n. 18, p. 3204 – 3208, 2014
- KILGOUR, R. J. et al. The behaviour of beef cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 138, p. 12-17, 2012.
- KRÖSCHEL, M. et al. Remote monitoring of vigilance behavior in large herbivores using acceleration data. *Animal Biotelemetry*. v.5, n.10, 2017.
- LAPORTE, I. et al. Effects of wolves on elk and cattle behaviors: Implications for livestock production and wolf conservation. *PlosOne*. v. 5, n. e11954, 2010.
- LAURSEN, D.C. et al. Behavioural responses to hypoxia provide a non-invasive method for distinguishing between stress coping styles in fish. *Applied Animal behaviour Science*. v. 132, p. 211-216, 2011
- LAWRENCE, A.B. Applied animal behaviour Science: Past, presente and future prospects. *Applied Animal behaviour Science*. v. 115, p.1-24, 2008.
- LESMERISES, R. et al. Linking GPS telemetry surveys and scat analyses helps explain variability in black bear foraging strategies. *PlosOne*. v. 10, n. e0129857, 2015.
- LIECHTI, F. et al. Miniaturized multi-sensor loggers provide new insight into year-round flight behaviour of small trans-Sahara avian migrants. *Movement Ecology*. v.6, n. 19, 2018.

- LOMILLOS PÉREZ, J.M. et al. Monitoring lidia cattle with GPS-GPRS technology; a study on grazing behaviour and spatial distribution. *Veterinária México*. v. 4, n. 4, p. 17, 2017.
- LONE, K. et al. Aquatic behaviour of polar bears (*Ursus maritimus*) in an increasingly ice-free Arctic. *Scientific Reports*. v. 8, n. 9677, 2018.
- MARINAKIS, V., DOUKAS, H. An advanced IoT-based system for intelligent energy management in buildings. *Sensors (Switzerland)*. v. 18, n. 2, 2018.
- MEYER, A.F. et al. A Head-Mounted Camera System Integrates Detailed Behavioral Monitoring with Multichannel Electrophysiology in Freely Moving Mice. *Neuron*. V.100, p. 46-60, 2018.
- MORATO, R.G. et al. Jaguar movement database: a GPS-based movement dataset of an apex predator in the Neotropics. *Ecology*. v.99, p. 1691, 2018.
- NODA, T. et al. Monitoring escape and feeding behaviours of cruiser fish by inertial and magnetic sensors. *PLoS ONE*, v. 8, n. e79392, 2013.
- OKUYAMA, J. et al. Application of a computer vision technique to animal-borne video data: Extraction of head movement to understand sea turtles' visual assessment of surroundings. *Animal Biotelemetry*, Vol. 3, nº 35, 2015.
- PÜTZ, K. et al. Plasticity in the foraging behavior of male Southern Rockhopper Penguins (*Eudyptes chrysocome*) during incubation in the Falkland/Malvinas Islands. *Polar Biology*. v. 41, p. 1801-1814, 2018.
- QUAGLIETTA, L. et al. A low-cost GPS GSM/GPRS telemetry system: Performance in stationary field tests and preliminary data on wild otters (*Lutra lutra*). *PlosOne*. v. 7, n. e29235, 2012
- RAZERA, J. C. C. Contribuições da cienciometria para a área brasileira de Educação em Ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 22, n. 3, p. 557 – 560, 2016.
- RECIO, M.R. et al. Lightweight GPS-tags, one giant leap for wildlife tracking? an assessment approach. *PlosOne*. v. 6, n. e28225, 2011.
- RODRÍGUEZ, A. et al. The Eye in the Sky: Combined Use of Unmanned Aerial Systems and GPS Data Loggers for Ecological Research and Conservation of Small Birds. *PlosOne*. v. 7, n. e50336, 2012.
- ROETMAN, P., TINDLE, H., LITCHFIELD, C. Management of pet cats: The impact of the cat tracker citizen science project in South Australia. *Animals*. v. 8, n. 190, 2018.

- ROSE, E., NAGEL, P., HAAG-WACKERNAGEL, D. Suitability of using the global positioning system (GPS) for studying Feral Pigeons *Columba livia* in the urban habitat. *Bird Study*. v. 52, p. 145-152, 2005.
- SHAMOON-BARANES, J. et al. From sensor data to animal behaviour: An oystercatcher example. *PlosOne*. v.7, n. e37997, 2012
- SHIRAI, Y. et al. Incremental environmental monitoring for revealing the ecology of endangered fish. *IEICE Transactions on Communications*. v. E101B, n. 10, p. 2070-2082, 2018.
- SOLANO, J. et al. Location of supplementary feed and water troughs on the swards affects movement and spatial distribution of Brahman cattle (*Bos indicus*). *Applied animal Behaviour Science*. v.208. p. 1-6, 2018
- STORM, I. M. L. D. et al. Methods for Measuring and Estimating Methane Emission from Ruminants. *Animals*, 2012. doi: 10.3390/ani2020160
- THOMAS, J.R. et al. The impact of streetlights on an aquatic invasive species: Artificial light at night alters signal crayfish behaviour. *Applied animal behaviour Science*. v. 176. p. 143 – 149, 2016.
- WANG, J. et al. Development and validation of an ensemble classifier for real-time recognition of cow behavior patterns from accelerometer data and location data. *PlosOne*. v. 13, n. e0203546, 2018.
- WIJERS, M. et al. Listening to Lions: Animal-borne acoustic sensors improve bio-logger calibration and behaviour classification performance. *Frontiers in Ecology and Evolution*. v. 6, n. 171, 2018.
- WILSON, A. D. M. et al. Integrating network analysis, sensor tags, and observation to understand shark ecology and behavior. *Behavioral Ecology*. *ISBE*. v. 26, p. 1577-1586, 2015.
- WILSON, R. P. et al. Remote-sensing systems and seabirds: their use, abuse and potential for measuring marine environmental variables. *Marine Ecology Progress Series*. v. 228, p. 241-261, 2002.
- HAMILTON, C.D., KOVACS, K.M., LYDERSEN, C. Individual variability in diving, movement and activity patterns of adult bearded seals in Svalbard, Norway. *Scientific Reports*. v.8, n. 16988, 2018.
- TRAULSEN, I. et al. Using acceleration data to automatically detect the onset of farrowing in sows. *Sensors*. v.18, n. 170, 2018.

BOMBARA, C. B. et al. A preliminary study to estimate contact rates between free-roaming domestic dogs using novel miniature cameras. *PlosOne*. v.12, n. e0181859, 2017.

ODDEN, M. et al. Adaptable neighbours: Movement patterns of GPS-collared leopards in human dominated landscapes in India. *PlosOne*. v.9, n. 0112044, 2014.

POSTLETHWAITE, C.M., DENNIS, T.E. Effects of Temporal Resolution on an Inferential Model of Animal Movement. *PlosOne*, v.8, n. e57640, 2013.

KRIEGER, J. et al. Giant Robber Crabs Monitored from Space: GPS-Based Telemetric Studies on Christmas Island (Indian Ocean). *PlosOne*. v.7, n. e49809, 2012.

ROSE, E. et al. Suitability of using the global positioning system (GPS) for studying Feral Pigeons *Columba livia* in the urban habitat. *Bird Study*. v.52, p. 145-152, 2005.

ENDNOTE X9. Disponível em: <https://endnote.com/> acesso em 2018

Teste de eficiência energética em bancada de sistemas de monitoramento de movimentação de bovinos

Resumo: A possibilidade de soluções tecnológicas *open source* tem se tornado cada vez mais comum para a realização de pesquisas em campo. Entretanto, algo que preocupa é a autonomia energética dos equipamentos. Neste contexto, este trabalho teve por finalidade avaliar a eficiência energética de sistemas de monitoramento ambiental e de movimento a partir de testes realizados em bancada. Para isso, foram avaliadas diferentes combinações de taxas de aquisição de dados e de sensores de variáveis ambientais (luminosidade, umidade, temperatura e pressão atmosférica), de geolocalização (GPS), e de atitude (GY80-10 DOF – magnetômetro, giroscópio, acelerômetro) para estudar o consumo de energia e a recarga de baterias por célula fotovoltaica. Os maiores registros de carga da bateria foram realizados na configuração 6 (Arduíno FIO + *Fuel Gauge* + *Power Cell* + Bateria + GY80 + *Data logger* LCV125A + microSD 16Gb + RHT03 + LM393 + Painel Fotovoltaico), partindo de 74,05% chegando a 96,86%, uma diferença de 22,81% com temperaturas de ambiente que variaram de 29°C a 38°C. Os dados de temperatura do sensor foram comparados com leituras térmicas do painel fotovoltaico realizadas com uma câmera FLYR TG165. Temperatura ambiente, temperatura no painel solar não determinam a geração de energia. Temperaturas entre 20° e 23° causaram apenas estabilidade nos valores de percentual de carga da bateria e tensão. Testes realizados com o GPS, mostraram que configurado com taxas superiores a 500 milissegundos podem gerar erros, perdendo comunicação com o satélite. Quando necessário a reinicialização, o GPS chegou a atingir 2 minutos para atualizar os dados de latitude, longitude, data e hora.

Palavras-chave: Arduino; Etologia, Banco de Dados; *Hacking*; Monitoramento; Telemetria

1. Introdução

Estudar o comportamento animal (Etologia) pode auxiliar, por exemplo, a medir o impacto do manejo da paisagem e indicar estratégias de conservação dos recursos naturais e de gestão de ecossistemas e agroecossistemas (GREGGOR *et al.*, 2016; TUCKER *et al.*, 2018). Trabalhos recentes que envolvem animais apontam a necessidade de buscar métodos não invasivos para a realização de pesquisas etológicas (STORM *et al.*, 2012; HRISTOV *et al.*, 2015). Coletar as informações relacionadas ao comportamento animal não é tarefa trivial, sendo preciso tomar todo o cuidado para não alterar ou comprometer a cinética natural do animal, buscando o mínimo de interferência em seu comportamento e nas medidas adquiridas. Neste sentido, uma variedade de estudos indica o desenvolvimento de protótipos de sensores para subsidiar pesquisas etológicas (KILGOUR *et al.*, 2012).

O estudo do comportamento animal não é uma novidade e no decorrer do tempo pesquisadores passaram a utilizar novos recursos tecnológicos que auxiliam o monitoramento através de sensores. Watanabe *et al.* (2005) fez uso de sensores presos ao pescoço de um felino para registrar em *data loggers* (com cartão de memória não-volátil, usualmente microSD) dados de pressão, temperatura e aceleração. Em paralelo ao uso dos sensores, Watanabe *et al.* (2005) utilizou uma câmera que registrava imagens durante 113 minutos para relacioná-las aos registros dos sensores ambientais.

O uso de *data loggers* e sensores, como acelerômetros tridimensionais, tem possibilitado a coleta automática de informações sobre a aceleração e a inclinação do pescoço de felinos e de outros animais (KILGOUR *et al.*, 2012; MARTISKAINEN *et al.*, 2009; MOREAU *et al.*, 2009; WATANABE *et al.*, 2005). Por exemplo, MARTISKAINEN *et al.*, (2009) fez uso de um acelerômetro tridimensional para registrar a aceleração do pescoço em vacas leiteiras. Foram, então, reconhecidos padrões de comportamento a partir de medições realizadas 1 (uma) vez por segundo (ou 1 Hertz = 1 Hz). Neste caso, os dados eram enviados por uma rede de rádio, sem fio (telemetria), para um computador.

Gutierrez-Galan *et al.* (2018) fez uso de três sensores (acelerômetro, giroscópio e magnetômetro) para identificar padrões em comportamento de cavalos. O sistema era alimentado por quatro pilhas AAA (1,5 V, 1155 mAh cada) e era capaz de telemetria de dados por módulos Xbee (<https://www.digikey.com>).

Neste protótipo foi instalado preventivamente um *data logger* com cartão de memória microSD em caso de falha do sistema de telemetria (GUTIERREZ-GALAN *et al.*, 2018).

Em suma, o monitoramento do comportamento animal requer um sistema adaptável às condições de *habitat* do animal avaliado, de sensores de alta eficiência energética, seguro na aquisição de dados, e suficientemente leve para não interferir na dinâmica natural do animal. Para obter informações precisas sobre a atitude de animais, Lomba (2015) combinou dados de mais de um sensor. Para isso, criou um sistema com sensores GPS (*Global Positioning System*), acelerômetro, magnetômetro e giroscópio. Os dados eram armazenados em *data logger onboard* (embarcado). Há outros exemplos de sistemas sensores aplicados em pesquisas ligadas a contagem de cardume de peixes ornamentais (HERNÁNDEZ-ONTIVEROS *et al.*, 2018), ao monitoramento do processo de secagem de uvas (KARIMI *et al.*, 2018), entre outras aplicações de *hacking* baseadas em iniciativas *open source* (<https://opensource.org/>) (DENIZ *et al.*, 2017; FUENTES *et al.*, 2014).

Tecnologias proprietárias normalmente são caras, pouco flexíveis às necessidades de 'customização' para pesquisa e apresentam incompatibilidade com outros sistemas (OLIVEIRA, 2013). O *hacking*, portanto, permite a customização de soluções tecnológicas, como exemplo o trabalho desenvolvido por Jesus (2014) com sensores *open source* para criar um protótipo de baixo custo e flexível para monitoramento do comportamento de bovinos. Observa-se, assim, as vantagens e o aumento da adoção de soluções *open source* nos últimos anos pela flexibilidade de conectar e integrar diferentes componentes eletrônicos.

Uma das maiores limitações do sucesso de dispositivos *hacking* é o consumo de energia. Sistemas autônomos de monitoramento ambiental são bem-sucedidos quando superam essas limitações (BELLEVILLE *et al.*, 2010). Diante dessa preocupação, uma rede *mesh-grid* de sensores (FALUDI, 2011) pode ser projetada visando maior economia de energia. Nessa topologia, um módulo coordenador envia mensagens (*beacon*) para sinalizar aos nós da rede *mesh* um *start* para a transmissão de dados. Esse modelo se aplica bem a equipamentos de baixa potência (RAULT *et al.*, 2014).

A otimização do consumo de energia pode ser atingida através de sistemas capazes de operar em modo *standby* (HERRASTI *et al.*, 2016), com intervalos reguláveis de leitura/gravação e/ou transmissão telemétrica de dados dos sensores (GUTIERREZ-GALAN *et al.*, 2018; LOMBA, 2015). Uma alternativa, adotada em ovelhas, é a geração e análise do potencial da conversão da energia cinética resultante da movimentação do pescoço do animal em energia elétrica para alimentação de sensores embarcados no animal. Com essa tecnologia, é possível obter uma potência média de 214 ± 25 mW por segundo o que seria suficiente para manter uma rede ativa de sensores embarcados nos animais, onde cada nó da rede demandaria uma potência média de 117,8 mW por segundo (NADIMI *et al.*, 2011).

Devido aos avanços tecnológicos, os módulos de rede mais recentes podem fazer a transferência de energia, permitindo o carregamento por meio de radiação eletromagnética (EM) ou acoplamento ressonante magnético. A conversão de energia ambiente (solar, eólica e cinética) tem sido utilizada em sistemas *open source* (RAULT *et al.*, 2014). A energia solar em sistemas fotovoltaicos tem sido muito adotada para recarregar baterias, mantendo o sistema autônomo e em funcionamento contínuo (IBRAHIM *et al.*, 2017).

Considerando o exposto anteriormente, neste trabalho foi realizado testes em bancada de configurações de um sistema *hack open source* com sensores acelerômetro, giroscópio, magnetômetro, barômetro, luminosidade, umidade e temperatura para analisar o consumo real da carga da bateria, utilização do painel fotovoltaico para alimentação do sistema e recarga da bateria, buscando encontrar a melhor solução de combinação de ajuste (*setup*) para garantir a autonomia e eficiência energética desse sistema em operação contínua no campo.

Este trabalho está organizado da seguinte forma. Na próxima seção serão apresentados os objetivos gerais e específicos ao desenvolvimento do trabalho; na seção **3** serão descritos os componentes utilizados no estudo de bancada, bem como as suas especificações técnicas; na seção **4** é apresentada a metodologia de trabalho para a realização dos testes e obtenção de dados e resultados; na seção **5** é apresentado resultados; na seção **6** são apresentadas as referências bibliográficas.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo a análise da eficiência energética de um sistema *hack open source* de sensores de baixo custo para a customização de pesquisas etológicas e/ou ambientais.

2.1. Objetivos específicos:

Os objetivos específicos do trabalho são:

1. Integrar sistemas *hack open source* em bancada para testes e aquisição de dados de consumo e recarga de bateria com e sem energia fotovoltaica.
2. Estudar a dinâmica de consumo e de recarga da bateria com diferentes combinações de sensores (ambiental, geolocalização, atitude), dispositivos de controle de energia e ajustes de taxas de registro de dados.
3. Identificar modelos de integração e de ajustes de taxas de registro de dados mais eficientes do ponto de vista energético e da aplicação (ambiental, geolocalização e/ou atitude).
4. Sugerir um modelo preliminar de *hack open source* para estudos etológicos de bovinos.

3. Materiais

Os materiais utilizados neste projeto envolvem sensores que possibilitam a detecção de movimentos, luminosidade, pressão, temperatura e umidade. Outros dispositivos estão relacionados à gestão de energia e armazenamento de dados em *data logger*, bem como a placa controladora (Arduino, <https://www.arduino.cc>). Com exceção dos itens GY-80 10 DOF, do *data logger* e da bateria, os componentes utilizados nesta pesquisa foram adquiridos e disponibilizados através do projeto CNPq/REPENSA (Redes Nacionais de Pesquisa em Agrobiodiversidade e Sustentabilidade Agropecuária), Projeto número 562441/2010-7, "*Estruturação de rede de monitoramento e base compartilhada de dados de sistemas de produção integrada e intensiva sustentável (suinocultura-agrosilvipastoril) em assentamento de reforma agrária visando balanços favoráveis de água, energia e nutrientes*".

3.1. Tabela de custos

A Tabela de custos abaixo em dólar foi elaborada com base nas cotações dos links supracitados para uma taxa de câmbio de 17/12/2018.

Componente eletrônico	Valor \$
GY-80 10 DOF	26,65
Datalogger LVC125A	1,95
Power Cell - lipo charger/booster	12,32
Bateria E585460	14,17
Fuel Gauge	9,45
GPS Venus 638FLPx-L	47,47
Arduino FIO	38,18
Painel Solar 5W, 12V	12,37
Cartão MicroSD 16GB	16,48
RHT03	9,45
TOTAL	190,49

Tabela 1 Custo dos componentes

3.2. Especificações dos componentes eletrônicos *hackeados*

3.2.1. Módulo multi-sensor GY-80 10 DOF:

Este módulo de baixo custo (aproximadamente 26,65), com peso de 5 gramas, possui quatro sensores: magnetômetro, giroscópio, acelerômetro e barômetro.

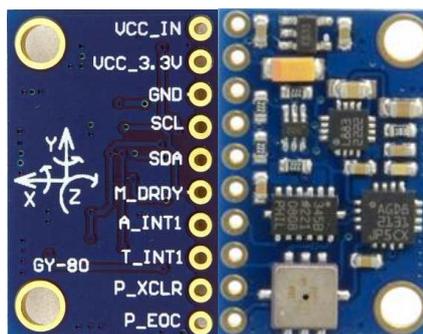


Figura 1. Frente e verso do módulo multi-sensor GY-80 10 DOF, composto por acelerômetro, giroscópio, magnetômetro, barômetro

3.2.1.1. Sensor ADXL345:

O módulo GY-80 10 DOF possui um chip ADXL345 que apresenta alta resolução e baixo consumo de energia, chegando a modular o consumo energético automática e proporcionalmente à taxa ajustada de transmissão de dados, podendo variar de $23 \mu\text{A}$ no modo de medição a $0,1 \mu\text{A}$ em *standby* e opera a uma tensão 2,5V. Operando em alta resolução (13 bits), sua medição de inclinação varia menos de $1,0^\circ$. Utiliza, ainda, uma tecnologia que minimiza a necessidade de carga do processador. Suas configurações suportadas são ± 2 , ± 4 , ± 8 e $\pm 16\text{g}$. Este sensor tridimensional detecta atitude em *Y pitch*, *X roll* e *Z yaw* (ROSE, 2015) resultante de movimento ou choque. As Figura 3.1.1 mostra suas funcionalidades de detecção de atitude.

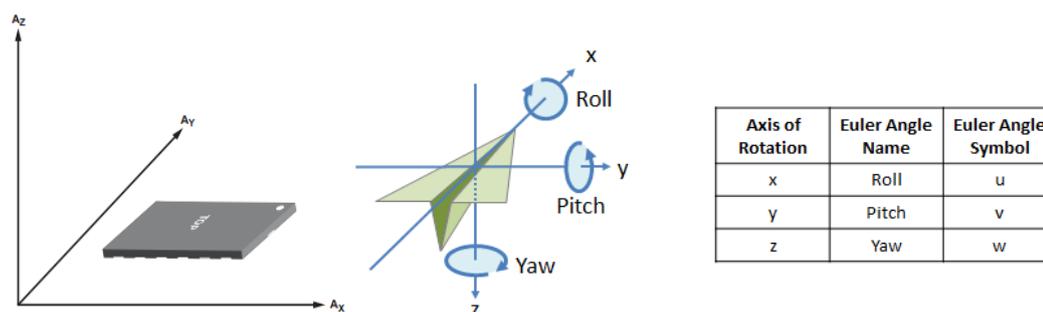


Figura 2. Representações das medidas de atitude do sensor ADXL345

3.2.1.2. Magnetômetro HMC5883L:

Mede o campo magnético e funciona como uma bússola. Apresenta baixo consumo de energia ($100 \mu\text{A}$ e uma tensão de 2.16 a 2.6V) e boa acurácia (1 ou 2°), estando entre os mais sensíveis e confiáveis disponíveis no mercado. Sua

sensibilidade pode medir a direção e magnitude da ordem de milgraus até 8 graus (*magnetômetro*), o que é mais que suficiente, pois a maior parte da atitude animal não supera os 2g (LOMBA, 2015).

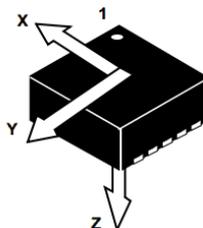


Figura 3. Direções do sensor Magnetômetro HMC5883L.

3.2.1.3. Sensor L3GD20:

O giroscópio possui um chip L3G4200D de 3 eixos. Este sensor tem uma escala de +/- 250, +/- 500 e +/- 2000 dps (*degree per second* ou graus por segundo). Este sensor tem 3 modos de operação: *power-down* (desligado) com consumo de 5 μ A, *standby* (suspensão) consumo de 2 mA e normal de 6,1 mA.

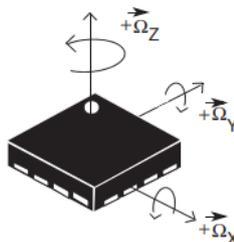


Figura 4. Giroscópio l3gd20.

3.2.1.4. Barômetro BMP085

Este chip trabalha com tensão inicial de 1,62 V e atinge o máximo de 3,6 V. Proporcionalmente pode haver uma variação na corrente de alimentação com valores entre 3 μ A no modo de baixo consumo de energia, 5 μ A no modo padrão, 7 μ A no modo de alta resolução e 12 μ A em modo de resolução ultra alta. O sensor possibilita adquirir dados de temperatura e pressão atmosférica.



Figura 5. Sensor de pressão atmosférica - Barômetro BMP085.

3.2.2. Sensor de Umidade e Temperatura RHT03 :

Este sensor trabalha com uma tensão inicial de 3.3V podendo chegar a 6V. É capaz de medir umidade relativa de 0 a 100% (acurácia de +- 2% RH) e temperatura de - 40 ~ +80 °C (acurácia de 0,5 °C). Este sensor tem um custo aproximado de \$ 9,95 (<https://www.sparkfun.com/products/10167>).

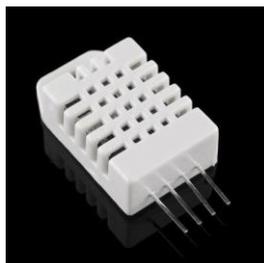


Figura 6. Sensor utilizado para coletar dados de umidade - RHT03

3.2.3. DATA LOGGER LVC125A

Para armazenamento dos dados *onboard* será utilizado um *data logger* de baixo custo dotado de chip LVC125A que opera a uma tensão de 1,65 a 3,6V e corrente elétrica de 4 a 24 mA.

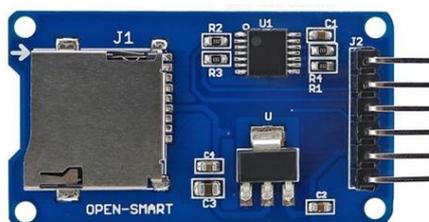


Figura 7. Data logger LVC125A utilizado para conectar cartão de memória microSD.

3.2.4. Bateria E585460

Para realização dos testes em bancada, será utilizado uma bateria recarregável de polímero de lítio modelo 585460 com capacidade de 2000 mAh e tensão de 3.7V. A bateria não pode atingir uma tensão inferior a 2.75V, nem exceder 4.25V para evitar danos ao sistema elétrico, mecânico, segurança, perda de desempenho e aquecimento. Recomenda-se que a tensão seja mantida entre 3,6 e 3,9V.



Figura 8. Bateria de polímero de Lítio recarregável, modelo E585460, 2000mAh

3.2.5. *Power Cell - lipo charger/booster MCP73831/ TPS61200*

Power Cell utiliza um chip MCP73831 para fazer o gerenciamento de fontes de energia, possibilitando que o sistema tenha mais de uma fonte e o *chip* TPS61200 que funciona ainda como um regulador de tensão e pode ser configurado para 3,3 ou 5V. Pode receber facilmente energia do painel solar para recarregar a bateria que alimenta o sistema de sensores.

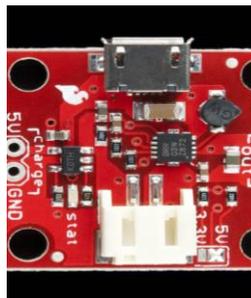


Figura 9. *Power Cell - lipo charger/booster MCP73831 TPS61200*

3.2.6. *Fuel gauge MAX17043G+U* :

O *Fuel Gauge* é um módulo de baixo custo (aproximadamente USD 9,95) utilizado para medir a carga de baterias de lítio em equipamentos portáteis. Este módulo utiliza os chips MAX17043G+U.

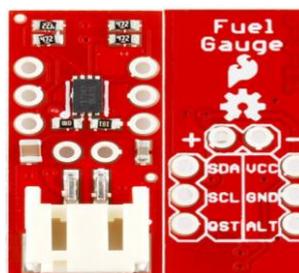


Figura 10. Frente e verso do *Fuel Gauge* MAX17043G+U. Utilizado para registrar dados de percentual de carga da bateria (%) e tensão (V)

3.2.7. GPS Venus 638FLPx-L:

Para avaliar a aquisição de dados de geolocalização será usado o GPS da Sparkfun com um chip Venus 638FLPx-L. O sistema opera a uma tensão elétrica de 3,6V e o consumo pode ser variável de 68 mA a 3.3V no modo de aquisição aprimorada, 50 mA e 3.3V no modo de aquisição de baixa potência e 29 mA a 3.3V para executar rastreamento de sinal de satélites. Este módulo possui acurácia média de 2,5m. As taxas de atualizações possíveis são: 1,2,4,5,8,10 ou 20 Hz. Por padrão (*default*) trabalha a uma taxa de 1 Hz.

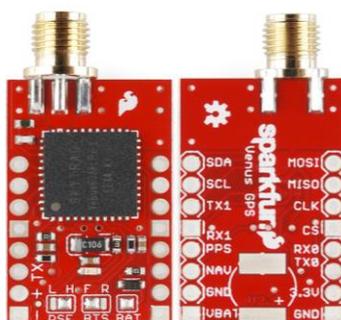


Figura 11. GPS Venus 638FLPx. Utilizado para registrar dados de movimentação

3.2.8. Arduino Fio ATmega328

Todos os sensores e componentes são conectados a uma placa microcontroladora Arduino FIO dotada de *chip* ATmega328V de 8Mhz que tem por característica o fato de ser leve. baixo consumo, operando a uma tensão de 3,3V.

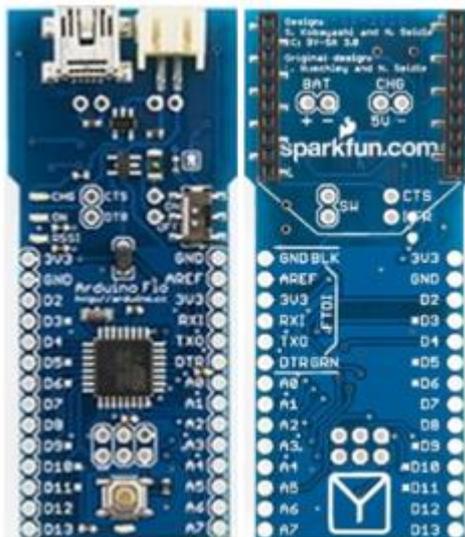


Figura 12. Arduino FIO, com suporte para conectores de módulo Xbee.

3.2.9. Painel Solar:

Para o fornecimento de energia solar, foi usado um painel solar de 5W, 12V.

4. Métodos de testes em bancada

Para a realização dos testes foram definidas sete configurações, com o objetivo de coletar dados para uma análise do potencial de eficiência energético avaliando a possibilidade de manter o sistema alimentado com energia solar:

- Configuração 01: Arduino FIO + *Fuel Gauge* + *Power Cell* + Bateria
- Configuração 02: Arduino FIO + *Fuel Gauge* + *Power Cell* + Bateria + *Data logger* LCV125A + microSD 16Gb
- Configuração 03: Arduino FIO + *Fuel Gauge* + *Power Cell* + Bateria + GY80 + *Data logger* LCV125A + microSD 16Gb
- Configuração 04: Arduino FIO + *Fuel Gauge* + *Power Cell* + Bateria + GY80 + *Data logger* LCV125A + microSD 16Gb + Painel Fotovoltaico
- Configuração 05: Arduino FIO + *Fuel Gauge* + *Power Cell* + Bateria + GY80 + *Data logger* LCV125A + microSD 16Gb + RHT03 + LM393
- Configuração 06: Arduino FIO + *Fuel Gauge* + *Power Cell* + Bateria + GY80 + *Data logger* LCV125A + microSD 16Gb + RHT03 + LM393 + Painel Fotovoltaico
- Configuração 07: configuração 6 + GPS

Por meio do *Fuel Gauge* os dados de percentual de carga da bateria representados por porcentagem na *string* (%) e tensão (V) coletados em cada uma das configurações foram salvos em arquivo no formato .csv em um *data logger*, exportados para um computador para análise em uma planilha eletrônica e geração de gráficos relativos ao consumo e recarga da bateria com painel solar.

4.1. Prototipagem do sistema de bancada e teste

Após definição dos sensores e componentes eletrônicos do projeto de bancada, foi utilizado o *software Fritzing* (Fritzing) para a prototipagem. As figuras 13 e 14 mostram o resultado da prototipagem e da interconexão dos componentes. Trata-se de um *software open source* que possibilita uma visão prévia e funcional (evita risco de queimar os componentes) realizando a integração elétrica dos sensores no Arduino, bem como o *data logger* e componentes responsáveis pelo fornecimento de energia e recarga da bateria.

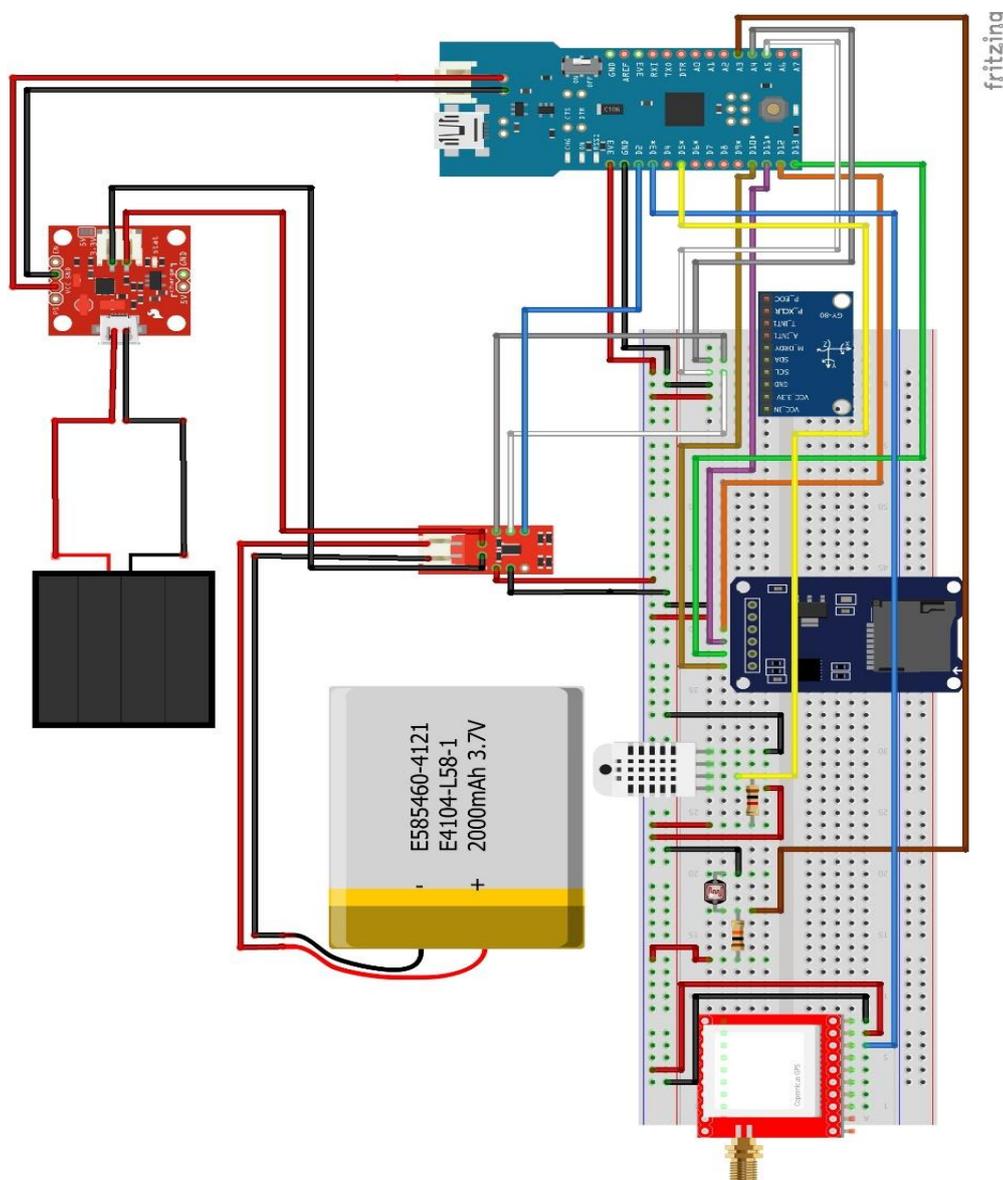


Figura 13. Prototipagem virtual realizada no *breadboarding Fritzing*

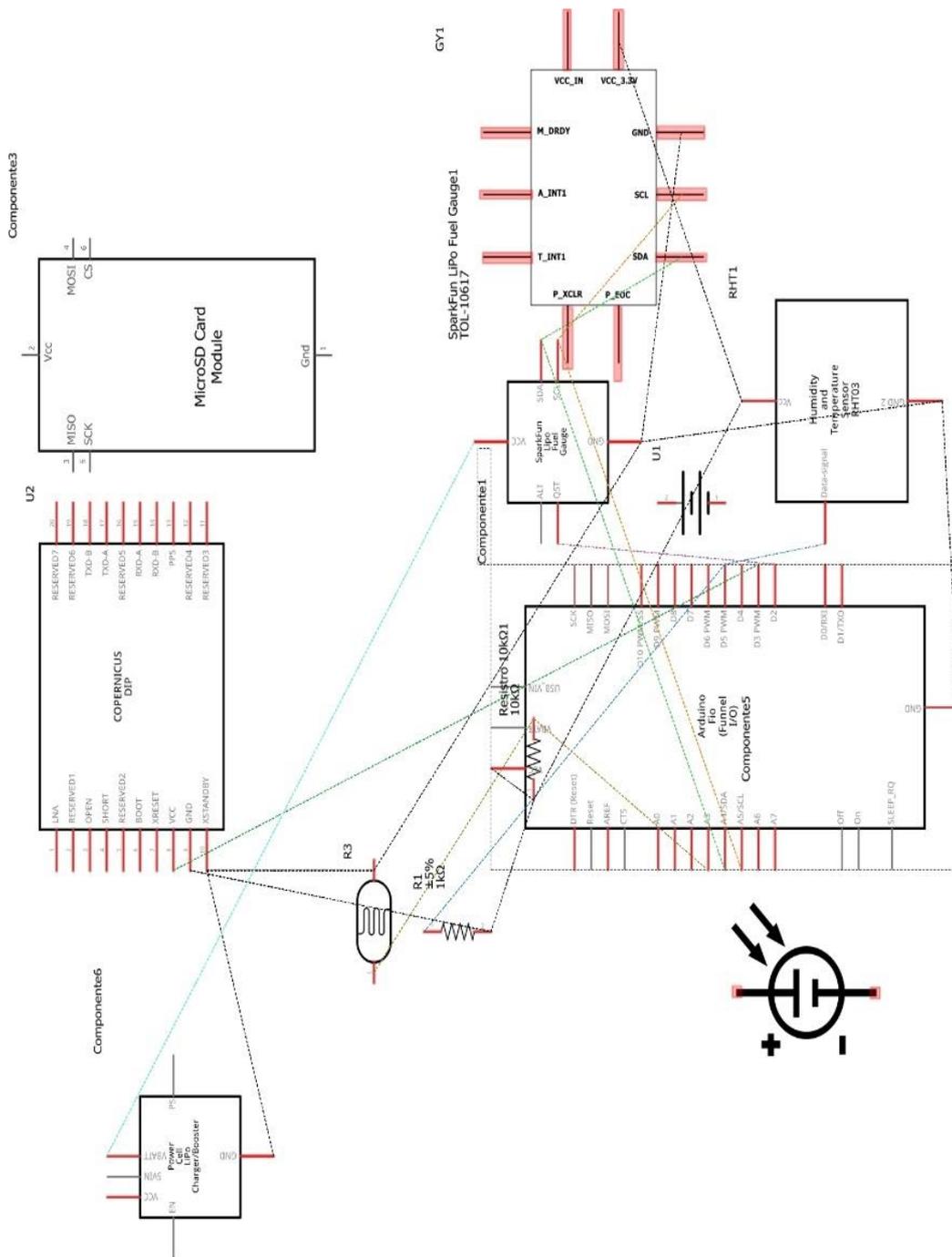


Figura 14. Esquema de interconexão dos componentes no *breadboarding Fritzing*.

5. Resultados

5.1. Protótipo

Foram realizados testes em bancada antes de montar em definitivo a prototipagem criada virtualmente no *Fritzing*. Para otimizar a memória, foi definido a utilização de bibliotecas (TimeLib.h; TinyGPS++.h; SoftwareSerial.h; GY80.h; LiFuelGauge.h; dht.h; SD.h). A exemplo de testes realizados com um código inicial do sensor GY80, foi possível reduzir 40% da utilização da memória mudando para uma biblioteca GY80.h. O protótipo utiliza 83% da memória do Arduino.

O código para execução e controle dos sensores pode ser observado no anexo 1, neste estabelece as bibliotecas dos sensores, estrutura da *string* onde definido o formato como os dados serão armazenados.

Os dados coletados pelos sensores são gravados em um cartão de memória de 16 GB, instalado no *data logger*. Ao realizar a leitura em intervalos de tempo especificados, os dados coletados pelos sensores serão salvos em formato de uma *string* de dados. Vários testes foram realizados com o intuito de otimizar o tamanho da *string*, definida **@GPS=-20.416261,-54.633171@D=9/11/2018 14:35:25.28@Ma=17.83,15.65,-32.20@Ac=0.996,0.192,-0.260@Gy=0.5,-0.6,0.7 @P=0.93979@T=24.9@%=17.76@V=3.74@U= 56.5 @Lu=48#**

A *string* é formata por 155 caracteres, equivalente a 155 bytes, que possibilita uma autonomia de 1282 dias a uma taxa de 1 Hz. O símbolo @ foi utilizado para separar os dados de cada sensor. O significado das letras após o @ pode ser observado na tabela 2.

Letras	Significado
GPS	Dados coletados pelo GPS
D	Data e hora registrada
Ma	Dados dos eixo X,Y e Z do Magnetômetro
Ac	Dados dos eixos X,Y e Z do Acelerômetro
Gy	Dados dos eixos X,Y e Z do Giroscópio
P	Pressão atmosférica
T	Temperatura
%	Percentual de carga da bateria registrada pelo fuel gauge
V	Tensão da carga da bateria registrada pelo fuel gauge
U	Dados do sensor de umidade
Lu	Dados de luminosidade

Tabela 2 - Descrição do significado das letras presentes na string de dados armazenados no cartão de memória microSD presente no *data logger*

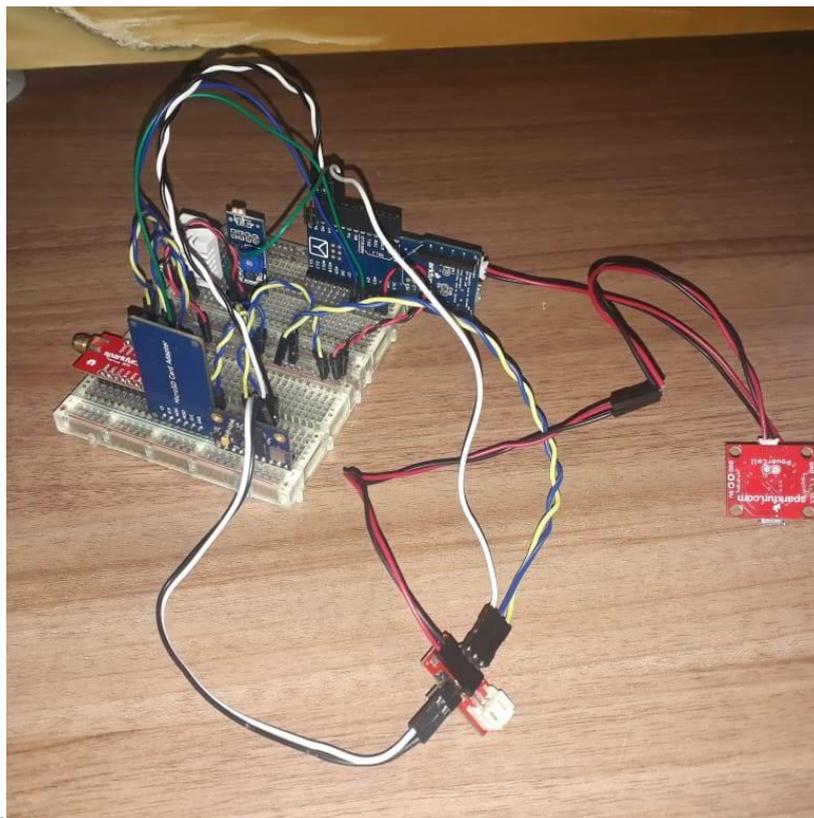


Figura 15. Protótipo montado em bancada: Arduino FIO + *Fuel Gauge* + *Power Cell* + GY80 + *Data logger* LCV125A + microSD 16Gb + RHT03 + LM393

5.2. Configuração 01

No primeiro teste foi usado um multímetro (Exbbom md-180I) configurado para 20V em corrente contínua (DC) para a medição da carga da bateria, que quando carregada apresentou uma tensão de 3,81V.

Para a análise inicial do monitoramento de carga foi estabelecida a arquitetura da configuração 01: Arduino FIO + *Fuel Gauge* + *Power Cell* e Bateria comum. O monitoramento em tempo real foi feito pelo *software* Arduino versão 1.8.5 via console. A tensão registrada foi de 3,92V.

Com um cabo FTDI (cabo conversor USB para Serial nível TTL) conectado à porta USB do notebook, foi possível constatar por meio do monitor serial que o *Fuel Gauge* registrou aumento constante na tensão, evidenciando que a bateria estava sendo carregada pela USB. Os valores partiram de 3,92V, chegando a 4,06V no intervalo de 6 minutos.

5.3. Configuração 02

Para validar a alimentação do sistema por meio da bateria, com a configuração 02 foi definido por meio de código que os dados do *Fuel Gauge*

fossem salvos no *data logger*. O monitoramento foi realizado por 6 minutos, registrando inicialmente 83,68% de carga da bateria e tensão de 4,06V. Ao se passar os 6 minutos, o *Fuel Gauge* indicava 76,02% de carga e tensão de 4,00V.

Baterias mais modernas possuem tecnologia PCM (*phase-change material*) armazenam energia por aquecimento e resfriamento. A bateria utilizada possui essa tecnologia e seus valores de carga variam de 2,75V a 4,25V. O *Fuel Gauge* auxilia o gerenciamento e o monitoramento de carga e recarga, protegendo a bateria.

5.4. Configuração 03

Testes realizados por 24 horas ininterruptas com a configuração 03 em ambiente interno, foi registrado uma tensão inicial de 3,87V e carga da bateria de 61,06% e ao final do período de teste tensão de 3,8V e 40,82% de carga (gráfico 01)

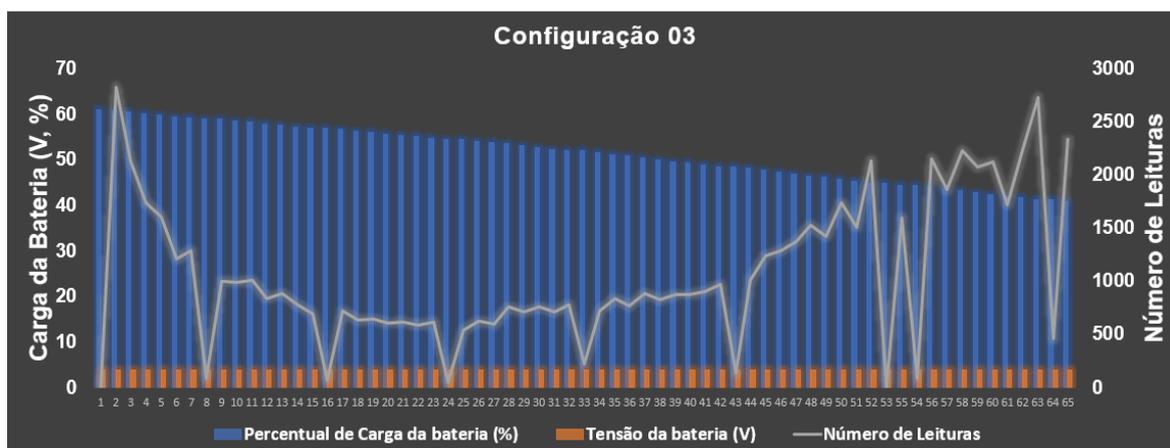


Figura 16 Testes realizados por 24 horas com a configuração 3 mostram que a carga da bateria (%) teve queda de 20,24% e 0,7V. A queda constante ocorre por não ter na configuração algum meio de recarga da bateria

5.5. Configuração 04

A realização de teste com a configuração 04 (com painel solar), por 24 horas, teve início às 15 horas do dia 28 de maio de 2018. Pode-se observar uma queda de 59,48% de carga da bateria e 3,83V para 45,69% e 3,82V. O período de queda se deve às atividades dos sensores em período noturno. Há uma estabilidade da carga ao chegar em 41,19% e 3,81V. Com uma nova queda, chegando a 39,38% e 3,8V. Não foi possível fazer registro do horário em que ocorriam as mudanças pois no cenário não tinha um mecanismo como o GPS ou *Real Time Clock* (RTC), que possibilitaria tal registro. Diante disso, foi realizado consulta na plataforma

climatempo (www.climatempo.com.br) a fim de identificar e registrar as condições climáticas. Por meio do print de tela (Figura 17) é possível observar que no dia 29 de maio, durante o período matutino registrava 19°C e 31°C no período vespertino. Utilizando uma câmera térmica, modelo Flyr TG-165 foi realizada leitura térmica do painel fotovoltaico às 09:00 horas do dia 29 de maio registrando 34,5°C e uma segunda leitura as 13:00, registrando 48,3°C (Figura 18). Com o aumento da irradiação solar, em pouco tempo restabelece para 43,23%, chegando a tensão a 3,85V, período em que houve o maior número de leituras considerando a mudança na posição do painel fotovoltaico para que recebesse radiação solar. Deste período (aproximadamente 13:00) nota-se aumento constante na porcentagem % de carga da bateria chegando ao final do teste a 48,9% e 3,83V. Os valores de tensão inicial e final é o mesmo (3,83V) porém, foi possível notar que durante o período de carga da bateria se obteve o maior registro 3,88V. As medições registradas na configuração 04 podem ser observadas na figura 19.



Figura 17. *Print* de tela da consulta realizada no site Climatempo.com.br no dia 29 de maio de 2018, mostrando as condições climáticas

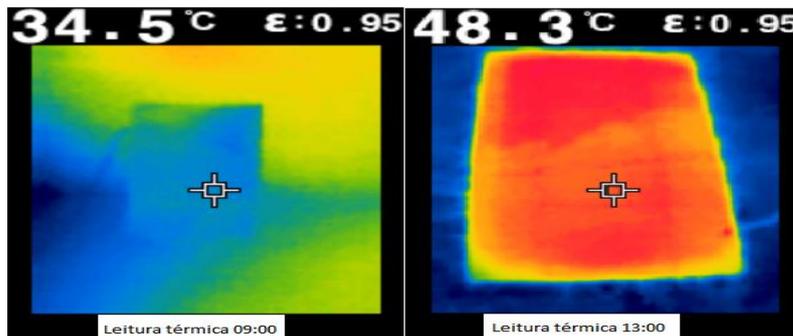


Figura 18. Leituras térmicas do painel fotovoltaico realizadas utilizando câmera térmica Flyr TG-165 às 09:00 e 13:00

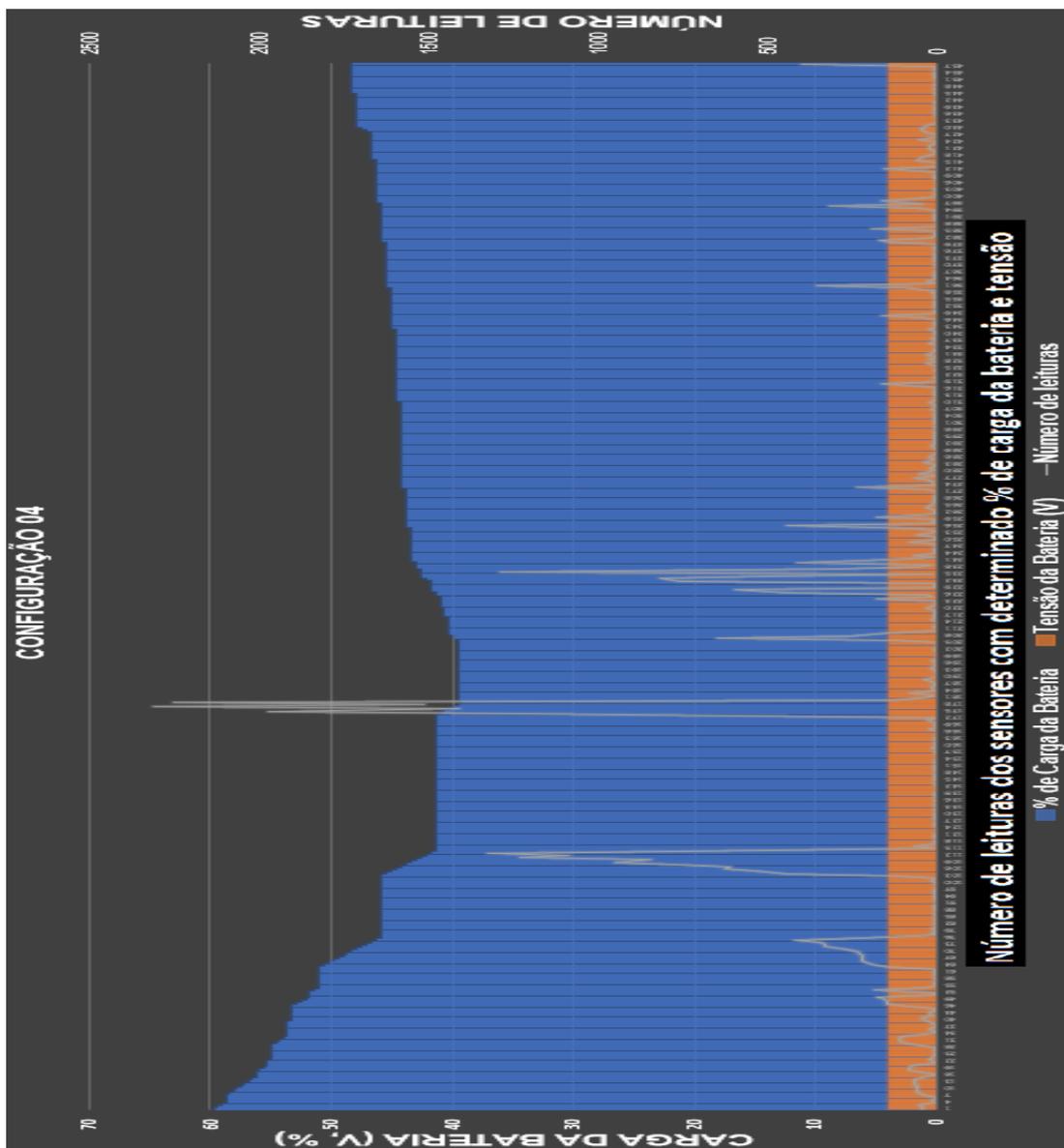


Figura 19 Resultado dos logs de 24 hr de acordo com a configuração 04. Carga inicial de 59,48%, chegou a 39,38% e com recarga da bateria a partir das 13:00 concluiu os testes com 48,9% no período de aproximadamente 2:00 horas

5.6. Configuração 05

Os testes com as configurações 05 e 06 tiveram a duração de 17 horas e 19 minutos cada. Com a configuração 05, por não ter a recarga da bateria os dados de carga (%) e tensão (V). Iniciando em 73,4% e 68,31% ao final, uma diferença de 5,09%.

5.7. Configuração 06

Os testes com a configuração 06, tiveram início às 12:00 do dia 07 de novembro de 2018. O percentual de carga da bateria registrou inicialmente 74,05% e temperatura ambiente de 36,6°C. Registros de temperatura ambiente e % (percentual) de carga da bateria registraram um aumento constante a partir do início chegando a 39,3°C e 75,37% respectivamente. Após, passou a registrar queda constante na carga da bateria (%), chegando a 72,25% e temperatura de 32,8°C. Análise dos logs mostram ainda aumento na carga (%) e tensão (V) da bateria atingindo 93,86% embora neste mesmo período a temperatura ambiente se manteve estável entre 30°C e 31°C. Os valores de carga da bateria voltaram a cair, atingindo 91,96% embora no mesmo período, o sensor de temperatura registrasse temperatura ambiente com valores de 30°C chegando a 36°C. Durante os testes, foi comum observar essas alternâncias entre aumento e diminuição dos valores da carga da bateria (%), embora com temperaturas registradas de 38°C. O menor valor registrado no sensor de temperatura ambiente neste período foi de 26,9°C, mais precisamente nas últimas leituras, evidentemente por se tratar do período noturno. Na maior parte das leituras registradas estiveram acima dos 30°C. Porém finalizou em 63,83% uma diferença de 10,22% entre os valores iniciais e finais (Figura 20).

Durante a realização dos testes com a configuração 06, o protótipo foi movimentado para garantir incidência solar sobre o painel fotovoltaico. Os dados de tensão (V) das configurações 5 e 6, apresentaram pouca diferença entre os valores iniciais e finais, sendo 0,24V e 0,2V, ao ponto de registrar 4,2 V na configuração 06 (Figura 21).

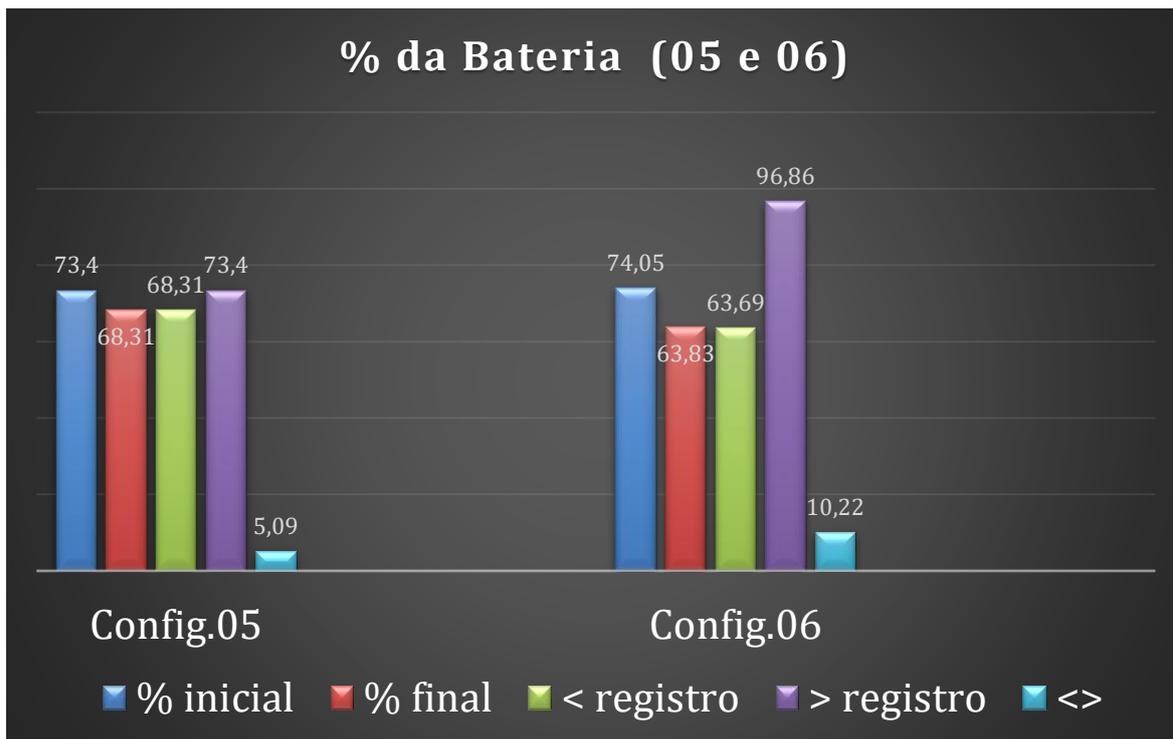


Figura 20 Comparação de carga da bateria (%) nas configurações 05 e 06. Valores de % iniciais próximos, porém o maior registro da configuração 06 mostra o quanto carregou a bateria com energia solar

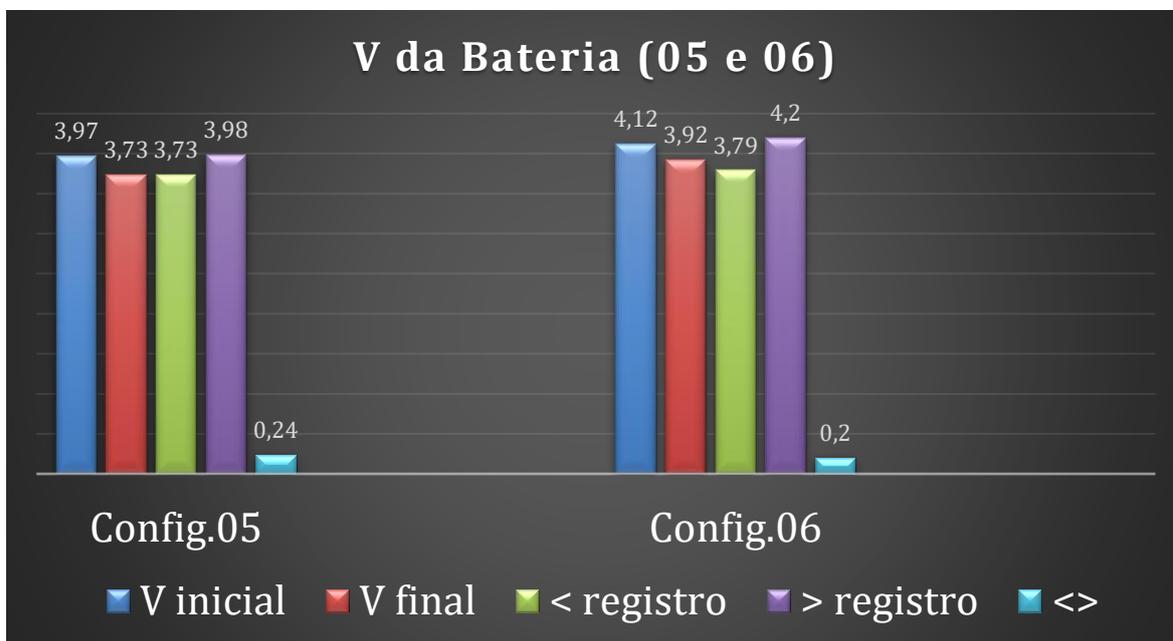


Figura 21 Comparação de carga da bateria nas configurações 05 e 06. Pouca oscilação nos valores de V, porém, o maior registro indica recarga da bateria

5.8. Configuração 07

Os testes realizados com a configuração 07 registraram a maior diferença entre os valores iniciais e finais da carga da bateria (22,54%). O teste teve início às

13:00 do dia 08 de novembro. Para análise, foi realizada leitura térmica do painel fotovoltaico, em que se registrou $56,6^{\circ}\text{C}$ logo no início dos testes (Figura 22). A carga da bateria (%) manteve aumento constante até atingir $44,87\%$. Um cruzamento de dados do sensor de temperatura mostra que partiu de $28,2^{\circ}\text{C}$ para $31,7^{\circ}\text{C}$ no mesmo intervalo 13:00 – 14:00 do dia 08. Após a carga da bateria ficou em queda até as 11:33 horas do dia 09, os dados de carga (%) e tensão (V) que chegou a $17,76\%$ e $3,74\text{V}$. Os dados do sensor de temperatura mostram que durante o período da manhã as temperaturas não passaram dos 23°C . No período de 11:35 a 13:00, o percentual de carga da bateria iniciou com $18,02\%$ e chegou a $18,28\%$ registrando no mesmo período temperatura entre $24,8^{\circ}$ e $25,1^{\circ}$. Os resultados obtidos pelo *fuel gauge* referente a configuração 07 podem ser observados nas figuras 23 e 24.

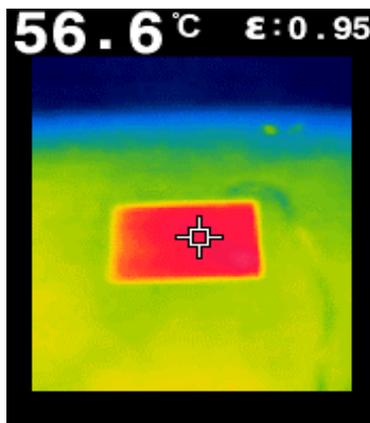


Figura 22 Leitura térmica do painel fotovoltaico utilizando câmera Flynr TG165

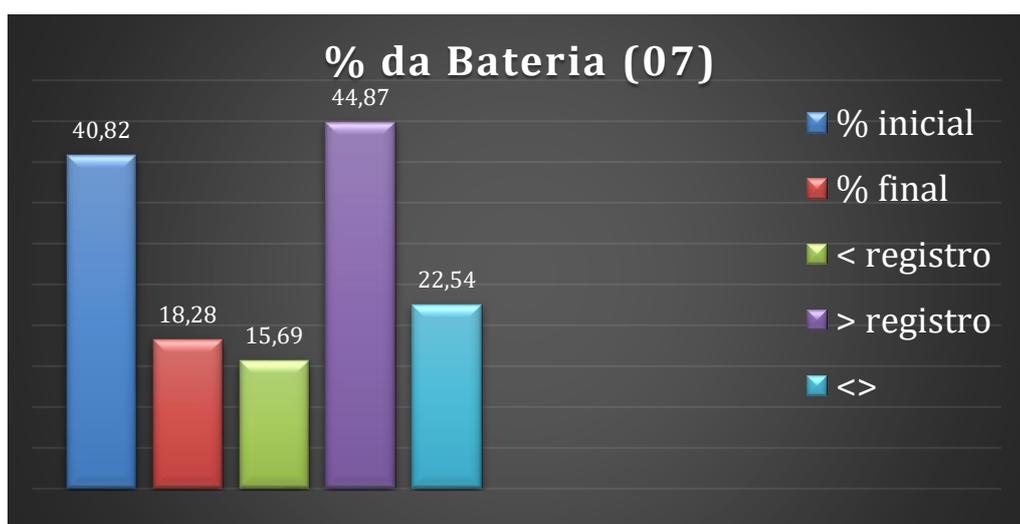


Figura 23 Carga da bateria, configuração 07. Houve recarga da bateria, chegando a $44,87\%$. Diferença entre valores iniciais evidenciada pelo GPS

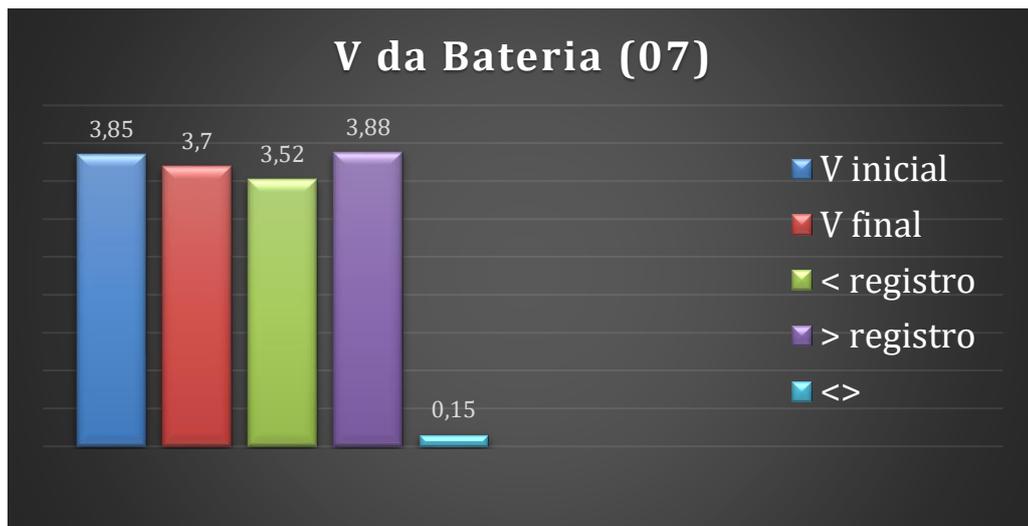


Figura 24 Resultado dos valores de tensão (V) da bateria durante a realização de testes na configuração 07

Segundo Handcock *et al.* (2009), a configuração do GPS com tempos de leitura acima de 10 segundos pode gerar erros e trabalhar com tempos inferiores a 10 segundos podem garantir 90% de precisão. Durante a realização de testes, foi possível observar que ao ligar o protótipo, os dados de latitude, longitude, data e hora provenientes do satélite por meio do GPS chegou a levar 2 minutos para serem atualizados. O GPS foi configurado para trabalhar a 1Hz, porém com as constantes perdas de conexão, foram realizadas várias configurações procurando obter estabilidade na conexão com satélite. A configuração com *delay* de 500 milissegundos foi a configuração com maior tempo e que manteve a conexão. Configurações superior, como 600 milissegundos, 800 milissegundos ou 1000 milissegundos que equivale a 1 Hz foram testadas e em todas o GPS perdia conexão com satélite.

6. Conclusão

Os valores de tensão (V) inicial e final da bateria são próximos, pouco se alterou. Durante os testes, comparação entre os valores do sensor de temperatura mostram que enquanto a temperatura ambiente registrava 22° ou menos não houve recarga da bateria, só se observa estabilidade na carga e recarga com temperaturas acima de 23° ou superior. Com registros de temperatura a 22°, com uma câmera térmica se registrou 34,5° no painel fotovoltaico, momento em que os dados de carga (%) e tensão (V) se mantiveram estáveis. Com temperaturas de

23° ou superior, e leitura do painel solar com a câmera térmica foi registrado 48,3° no painel e aumento nos dados de porcentagem da carga da bateria (%) e tensão (V).

Os valores de carga da bateria (%) oscilam muito, com picos de carga e descarga da bateria. Tais picos estão relacionados diretamente a radiação e incidência solar sobre o painel. Valores de temperatura ambiente não significam recarga da bateria, embora na configuração 6, os aumentos de carga da bateria (%) e temperatura ambiente aumentaram em paralelo. No mesmo cenário foi possível observar quedas embora se registrasse temperatura de 38°C.

Testes apoiam as afirmações de Handcock et al. (2009) quanto ao cuidado com configurações de GPS. Nos testes realizados com o GPS, constatamos para este modelo perdas de conexão com o satélite em configurações acima de 500 milissegundos e quando inicializado, em algumas ocasiões atingiu 2 minutos para que os dados de latitude, longitude, data e hora fosse atualizados.

7. Referências bibliográficas

BELLEVILLE, M. et al. Energy autonomous sensor systems: Towards a ubiquitous sensor technology. *Microelectronics Journal*, v. 41, p. 740 – 745, 2010.

DENIZ, N.N. et al. Embedded system for real-time monitoring of foraging behavior of grazing cattle using acoustic signals. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 138, p. 167-174, 2017.

FALUDI, R.. Building Wireless Sensor Networks with ZigBee, XBee, Arduino, and Processing. p. 322, 2011

FRITZING. Versão 0.9.3. Fritzing Eletronics Made Easy. Disponível em <<http://fritzing.org/home/>>.

FROST, A. R. et al. A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Computer and Electronics in Agriculture*, v. 17, p. 139-159, 1997.

FUENTES, M.; VIVAR, M.; BURGOS, J.M.; AGUILERA, J.; VACAS, J.A.. Design of an accurate, low-cost autonomous data logger for PV system monitoring using Arduino™ that complies with IEC standards. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, v. 130, p. 529-543, 2014.

- GREGGOR, A.L. et al. Research Priorities from Animal Behaviour for Maximising Conservation Progress. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 31, n. 12, p. 953-964, 2016.
- GUTIERREZ-GALAN, D. et al. Embedded neural network for real-time animal behavior classification. *Neurocomputing*, v. 272, p.17-26, 2018.
- HERNÁNDEZ-ONTIVEROS, J. M. et al. Development and implementation of a fish counter by using an embedded system. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 145, p. 53- 62, 2018.
- HERRASTI, Z. et al. Wireless Sensor Nodes for acceleration, strain and temperature measurements. *Procedia Engineering*, v. 168, p. 1659 – 1662, 2016.
- HRISTOV, A.N. et al. The Use of an Automated System (GreenFeed) to Monitor Enteric Methane and Carbon Dioxide Emissions from Ruminant Animals. *Journal of Visualized Experiments*, v. 103, p. 1-8, 2015. DOI: doi:10.3791/52904.
- IBRAHIM, R. et al. Solar Energy Harvester for Industrial Wireless Sensor Nodes. *Procedia Computer Science*, v. 105, p. 111 – 118, 2017.
- JESUS, Leandro. Identificação do comportamento bovino por meio de monitoramento animal. Campo Grande, MS. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2014.
- KARIMI, N. et al. Web-based monitoring system using Wireless Sensor Networks for traditional vineyards and grape drying buildings. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 144, p. 269-283, 2018.
- KILGOUR, R. J. et al. The behaviour of beef cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, v.138, p. 12-17, 2012.
- LOMBA, Luiz Fernando Delboni. Identificação do comportamento bovino a partir dos dados de movimentação e do posicionamento do animal. Campo Grande, MS. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2015.
- MARTISKAINEN, P. et al. Cow behaviour pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 119, p. 32-38, 2009.
- MOREAU, M. et al. Use of a tri-axial accelerometer for automated recording and classification of goats' grazing behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 119, p.158-170, 2009.

NADIMI, E.S. et al. Energy generation for an ad hoc wireless sensor network-based monitoring system using animal head movement. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 75, p. 238-242, 2011.

OLIVEIRA, Marcel Tolentino Pinheiro. Análise comportamental de bovinos baseada em trajetórias semânticas aplicada à pecuária de precisão. Campo Grande, MS. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2013.

RAULT, T.; BOUABDALLAH, A.; CHALLAL, Y. Energy efficiency in wireless sensor networks: A top-down survey. *Computer Networks*, v. 67, p. 104 – 122, 2014.

ROSE, D. Rotations in Three-Dimensions: Euler Angles and Rotation Matrices. 2015. Disponível em:

http://danceswithcode.net/engineeringnotes/rotations_in_3d/rotations_in_3d_part1.html acessado em 10 de maio de 2018 10:13

STORM, I. M. L. D. et al. Methods for Measuring and Estimating Methane Emission from Ruminants. *Animals*, doi: 10.3390/ani2020160. 2012.

TUCKER, M. A.; BÖHNING-GAESE, K.; FAGAN, W. F.;. Moving in the Anthropocene: Global reductions in terrestrial mammalian movements. *Science*, 359, p. 466-469. 2018.

WATANABE, S. et al. A new technique for monitoring the detailed behaviour of terrestrial animals: A case study with the domestic cat. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 94, p. 117-131, 2005.

CONCLUSÕES GERAIS

Esta pesquisa possibilitou a identificação dos trabalhos realizados em pesquisas etológicas, recursos e métodos adotados para obtenção de dados e uma análise de eficiência energética de um sistema *open source* alimentado com energia solar. Os dados poderão ser consultados por outros trabalhos relacionados.

Os sensores capazes de detectar movimentos e atitudes dos animais, conhecidos como biosensores estão cada vez mais presentes nas pesquisas. A busca de dados precisos tem levado a utilização de vários sensores, quer combinando dados de sensores embarcados em animais ou combinando com sensores localizados remotamente como estações meteorológicas. A utilização de algoritmos e sistemas de inteligência artificial também estão presentes para tratamento de erros ou falhas na coleta de dados.

Os testes de eficiência energética realizadas em bancada mostram que a utilização de energia solar para recarregar baterias pode ser uma opção, desde que leve em consideração a incidência direta da radiação solar sobre o painel fotovoltaico. Foi possível observar que alta temperatura ambiente ou do painel não significa geração de energia e que a ação do vento sobre o painel diminuía a geração de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAL

BROELL, F., BURNELL, C., TAGGART, C.T. Measuring abnormal movements in free-swimming fish with accelerometers: Implications for quantifying tag and parasite load. *Journal of Experimental Biology*. v. 219, p. 695-705, 2016.

ERICSSON, G. et al. Offset between GPS collar-recorded temperature in moose and ambient weather station data. *European Journal of Wildlife Research*. v. 61, p. 919-922, 2015.

HANDCOCK, R.N. et al. Monitoring animal behaviour and environmental interactions using wireless sensor networks, GPS collars and satellite remote sensing. *Sensors*. v. 9, n. 5, p. 3586 – 3603, 2009.

HIRAKAWA, T. et al. Can AI predict animal movements? Filling gaps in animal trajectories using inverse reinforcement learning. *Ecosphere*. v. 9, n. e02447, 2018.

MEYER, A.F. et al. A Head-Mounted Camera System Integrates Detailed Behavioral Monitoring with Multichannel Electrophysiology in Freely Moving Mice. *Neuron*. V.100, p. 46-60, 2018.

NODA, T. et al. Monitoring escape and feeding behaviours of cruiser fish by inertial and magnetic sensors. *PLoS ONE*, v. 8, n. e79392, 2013.

PAPASTAMATIOU, Y.P., IOSILEVSKII, G. et al. Optimal swimming strategies and behavioral plasticity of oceanic whitetip sharks. *Scientific Reports*. Nature. v. 8, n. 551, 2018.

WANG, J. et al. Development and validation of an ensemble classifier for real-time recognition of cow behavior patterns from accelerometer data and location data. *PlosOne*. v. 13, n. e0203546, 2018.

ANEXO I

Código do projeto:

```
#include <TimeLib.h>
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <GY80.h>
#include <LiFuelGauge.h>
#include <dht.h>
#include <SD.h>
File arquivoTXT;
dht DHT;
#define DHT22_PIN 5
LiFuelGauge gauge(MAX17043, 0, FALLING);
volatile boolean alert = false;
GY80 sensor = GY80();
static const int RXPin = 3, TXPin = 4;
TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial Serial_GPS(RXPin, TXPin);
const int UTC_offset = -3;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial_GPS.begin(9600);
  sensor.begin();
  gauge.reset();
  int chk = DHT.read(DHT22_PIN);
  delay(200);
  SD.begin(10);
}
void GPS_Timezone_Adjust()
{
```

```
while (Serial_GPS.available())
{
  if (gps.encode(Serial_GPS.read()))
  {
    int Year = gps.date.year();
    byte Month = gps.date.month();
    byte Day = gps.date.day();
    byte Hour = gps.time.hour();
    byte Minute = gps.time.minute();
    byte Second = gps.time.second();
    setTime(Hour, Minute, Second, Day, Month, Year);
    adjustTime(UTC_offset * SECS_PER_HOUR);
  }
}
void loop()
{
  while (Serial_GPS.available() > 0)
  if (gps.encode(Serial_GPS.read()))
  gravardados();
  if (millis() > 5000 && gps.charsProcessed() < 10)
  {
    Serial.println(F("No GPS detected: check wiring."));
    while (true);
  }
  delay (1000);
}
int sensor_luz()
{
  unsigned int luz;
  luz = analogRead(A3);
  // delay();
  return luz;
```

```
}  
void displayInfo()  
{  
    Serial.print(F("@GPS="));  
    if (gps.location.isValid())  
    {  
        Serial.print(gps.location.lat(), 6);  
        Serial.print(F(", "));  
        Serial.print(gps.location.lng(), 6);  
    }  
    else  
    {  
        Serial.print(F("INVALID"));  
    }  
    Serial.print(F("@D="));  
    if (gps.date.isValid())  
    {  
        Serial.print(gps.date.day());  
        Serial.print(F("/"));  
        Serial.print(gps.date.month());  
        Serial.print(F("/"));  
        Serial.print(gps.date.year());  
    }  
    else  
    {  
        Serial.print(F("INVALID"));  
    }  
    Serial.print(F(" "));  
    if (gps.time.isValid())  
    {  
        if (gps.time.hour() < 10) Serial.print(F("0"));  
        Serial.print(gps.time.hour()); //hora  
        Serial.print(F(":"));  
    }  
}
```

```
if (gps.time.minute() < 10) Serial.print(F("0"));
Serial.print(gps.time.minute()); //minuto
Serial.print(F(":"));
if (gps.time.second() < 10) Serial.print(F("0"));
Serial.print(gps.time.second()); //segundo
Serial.print(F("."));
if (gps.time.centisecond() < 10) Serial.print(F("0"));
Serial.print(gps.time.centisecond());
GY80_scaled val = sensor.read_scaled();
Serial.print("@Ma=");
Serial.print(val.m_x,2);
Serial.print(',');
Serial.print(val.m_y,2);
Serial.print(',');
Serial.print(val.m_z,2);
Serial.print("@Ac=");
Serial.print(val.a_x,3);
Serial.print(',');
Serial.print(val.a_y,3);
Serial.print(',');
Serial.print(val.a_z,3);
Serial.print("@Gy=");
Serial.print(val.g_x,1);
Serial.print(',');
Serial.print(val.g_y,1);
Serial.print(',');
Serial.print(val.g_z,1);
Serial.print("@P=");
Serial.print(val.p,5);
Serial.print("@T=");
Serial.print(val.t,1);
Serial.print("@%=");
Serial.print(gauge.getSOC());
```

```

Serial.print("@V=");
Serial.print(gauge.getVoltage());
Serial.print("@U=");
Serial.print(DHT.humidity, 1);
Serial.print("@Lu=");
Serial.print(sensor_luz());
Serial.println("#");
// delay (5000);
}
}
void gravardados() //DADOS PARA GRAVAR NO DL-SD
{
    arquivoTXT = SD.open("pgrnXs.txt", FILE_WRITE);
    arquivoTXT.print(F"@GPS=");
    if (gps.location.isValid()){
        arquivoTXT.print(gps.location.lat(), 6);
        arquivoTXT.print(F(",");
        arquivoTXT.print(gps.location.lng(), 6);
    }
    else{
        arquivoTXT.print(F("INVALID"));
    }
    arquivoTXT.print(F"@D=");
    if (gps.date.isValid()){
        arquivoTXT.print(gps.date.day()); //dia
        arquivoTXT.print(F("/");
        arquivoTXT.print(gps.date.month()); //mes
        arquivoTXT.print(F("/");
        arquivoTXT.print(gps.date.year()); //ano
    }
    else{
        arquivoTXT.print(F("INVALID"));
    }
}

```

```
//IMPRIMIR H:M:S
archivoTXT.print(F(" "));
if (gps.time.isValid()){
    if (gps.time.hour() < 10) archivoTXT.print(F("0"));
    archivoTXT.print(gps.time.hour()); //hora
    archivoTXT.print(F(":"));
    if (gps.time.minute() < 10) archivoTXT.print(F("0"));
    archivoTXT.print(gps.time.minute()); //minuto
    archivoTXT.print(F(":"));
    if (gps.time.second() < 10) archivoTXT.print(F("0"));
    archivoTXT.print(gps.time.second()); //segundo
    archivoTXT.print(F("."));
    if (gps.time.centisecond() < 10) archivoTXT.print(F("0"));
    archivoTXT.print(gps.time.centisecond());
    GY80_scaled val = sensor.read_scaled();
    archivoTXT.print("@Ma=");
    archivoTXT.print(val.m_x,2);
    archivoTXT.print(',');
    archivoTXT.print(val.m_y,2);
    archivoTXT.print(',');
    archivoTXT.print(val.m_z,2);
    archivoTXT.print("@Ac=");
    archivoTXT.print(val.a_x,3);
    archivoTXT.print(',');
    archivoTXT.print(val.a_y,3);
    archivoTXT.print(',');
    archivoTXT.print(val.a_z,3);
    archivoTXT.print("@Gy=");
    archivoTXT.print(val.g_x,1);
    archivoTXT.print(',');
    archivoTXT.print(val.g_y,1);
    archivoTXT.print(',');
    archivoTXT.print(val.g_z,1);
```

```
    arquivoTXT.print("@P=");
    arquivoTXT.print(val.p,5);
    arquivoTXT.print("@T=");
    arquivoTXT.print(val.t,1);
    arquivoTXT.print("@%=");
    arquivoTXT.print(gauge.getSOC());
    arquivoTXT.print("@V=");
    arquivoTXT.print(gauge.getVoltage());
    arquivoTXT.print("@U=");
    arquivoTXT.print(DHT.humidity, 1);
    arquivoTXT.print("@Lu=");
    arquivoTXT.print(sensor_luz());
    arquivoTXT.println("#");
    arquivoTXT.close();
    // delay (5000);
}
}
```