

## INFORMAÇÕES GERAIS DO TRABALHO

**Título do Trabalho: Internet das Vacas: Montagem de placa de protótipo de dispositivo IoT para localização inteligente do gado.**

**Autores: Jonas Henrique Nascimento, João Victor Carvalho Tereza e Fernando Augusto Teixeira**

**Palavras-chave: Internet – GPS – Monitoramento – Gado – Microcontroladores**

**Campus: Campus Avançado Conselheiro Lafaiete**

**Área do Conhecimento (CNPq): 3.04.03.00-6 Circuitos Elétricos, Magnéticos e Eletrônicos**

### RESUMO

A fuga de animais de suas propriedades para estradas ou propriedades vizinhas é um dos problemas enfrentados por diversos fazendeiros. Uma possível solução para tal problema é o monitoramento da localização desses animais, para que uma medida a fim de proteger o gado seja tomada. Entretanto, as formas de monitoramento ofertadas pelo mercado, atualmente, são de alto consumo e custo, pois se baseiam em tecnologias não voltadas para esta aplicação em específico, tais como: rastreamento por satélite, GPS e por radiofrequência. Com o intuito de aprimorar as opções de mercado e apresentar uma solução ao problema, foram desenvolvidas duas propostas de monitoramento utilizando de uma tecnologia mais viável, com baixo consumo energético. Para tal, foram utilizados *chips* inteligentes que se comunicam entre si por meio de sinais de rádio *Wi-Fi* ou *bluetooth*. A partir deste ponto, foram estabelecidos dois métodos de solução para o problema: a primeira visa informar ao fazendeiro se o animal está dentro ou fora de sua propriedade, enquanto a segunda visa mostrar a localização aproximada do animal no interior da fazenda, utilizando o conceito de localização por detecção de posição. Para que a forma de monitoramento possua baixo consumo, foi preciso estudar as diferentes tecnologias e suas formas de emprego, e para isso foram realizados inúmeros testes a fim de aferir as suas diferentes formas de operação. Ademais, foram analisados numerosos modelos de bateria, com a finalidade de encontrar as que correspondiam melhor para os protótipos. A partir dos dados coletados, foram estimados valores de autonomia de todo o projeto para cada modelo de monitoramento, demonstrando as vantagens e desvantagens de cada modo de operação. O melhor caso de autonomia obtido foi de aproximadamente seis meses, desprezando alguns fatores externos, mas este valor pode ser acrescido caso o produtor agrícola opte por uma bateria de maior porte e conseqüentemente, maior tamanho. As próximas etapas do projeto envolverão os testes práticos feitos com o protótipo, a fim de validar as estimativas de autonomia e verificar sua viabilidade.

O agronegócio no Brasil possui caráter de grande envergadura para toda a economia do país. Somente em maio de 2017, as exportações atingiram US\$ 9,68 bilhões, valor que corresponde a aproximados 13% de aumento em referência ao mesmo período do ano anterior. Somente o valor desse superávit comercial causou um aumento de 790 milhões de dólares, demonstrando que esse setor possui alta taxa de crescimento. Dentre parte das exportações, está contido o setor de carnes, com arrecadação de 1,22 bilhão de dólares em 2017. (SANTANDER, 2017)

Todavia, mesmo com notório crescimento, muitos fazendeiros passam por inúmeras dificuldades para acompanhar seu gado, devido a sua ausência por problemas do cotidiano que simplesmente impedem o acompanhamento diário do fazendeiro. Devido a isso, surgem ocasiões que geram transtornos e podem gerar prejuízos, tais como a perda de vacas por terem fugido da propriedade ou por ficarem atoladas. Levando em consideração tais problemas, propõem-se formas de monitorar o gado à distância, para um melhor gerenciamento por parte dos fazendeiros.

A solução proposta por todo o projeto<sup>1</sup> visa realizar o monitoramento e gerenciamento dos animais à distância, usando a tecnologia referente ao *IoT - Internet of Things*, cuja tradução direta é “Internet das Coisas”. Seus principais preceitos se baseiam na ligação entre alguma “coisa” física ao meio das comunicações de rede dinâmica e global, com a capacidade de interação com o objeto físico em questão, no que tange à coleta e transmissão de dados. Para tal interfaceamento, utilizam-se sistemas eletrônicos pré-programados conectados em alguma rede, bem como na rede global, permitindo a execução de ações por parte do objeto físico de modo inteligente. Esta comunicação pode ser realizada pelo uso do *Wi-Fi* ou do *bluetooth*.

Para o amplo emprego dessa tecnologia, é preciso viabilizar algumas características fundamentais no sistema pré-programado, sendo estes o tamanho, o custo e a autonomia. A autonomia é definida como o período máximo que o circuito poderá ser mantido em constante funcionamento sem apresentar falhas. Para se alcançar um bom valor, foram empregadas as mais recentes formas de tecnologia de baixo consumo disponíveis no mercado, que consistiu no emprego de Microcontroladores específicos e de protocolos de comunicação aplicados ao baixo consumo, além do aprimoramento de técnicas justapostas que relacionam dois ou mais modos de operação para uma combinação satisfatória.

Um desafio no que diz respeito ao emprego desse sistema está justamente em cumprir com uma boa viabilidade o tamanho e o custo final do sistema eletrônico, sem que se perca a autonomia necessária para o funcionamento do código fonte<sup>2</sup>. Será considerado um tamanho que caiba em uma etiqueta utilizada pelos fazendeiros para a identificação de cada animal, como mostrado na Figura 1, a qual é presa em uma de suas orelhas. Também é importante se analisar o custo do protótipo, o qual recorre da compra de dois componentes principais: o processador utilizado e a bateria escolhida para alimentar o circuito.

---

<sup>1</sup> O projeto completo constitui-se de duas partes separadas, que serão desenvolvidas em paralelo. A primeira parte é a que constitui o código fonte de todo o sistema de monitoramento e gerenciamento. A segunda parte é composta pelo *hardware* envolvido nos nós da rede, nos estudos referentes aos modelos de bateria e nos diferentes modos de operação envolvidos no estudo do consumo do circuito.

<sup>2</sup> O código fonte consiste nas operações pré-programadas que o circuito eletrônico fará atuando no meio físico.

**Figura 1: Modelo de etiqueta que será utilizada**



Fonte: <http://portuguese.animal-microchip.com> (2018).

A pesquisa em questão está sendo desenvolvida por meio de uma parceria entre o IFMG – Campus Avançado Conselheiro Lafaiete e a Universidade Federal de São João Del Rei, sendo que esta última é responsável por desenvolver toda a parte de *software* do protótipo e pela escolha do Microcontrolador, que consistiu na primeira etapa do projeto. Os Microcontroladores escolhidos para a realização dos estudos são da família ESP (ESP8266 e ESP32), por apresentarem alto desempenho em eficiência energética, portabilidade de comunicação *Wi-Fi* e, no caso do ESP32, o uso do BLE (*bluetooth* de baixo consumo).

Com tais Microcontroladores, acredita-se que é possível acrescentar autonomia ao protótipo sem custos significativos, visto que se apresentam como uma tecnologia de fácil acesso e com recursos de baixo consumo já inclusos. Além disso, apresentam boa compatibilidade com o tamanho total do projeto, facilitando a instalação na etiqueta.

O trabalho produzido no IFMG consiste no desenvolvimento do *hardware* do *chip*, com foco no consumo energético do mesmo. Para tanto, foram realizadas inúmeras análises de diversos modelos de baterias, com a finalidade de se obter o modelo que melhor atende às necessidades de tamanho, custo e capacidade energética, para acréscimo da autonomia.

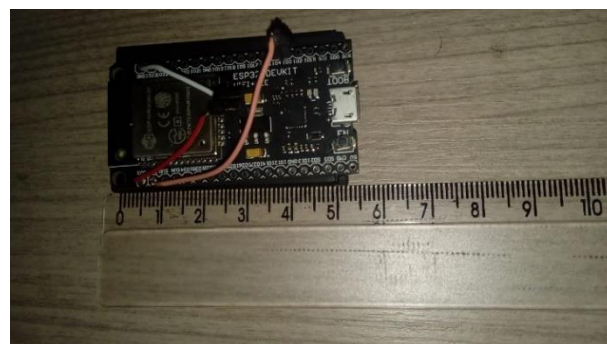
Nas Figuras 2 e 3, apresentam-se as versões dos dois *chips* ESP que servirão como base para os futuros protótipos, levando em consideração os modelos de bateria da mesma proporção, além de outros componentes externos de tamanho reduzido, necessários para o funcionamento do circuito.

**Figura 2: Modelo de protótipo utilizando o ESP8266**



Fonte: Autoria própria

**Figura 3: Modelo de protótipo utilizando o ESP32**



Fonte: Autoria própria

## METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa dos diversos modelos e tipos de baterias para o *chip*, com a finalidade de se optar por aquela que tenha maior eficiência nos critérios já mencionados (tamanho, custo e autonomia). Como resultado de tal pesquisa, apresenta-se a Tabela 1, com vinte e oito modelos distintos. As especificações contidas nesta tabela fazem menção às informações fornecidas pelos fabricantes das baterias, tais como *Rontek*, *Energy Power* e *Minamoto*, dentre outros. (STA-ELETRONICA, 2018); (GOLDPOWER, 2018); (MOXDOTCELL, 2018); (COMP DISTRIBUIDORA, 2018); (MINAMOTO, 2018).

**Tabela 1: Modelos de bateria**

Numeração	Marca	Modelo	Modelo químico	Dimensões(mm)			Modelo de tamanho	Preço	mAh	Wh	Custo/wh
				C	L	A					
01	Rontek	RT300AAAB4	Ni-cd	11	44	11	Aaa	R\$4,98	300,00	360,00	0,009722
02	Energy Power	AA Ni-mh	Ni-mh	14,5	50,5	14,5	Aa	R\$8,90	800,00	960,00	0,009271
03	Energy Power	AA Ni-cd	Ni-cd	14,5	50,5	14,5	Aa	R\$9,50	1000,00	1.200,00	0,007917
04	Rontek	AA Ni-mh	Ni-mh	14,5	50,5	14,5	Aa	R\$7,50	2100,00	2.520,00	0,002976
05	Mox	Aaa	Ni-mh	14,5	50,5	14,5	Aa	R\$3,80	2700,00	3.240,00	0,001172
06	Knup	KP-BT9V	Ni-mh	47	20	15	Bat P	R\$12,00	450,00	4.050,00	0,002963
07	FLEX	FX-45B1	Ni-mh	47	20	15	Bat P	R\$28,00	450,00	4.050,00	0,008642
08	FullyMax	-	LIPO	9,5	26	45	Lipo M	R\$15,20	650,00	2.405,00	0,006320
09	Mox	MO-086B	Ni-cd	31,5	44	10,5	Aaa	R\$19,00	700,00	2.520,00	0,001428
10	Rontek	6RT1800SC-CX	Ni-cd	131	51	23	Bat. G	R\$54,04	1800,00	12.960,00	0,004169
11	Rontek	6RT3000SC-CX	Ni-mh	131	51	23	Bat. G	R\$100,14	3000,00	21.600,00	XXXX
12	Rontek	6LR61	Ni-mh	48	26	16	Bat. P	R\$18,50	350,00	2.940,00	XXXX
13	Rontek	-	Ni-mh	2	16	16	P. Botão	R\$5,15	80,00	288,00	XXXX
14	Rontek	-	Ni-mh	42	14	47	4 * Aaa	R\$9,86	1300,00	4.680,00	XXXX
15	Rontek	-	Ni-cd	17	51	57	3 * aa	R\$36,85	600	4.320,00	XXXX
16	FullyMax	-	LIPO	7	20	36	Lipo P	R\$14,40	350,00	1.295,00	0,011119
17	minamoto	LFP803048	LiFePO4	8	30	50	Lipo M	Orçamento	800	2.560,00	XXXX
18	minamoto	LFP603450	LiFePO4	6	34	50	Lipo M	Orçamento	700	2.240,00	XXXX
19	minamoto	LFP101945HP	LiFePO4	10	19	45	Lipo M	Orçamento	440	1.408,00	XXXX
20	minamoto	LFP803048HP	LiFePO4	8	30	48	Lipo M	Orçamento	800	2.560,00	XXXX
21	minamoto	LFR26650E	LiFePO4	26	65	26	D+	Orçamento	3300	10.560,00	XXXX
22	minamoto	LFR18650E	LiFePO4	18,2	64,5	18,2	D+	Orçamento	1500	4.800,00	XXXX
23	minamoto	LFR18490E	LiFePO4	18,2	48,5	18,2	Aa	Orçamento	1000	3.200,00	XXXX
24	minamoto	LFR14500E	LiFePO4	14,1	48,5	14,1	Aa	Orçamento	500	1.600,00	XXXX
25	minamoto	LFR18650P	LiFePO4	18,2	64,5	18,2	D+	Orçamento	1100	3.520,00	XXXX
26	minamoto	LFR26650P	LiFePO4	26	65	26	D+	Orçamento	2300	7.360,00	XXXX
27	minamoto	LP104884	LIPO	10	48	84	-	Orçamento	5000	18.500,00	XXXX
28	FullyMax	-	LIPO	10	26	45	Lipo M	27,20	800	2.960,00	0,00125

Fonte: Autoria própria

Logo após a separação desses vinte e oito modelos, foram realizadas novas pesquisas para delimitar possíveis características que filtrassem novamente os mesmos. Foram consultados os *datasheets*<sup>3</sup> referentes ao modelo ESP8266 e dos seus modos de funcionamento. Primeiramente, foi consultado o circuito da placa, e após a consulta, o circuito integrado regulador de tensão, para se chegar nos valores máximos da placa. (ESPRESSIF SYSTEMS, 2016); (RICHTEK, 2011).

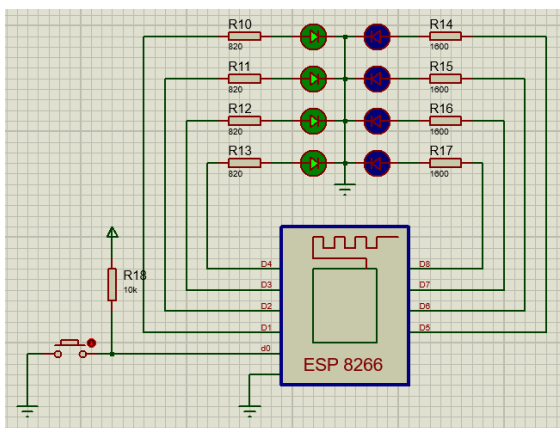
Após essa análise, foi determinada uma nova tabela contendo especificamente cinco modelos que se apresentam como possíveis escolhas finais. Essas baterias serão adquiridas para a realização de experimentos práticos, para assim se chegar a uma conclusão definitiva de qual modelo optar.

Paralelamente, foram desenvolvidos diferentes códigos para os ESPs, apenas para aferir o consumo de energia por cada placa em cada modo de operação, modo de transmissão de dados e em cada modo de 'Sleep'<sup>4</sup>. Cada um desses códigos foi desenvolvido utilizando o Arduino, *software* IDE, sendo que cada um foi programado utilizando a linguagem C++.

As medidas foram feitas utilizando três multímetros de marcas e modelos diferentes, sendo suas aferições relatadas em maior e menor valor medido. A tensão foi coletada em um resistor *shunt*<sup>5</sup> de 1  $\Omega$  em série com o protótipo de teste de consumo. Após a coleta das seis medidas, foi calculada a média aritmética para se chegar ao resultado final de consumo.

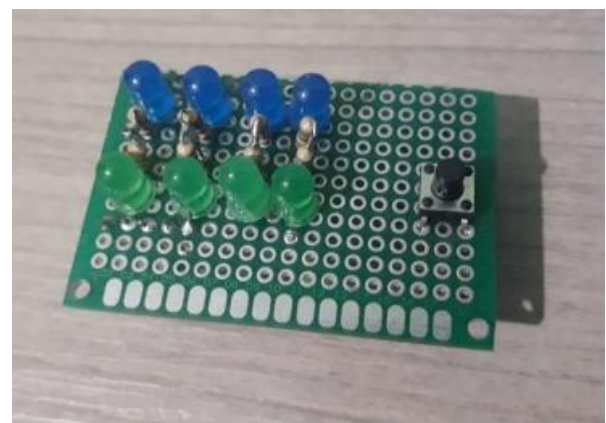
Para o processo de montagem do protótipo de teste de consumo, foram utilizados oito *leds*, sendo quatro azuis e quatro verdes com seus respectivos resistores, conforme diagrama eletrônico mostrado na Figura 4. Para a montagem, foi utilizado um ferro de solda para soldar os componentes, estanho, e por fim, a placa ilhada. O resultado final é apresentado na Figura 5.

**Figura 4: Esquemático eletrônico montado no Software Proteus Design Suite**



Fonte: Print Screen do Software Proteus

**Figura 5: Placa protótipo montada em placa universal de pontos**



Fonte: Autoria própria

<sup>3</sup> *Datasheet* é um arquivo digital que contém diversas informações técnicas do fabricante sobre um dado componente eletrônico.

<sup>4</sup> *Sleep* é o nome técnico dado ao período em que o processador não realiza grandes funções, como contas aritméticas ou transmissão de dados. Estes períodos de *Sleep* são utilizados basicamente para se poupar energia, ou seja, quando o processador opera neste modo, ele não realiza nenhuma operação que demande grande consumo de energia.

<sup>5</sup> Resistor *shunt* é o nome dado a um resistor que é posto em série com um determinado circuito, com a finalidade de se medir a tensão entre seus terminais e calcular, dessa forma, a corrente elétrica consumida.



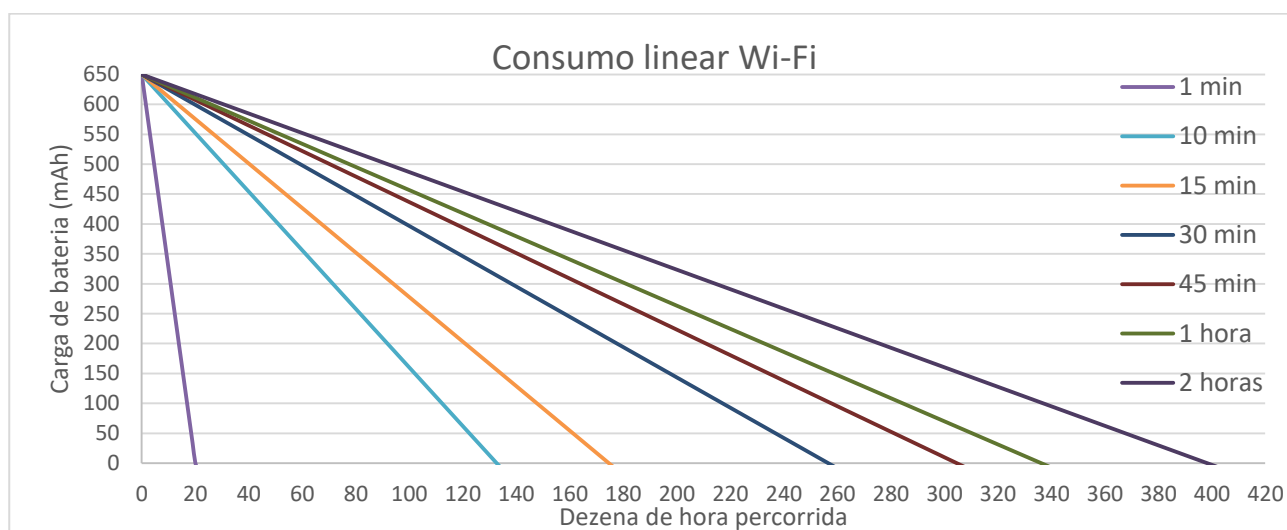
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Posterior à coleta dos dados de consumo, foram criadas equações matemáticas que estimam, de modo aproximado, o gasto energético da placa em diferentes modos de funcionamento com a carga das baterias selecionadas, calculando, dessa forma, os valores de autonomia do protótipo. O Gráfico 1 mostra a relação dos modos de operação selecionados e sua autonomia, tomando como exemplo uma bateria com carga igual a 650 mAh.

Cada modo de operação do *chip* possui vantagens e desvantagens, que serão aprimoradas posteriormente junto à codificação final do projeto. Vale salientar que a principal diferença entre os modos está na velocidade dos rastreamentos realizados, sendo que quanto menor o tempo de repetição, mais precisa será a localização. Caso o tempo fosse zero, o monitoramento seria considerado em tempo real, o que não é viável devido ao alto custo de se manter este sistema funcionando por um longo período.

Outro importante fator é que estes dados ainda não foram comprovados efetivamente na prática, tendo em vista que o projeto ainda não foi concluído. Assim sendo, espera-se que estes dados sejam comprovados no decorrer dos testes práticos. Entretanto, não foi levado em consideração o fato de que a curva de descarga das baterias não é linear, portanto o gráfico mostra uma estimativa para o consumo de energia das mesmas. Ademais, as condições do meio externo, como temperatura, podem apresentar influências na curva de descarga da bateria, fator que só poderá ser analisado com os testes em campo.

**Gráfico 1: Consumo linear de uma bateria de 650 mAh para diversos períodos de monitoramento**



Fonte: Autoria própria

Pelo Gráfico 1, conclui-se que a relação entre o período de monitoramento da posição do gado é inversamente proporcional ao consumo de energia da bateria. Por exemplo, se o monitoramento for feito de minuto em minuto, a bateria teria uma autonomia de apenas 200 horas. Contudo, como a característica de movimentação do gado é suave e lenta, é possível averiguar tal posição em períodos maiores, a fim de diminuir o gasto de energia do chip e, conseqüentemente, aumentar sua autonomia.

Assim sendo, foi considerado o período de duas horas para cada monitoramento, pois é o que demonstra a maior autonomia, com aproximadas 4.000 horas, equivalentes à cinco meses e dez dias. Todavia, esse valor pode ser aumentado caso a bateria escolhida pelo fazendeiro seja de maior porte.

O sistema apresentado se mostra possível nas perspectivas de *hardware*, dentro dos parâmetros previamente estabelecidos dentre tamanho, custo e autonomia, uma vez que com o tamanho apresentado, pode-se acoplar o *chip* à etiqueta, tendo ainda um custo acessível ao produtor agrícola. Ademais, pode-se optar por modelos de bateria de maior custo, caso seja da opção do fazendeiro, ganhando, dessa forma, maior autonomia.

Para futuras implementações, pode-se estudar a adição de um LDR (*light dependent resistor*), cuja tradução direta se refere a um resistor dependente de luz. Este componente detecta o início da noite através da variação do seu valor de resistência, e desliga todo o *chip* até o amanhecer, pois espera-se que o monitoramento não seja de muita significância durante a noite. Podem-se utilizar outros sensores ou métodos para a detecção do início da noite, mas deve-se atentar ao consumo energético, com a intenção de que este não exceda grandes valores.

Além disso, pode-se avaliar a possibilidade da utilização de um painel solar integrado ao circuito, com a finalidade de realimentar a bateria e garantir maior autonomia ao projeto. Deve-se salientar que, para que o método funcione, é preciso realizar adaptações nos *chips*, com a finalidade de torna-los compatíveis com recarga de energia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANTANDER NEGÓCIOS. A importância do agronegócio para o Brasil. Disponível em: <<https://www.santandernegocioseempresas.com.br/detalhe-noticia/a-importancia-do-agronegocio-para-o-brasil.html#>>. Acesso em: 19, julho, 2018.

ESPRESSIF SYSTEMS. Datasheet ESP8266 – Low Power Solutions. 2016

RICHTEK. Datasheet RT9013 – 500mA, Low Dropout, Low Noise, Ultra-Fast without Bypass Capacitor CMOS LDo Regulator. Abril, 2011.

STA-ELETRONICA. Pilhas e baterias Rontek. Disponível em: <<http://www.sta-eletronica.com.br>>. Acesso em 21 de abril de 2018

GOLDPOWER. Pilhas e baterias Ni-mh. Disponível em: <<http://www.goldpower.com.br>>. Acesso em 21 de abril de 2018.

MOXDOTCELL. Pilha recarregável MO-AA2700. Disponível em: <<http://www.moxdotcell.com.br/>>. Acesso em 21 de abril de 2018.

COMP DISTRIBUIDORA. Bateria recarregável Knup. Disponível em: <<https://www.compdistribuidora.com.br>>. Acesso em 21 de abril de 2018.

MINAMOTO. Lithium Polymer – Standard Type MODELS. Disponível em: <<http://www.minamoto.com>>. Acesso em 05 de junho de 2018