

Cleiton Anderson Profilio dos Santos

Desenvolvimento de leitora RFID para pecuária de precisão



Campo Grande - MS

2021

Cleiton Anderson Profilio dos Santos

Desenvolvimento de leitora RFID para pecuária de precisão

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Computação Aplicada, da Faculdade de Computação, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

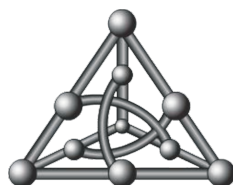
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Faculdade de Computação

Mestrado Profissional em Computação Aplicada

Orientador: Prof^o. Dr^o. Fábio Iaione

Coorientador: Me. Quintino Izidio dos Santos Neto



Campo Grande - MS

2021

À minha amada esposa, que não mediu esforços em me acompanhar e me auxiliar em mais uma etapa importante em minha vida pessoal e profissional. Te Amo! Aos meus pais que sempre fizeram o possível por minha educação. A José Miguel (in memoriam) e Maria Helena meus sobrinhos.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus por sempre abençoar a mim e à minha família. Ao professor Gilcélio Luiz Peres, Diretor Geral do Campus Avançado Tangará da Serra, e à professora Érica Baleroni Pacheco, Chefe do Departamento de Ensino do campus, por me apoiarem nesse desafio e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) por conceder essa oportunidade ímpar de qualificação profissional. Ao meu orientador, professor Fábio Iaione, por todo o tempo, atenção e dedicação despendidos a mim e ao projeto. À Embrapa Gado de Corte pelo apoio durante o desenvolvimento da pesquisa. Aos amigos que fiz durante essa caminhada que sempre estarão em minhas lembranças e aos que me apoiaram durante todo o percurso. À Faculdade de Computação (FACOM) da UFMS e a todos os professores pela experiência ímpar em minha vida pessoal e profissional no mestrado.

Resumo

O monitoramento do rebanho bovino vai além de sua simples identificação. Utilizando a tecnologia *Radio Frequency IDentification* (RFID) é possível medir parâmetros fisiológicos, como a temperatura corporal, que permite inferir sobre o estado de saúde do animal. Isso torna-se mais delicado com a retirada gradativa da vacinação contra a febre aftosa, que no estado de Mato Grosso do Sul será em 2021 (IAGRO, 2019). Sendo assim, é necessário adotar alguma técnica que permita identificar o estado febril do animal em tempo hábil, separá-lo dos demais e adotar os devidos procedimentos. A Faculdade de Computação (FACOM) e a Embrapa Gado de Corte desenvolveram transponders para medição de temperatura corporal, e uma dificuldade constante é a falta de leitoras que funcionem adequadamente. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma leitora RFID compatível com as normas ISO 11784 e ISO 11785 que possa ser instalada no local de passagem dos animais, fazendo a leitura das tags (brincos, bolus e implante subcutâneo, entre outros) e enviando os dados via LoRaWAN, GSM/GPRS ou Wi-Fi à plataforma TagoIO, servidor FTP, banco de dados MySQL ou planilha do Google Drive. Através de uma interface *web* é possível realizar todas as configurações do equipamento. Isso permitirá o uso do equipamento nas mais diversas localidades. Além disso, foi desenvolvido um produto de baixo custo que seja acessível aos pequenos e médios produtores.

Palavras-chave: pecuária de precisão; leitora RFID; sistemas embarcados; multi-conectividade.

Abstract

Monitoring the cattle herd goes beyond simple identification. Using Radio Frequency Identification (RFID) technology, it is possible to measure physiological parameters, such as body temperature, which allows inferences about the health status of the animal. This becomes more delicate with the gradual withdrawal of vaccination against foot-and-mouth disease, which in the state of Mato Grosso do Sul will be in 2021 ([IAGRO, 2019](#)). Therefore, it is necessary to adopt some technique that allows identifying the febrile state of the animal in a timely manner, separating it from the others and adopting the appropriate procedures. The Faculty of Computing (FACOM) and Embrapa Beef Livestock have developed transponders for measuring body temperature, and a constant difficulty is the lack of readers that work properly. The objective of this work is to develop an RFID reader compatible with ISO 11784 and ISO 11785 standards that can be installed at the place where animals pass, reading the tags (earrings, bolus and subcutaneous implant, among others) and sending the data via LoRaWAN, GSM/GPRS or Wi-Fi to TagoIO platform, FTP server, MySQL database or Google Drive spreadsheet. Through a web interface it is possible to carry out all the equipment configurations. This will allow the equipment to be used in the most diverse locations. In addition, a low-cost product that is accessible to small and medium producers was developed.

Keywords: precision livestock; RFID reader; embedded systems; multiconnectivity.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Leitoras RFID da Embrapa Gado de Corte.	23
Figura 2 – Visão geral da leitora RFID.	35
Figura 3 – Diagrama de blocos da leitora RFID.	36
Figura 4 – Pinagem do ESP32-WROOM-32D, versão com 38 pinos.	39
Figura 5 – Leitor RFID do fabricante Priority 1 Design. Dimensões: 66 mm x 37 mm.	40
Figura 6 – Conectores do módulo leitor RFID, modelo RFIDRW-E-TTL.	41
Figura 7 – Antena RFID modelo RFIDCOIL-250A.	44
Figura 8 – Antena RFID circular construída para utilização estacionária.	45
Figura 9 – Antena portátil em formato de "raquete".	46
Figura 10 – Numeração dos pinos do módulo LoRaWAN RD49C.	47
Figura 11 – Módulo SIM800L EVB com a antena. Dimensões: 15,8 x 17,8 x 2,4 mm.	50
Figura 12 – Módulo GPS GY-NEO6MV2 com a antena. Dimensões: 35 x 25 x 25mm.	51
Figura 13 – Módulo Relé 5V com 4 Canais. Dimensões: 80 x 60 x 20 mm.	52
Figura 14 – Sensor de proximidade PR18S-TM10DNO com indicação dos terminais.	53
Figura 15 – Módulo regulador de tensão ajustável LM2596 SMD 3A.	54
Figura 16 – Painel solar responsável por recarregar a bateria da leitora. Dimensões: 145 x 260 mm.	54
Figura 17 – Fluxograma do firmware desenvolvido para a leitora.	56
Figura 18 – Teste de acesso ao servidor FTP com as credenciais criadas na instalação do pacote VSFTPD.	61
Figura 19 – Estrutura da tabela <code>leituras</code> do banco de dados <code>leitora</code>	62
Figura 20 – Aplicação leitora criada na interface <i>web</i> do Chirpstack.	64
Figura 21 – Módulo LoRaWAN Radioenge adicionado na aplicação criada.	64
Figura 22 – Configuração da integração HTTP.	65
Figura 23 – Hardware da leitora com a identificação dos componentes. Dimensões 380 x 300 x 120 mm.	67
Figura 24 – Hardware da leitora, visão mais aproximada dos componentes acondicionados dentro da caixa protetora.	68
Figura 25 – Diagrama de fluxo da interface <i>web</i> da leitora.	71
Figura 26 – Seção <i>status</i> da página principal da interface da leitora.	72
Figura 27 – Botão para realizar download das leituras não transmitidas.	72
Figura 28 – Seção configurações gerais da página principal da interface da leitora.	73
Figura 29 – Seções Status dos relés, Reset de Fábrica e Wi-Fi da página principal da interface da leitora.	73

Figura 30	– Página principal da interface <i>web</i> da leitora informando que não foi possível obter informações de data, hora e coordenadas.	75
Figura 31	– Página de atualização de data e hora manualmente.	75
Figura 32	– Página de atualização das coordenadas manualmente.	76
Figura 33	– Página de alteração da prioridade de transmissão.	76
Figura 34	– Página de atualização do intervalo entre as transmissões.	77
Figura 35	– Página de configuração do destino FTP.	78
Figura 36	– Página de configuração do destino Google.	78
Figura 37	– Página de configuração do destino Banco de Dados MySQL.	79
Figura 38	– Página de configuração do destino TagoIO.	79
Figura 39	– Página de confirmação da configuração do destino TagoIO.	80
Figura 40	– Página de alteração da ordem dos destinos de transmissão.	80
Figura 41	– Página de atualização do fuso horário da leitora.	81
Figura 42	– Tela de confirmação antes de reiniciar a leitora.	82
Figura 43	– Página de envio de comandos ao módulo RFID.	82
Figura 44	– Página de exibição da resposta ao comando enviado para o módulo RFID.	83
Figura 45	– Página de exibição da resposta ao comando enviado para o módulo LoRaWAN.	83
Figura 46	– Seção Status dos relés mostrando que os relés 2 e 3 estão ligados.	84
Figura 47	– Página para conectar a leitora à uma rede Wi-Fi.	85
Figura 48	– Página de personalização da rede Wi-Fi criada pela leitora.	85
Figura 49	– Página de configuração para transmissão via LoRaWAN com ativação ABP.	86
Figura 50	– Página de configuração para transmissão via LoRaWAN com ativação OTAA.	86
Figura 51	– Página de configurações do SIM Card da operadora de telefonia celular.	87
Figura 52	– Dispositivos criados na plataforma TagoIO para transmissão dos dados da leitora.	88
Figura 53	– Leituras transmitidas via Wi-Fi sendo visualizadas no Payload Parser da plataforma TagoIO.	89
Figura 54	– Leituras transmitidas via GSM/GPRS sendo visualizadas no Payload Parser da plataforma TagoIO.	89
Figura 55	– Leituras transmitidas via LoRaWAN sendo visualizadas no Payload Parser da plataforma TagoIO.	90
Figura 56	– <i>Widget</i> adicionado a <i>dashboard</i> criada na plataforma TagoIO para visualização das leituras transmitidas via LoRaWAN.	90
Figura 57	– Exibição da estrutura de diretório e das leituras transmitidas no dia 15/03/2021, no terminal, que estão armazenadas no servidor FTP.	91

Figura 58	–Exibição da estrutura de diretório e das leituras transmitidas no dia 14/03/2021 para o servidor FTP remoto.	91
Figura 59	–Leituras armazenadas no banco de dados MySQL local.	92
Figura 60	–Leituras armazenadas no banco de dados MySQL remoto.	92
Figura 61	–Planilha criada no Google Drive para recebimento das leituras transmitidas pela leitora.	93
Figura 62	–Antena RFIDCOIL-250A fixada em base de PVC.	94
Figura 63	–Primeiro teste de campo.	95
Figura 64	–Antenas confeccionadas para o segundo teste.	96
Figura 65	–Interrupção do feixe infravermelho e aproximação manual do transponder a 10 cm da antena dentro do corredor do mangueiro digital.	97
Figura 66	–Leitora montada no mangueiro digital da Embrapa Gado de Corte.	98
Figura 67	–Transmissões via LoRaWAN exibidas no Mangueiro Digital.	99
Figura 68	–Leituras transmitidas no teste de campo do dia 08/03/2021 sendo recebidas no <i>gateway</i> LoRaWAN.	99
Figura 69	–Tela principal TagoIO.	109
Figura 70	–Lista de dispositivos já adicionados.	110
Figura 71	–Selecionando conexão HTTPS.	110
Figura 72	–Tela de criação de novo dispositivo.	111
Figura 73	–Identificando <i>Device Token</i> do dispositivo adicionado.	112
Figura 74	–Criando <i>payload parser</i> para o dispositivo adicionado.	112
Figura 75	–Verificando dados recebidos com o <i>Live Inspector</i>	113
Figura 76	–Criando um novo painel.	113
Figura 77	–Adicionando tabela dinâmica ao painel.	114
Figura 78	–Adicionando variáveis para serem exibidas na tabela.	114
Figura 79	–Visualizando a tabela no painel.	115
Figura 80	–Testando acesso ao <i>script</i> PHP hospedado no servidor.	121
Figura 81	–Uso do cURL para realizar POST e enviar dados ao BD.	122
Figura 82	–Campos obrigatórios da planilha.	123
Figura 83	–Identificando o ID da planilha.	124
Figura 84	–Acesso ao editor de <i>script</i>	124
Figura 85	–Código do <i>script</i>	126
Figura 86	–Publicar <i>script</i> criado.	127
Figura 87	–Publicar <i>script</i> como App da Web.	127
Figura 88	–Configuração de permissão do <i>script</i>	128
Figura 89	–Dados do <i>script</i> criado.	128
Figura 90	–Teste de funcionamento do <i>script</i>	129

Figura 91	–Chaves para autenticação OTAA do módulo LoRaWAN Radioenge.	131
Figura 92	–Chaves para autenticação ABP do módulo LoRaWAN Radioenge.	132
Figura 93	–Informações gerais do perfil com autenticação ABP.	132
Figura 94	–Aba JOIN do perfil com autenticação ABP.	133
Figura 95	–Informações gerais do perfil com autenticação OTAA.	133
Figura 96	–Aba JOIN do perfil com autenticação OTAA.	134
Figura 97	–Adicionar/configurar integrações da aplicação.	134

Lista de tabelas

Tabela 1	– Modelos e valores de leitoras RFID específicas para pecuária de precisão.	23
Tabela 2	– Frequências mais utilizadas em aplicações RFID.	28
Tabela 3	– Bases de dados utilizadas.	31
Tabela 4	– Resultados da busca.	31
Tabela 5	– Descrição dos pinos do conector J1.	41
Tabela 6	– Descrição dos pinos do conector J2.	41
Tabela 7	– Descrição dos pinos para conexão de dispositivos sinalizadores.	42
Tabela 8	– Descrição dos pinos de conexão com a antena.	42
Tabela 9	– Descrição de alguns comandos do módulo LoRaWAN RD49C e exemplos de uso.	47
Tabela 10	– Descrição dos pinos do módulo LoRaWAN RD49C.	48
Tabela 11	– Soluções e respectivos custos para implementação de comunicação via satélite.	48
Tabela 12	– Tipo dos comandos AT do módulo SIM800L.	50
Tabela 13	– Modos de hibernação e componentes ativos do ESP32.	57
Tabela 14	– Consumo de energia em diferentes modos de operação e de hibernação do ESP32.	57
Tabela 15	– Medições do consumo de corrente da leitora.	69
Tabela 16	– Medições do consumo de corrente da leitora ao realizar leituras e transmissões.	69
Tabela 17	– Consumo da leitora durante 24 horas (86400 s), considerando a passagem de 200 animais próximos a antena.	98
Tabela 18	– Custo dos componentes da leitora RFID.	100

Lista de abreviaturas e siglas

ABP	<i>Activation by Personalization</i>
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
AP	<i>Access Point</i>
APN	<i>Access Point Name</i>
CRC	<i>Cyclic Redundancy Check</i>
CSV	<i>Comma Separated Values</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FACOM	Faculdade de Computação da UFMS
FDX	<i>Full Duplex</i>
FOB	<i>Free On Board</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Services</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile</i>
HDX	<i>Half Duplex</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IFF	<i>Identification Friend-or-Foe</i>
IoT	<i>Internet of Things</i> - Internet das Coisas
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LAMPP	Linux, Apache, MySQL e PHP
LF	<i>Low Frequency</i>

LoRa	<i>Long Range</i>
LPWAN	<i>Low Power Wide Area Network</i>
LTE	<i>Long Term Evolution</i>
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MCU	<i>Microcontroller Unit</i>
MEC	Ministério da Educação
OIE	Organização Mundial de Saúde Animal
OTAA	<i>Over-the-Air Activation</i>
QS	Questões de Seleção
RF	Radiofrequência
RFID	<i>Radio Frequency IDentification</i>
SISBOV	Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
TTN	<i>The Things Network</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
ULP	<i>Ultra Low Power</i>

Sumário

1	Introdução	21
1.1	Justificativa	22
1.2	Objetivos	24
1.2.1	Objetivos Específicos	24
1.3	Organização do Texto	24
2	Fundamentação Teórica	27
2.1	RFID	27
2.1.1	Normas Relacionadas à RFID	28
2.2	Tecnologias de Comunicação sem Fios	29
2.3	Trabalhos Relacionados	30
2.4	Considerações Finais	34
3	Materiais e Métodos	35
3.1	Visão Geral	35
3.2	Definição do módulo microcontrolador	38
3.3	Definição do módulo leitor RFID	38
3.3.1	Informações Técnicas do Módulo	39
3.3.2	Conectores do módulo	40
3.3.3	Comunicação com o módulo	42
3.4	Antenas RFID	44
3.5	Definição do módulo de comunicação LoRaWAN	46
3.5.1	Comandos de configuração e envio de pacotes	46
3.5.2	Especificação e recursos	47
3.6	Comunicação via satélite	48
3.7	Definição do Módulo de Comunicação GSM/GPRS	49
3.8	Definição do Módulo de Comunicação GPS	50
3.9	Definição dos demais componentes do sistema	51
3.9.1	Relés	51
3.9.2	Sensor de Presença	52
3.9.3	Regulador de Tensão	53
3.9.4	Bateria	53
3.9.5	Painel Solar	54
3.10	Firmware	54
3.10.1	<i>Timeout</i> de Transmissão	57
3.10.2	Menu de Operações	58

3.10.3	Armazenamento de leitura	59
3.11	Destinos de Envio das Leituras	59
3.11.1	TagoIO	60
3.11.2	Servidor FTP	60
3.11.3	Servidor de Banco de Dados MySQL	61
3.11.4	Planilhas Google	62
3.11.5	LoRaWAN com Chirpstack	63
4	Resultados e Discussões	67
4.1	Visão Geral do Hardware	67
4.1.1	Consumo de energia	68
4.2	Visão Geral do Firmware	69
4.2.1	Interface Web	70
4.2.1.1	Configurações de Data, Hora e Coordenadas	74
4.2.1.2	Prioridade de Transmissão	74
4.2.1.3	Intervalo entre as transmissões	76
4.2.1.4	Adicionar/Configurar Destinos	77
4.2.1.5	Ordem dos Destinos	79
4.2.1.6	Configurações de Data e Hora	80
4.2.1.7	Administração Web	81
4.2.1.8	Interface de Comando para Testes	81
4.2.1.9	Status dos relés	83
4.2.1.10	<i>Reset</i> de Fábrica	84
4.2.1.11	Wi-Fi	84
4.2.1.12	LoRaWAN	85
4.2.1.13	GSM/GPRS	87
4.3	Destinos de Envio das Leituras	87
4.3.1	TagoIO	88
4.3.2	Servidor FTP	88
4.3.3	Servidor de Banco de Dados MySQL	90
4.3.4	Planilhas Google	91
4.4	Testes de Campo	92
4.5	Teste de Autonomia da Bateria	96
4.6	Custos da leitora RFID	98
5	Conclusão	101
	Referências	103

Apêndices	107
APÊNDICE A Configurações iniciais TagoIO	109
APÊNDICE B <i>Script</i> PHP para envio de dados ao banco de dados MySQL .	119
APÊNDICE C Criação e configuração da planilha no Google Drive	123
C.1 Procedimentos Iniciais	123
APÊNDICE D Configurações Chirpstack	131
D.1 Configurações na interface <i>web</i> Chirpstack	131
D.2 Payload Parser TagoIO	135
D.3 <i>Script</i> PHP Local	136
D.4 <i>Script</i> PHP Remoto	137

1 Introdução

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o estado de Mato Grosso do Sul é o segundo maior produtor de gado bovino com 11,1% da produção nacional, atrás apenas de Mato Grosso (15,6%). De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, pela primeira vez em quase cem anos houve redução da área de pastagem e aumento da produtividade média da pecuária nacional (SANTOS et al., 2018a).

O Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo, cerca de 222 milhões de cabeças, sendo o maior exportador em volume, mas o terceiro em receita. É possível observar um enorme potencial produtivo que enfrenta dificuldades principalmente da porteira para fora, tais como crise financeira e restrições de barreiras sanitárias (SANTOS et al., 2018a).

Um dos principais desafios é agregar valor à carne produzida, com o uso de tecnologias e obtenção de certificações internacionais. Esta última é interessante destacar, pois traz um grande desafio. Em maio de 2018, o Brasil obteve a certificação de país livre de febre aftosa com vacinação, da Organização Mundial de Saúde Animal (OIE). O próximo passo é retirar a vacinação do rebanho até 2023, cujo objetivo é obter a certificação de país livre da aftosa sem vacinação até 2026 (SANTOS et al., 2018b).

Observa-se um cenário promissor do ponto de vista comercial, porém preocupante do ponto de vista produtivo, principalmente em áreas próximas às fronteiras. Com a retirada da vacinação, além de medidas em conjunto com países vizinhos, é necessário implementar mecanismos de monitoramento dos animais de forma que seja possível identificar alterações da temperatura corporal rapidamente, uma vez que o primeiro sintoma da febre aftosa é a febre alta (SANTOS NETO, 2010).

A rastreabilidade consiste em um conjunto de técnicas que permitem a identificação de um produto, animal ou substância desde sua origem até chegar ao consumidor. Na pecuária permite acompanhar todo o processo produtivo da carne, desde o nascimento do animal, ocorrências importantes como doenças ou infecções, até o abate. Desta forma, é possível identificar a origem da carne garantindo assim maior qualidade e segurança ao consumidor.

Em relação à importância e os benefícios da rastreabilidade, o Sistema CNA/Senar AgroUp (2020, p. 10) traz a seguinte informação:

Austrália, União Europeia, Argentina, Uruguai, Chile e Canadá são exemplos de países que implantaram sistemas de rastreabilidade individual de bovinos em 100% de seus rebanhos e obtiveram êxito no combate de doenças infecciosas, além de promover ampliação significativa no acesso aos principais mercados importadores de carne bovina.

No Brasil, o Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina (SISBOV) é o responsável pelo registro dos produtores exportadores, o objetivo principal é identificar, registrar e monitorar todos os bovinos e bubalinos nascidos no Brasil ou importados a partir de 10 de Janeiro de 2002 (AGROSUISSE, 2020). Além disso, há várias iniciativas da Embrapa voltadas à rastreabilidade que podem ser encontradas em: <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina/rastreabilidade>.

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) permite um acompanhamento mais rápido, seguro e menos invasivo do animal, evitando assim o estresse. Neste sentido, uma das alternativas é a Identificação por Radiofrequência (RFID - *Radio Frequency IDentification*) que permite obter dados dos animais sem o contato direto. Para isso são utilizados identificadores, chamados de transponders ou *tags*, que possuem um código único e permitem a identificação do animal e monitoramento de parâmetros fisiológicos.

A Faculdade de Computação/UFMS, em parceria com a Embrapa Gado de Corte, nos trabalhos de Santos Neto (2010) e Moraes (2018), desenvolveu transponders para identificação e medição de temperatura de bovinos, cujos dados são obtidos por uma leitora RFID quando os animais aproximam-se da área de leitura.

1.1 Justificativa

A rastreabilidade bovina permite monitorar, dentre vários parâmetros, a temperatura, além da identificação do animal. A temperatura é essencial para detectar problemas infecciosos, ciclo reprodutivo ou parto, e a identificação proporciona um acompanhamento que permite rastrear a origem da carne.

Para isso é utilizada a tecnologia RFID, que possibilita a leitura de *tags* a uma certa distância de acordo com a faixa de frequência. Para aplicações envolvendo animais é utilizada a faixa LF (*Low Frequency*), que varia de 125 a 134,2 kHz, de curto alcance, porém com maior penetração em tecidos vivos.

Os identificadores mais utilizados em bovinos são: brinco auricular com botão para identificação, bolus intra-ruminal e implante subcutâneo, que além da identificação permitem monitorar parâmetros fisiológicos. Utilizando uma leitora com antena é possível ler os dados dessas *tags* quando o animal aproxima-se da área de alcance de leitura, uma vez que esses dispositivos geralmente necessitam da energia emitida pela antena para alimentar seu circuito interno, e então, enviar seus dados.

A Embrapa Gado de Corte possui algumas leitoras, vide Figura 1, porém são equipamentos antigos, pesados e a maioria já apresenta defeito, além disso possuem apenas conexão serial EIA/TIA-232. No mercado é possível encontrar alguns modelos de leitora

RFID, mas que possuem um custo relativamente alto e não são específicas para pecuária. Na Tabela 1 são exibidos alguns modelos, valores e se possuem antena inclusa.

Figura 1: Leitoras RFID da Embrapa Gado de Corte.



Fonte: elaborada pelo autor (2019).

Tabela 1: Modelos e valores de leitoras RFID específicas para pecuária de precisão.

Modelo	Fornecedor	Valor (FOB ¹)	Antena inclusa?
212002B	GAO RFID	US\$ 389	Sim
212007	GAO RFID	US\$ 3285	Não
212002	GAO RFID	US\$ 1699	Não
Bastão AT05	Animall TAG	US\$ 754,57	Sim

Fonte: elaborada pelo autor (2019).

Conforme pode ser visto, o custo de uma leitora é consideravelmente alto, o que é agravado considerando que em uma propriedade normalmente seria necessário mais de um equipamento. Além disso, a maioria dos modelos encontrados no mercado envia os dados via USB ou comunicação serial EIA/TIA-232. Para enviar os dados à Internet, é necessário adquirir outros módulos específicos, quando disponíveis, requisito essencial dada a necessidade de obtenção de dados em tempo real.

Além disso, alguns modelos são projetados para uso manual por um operador, necessitando de conexão com a rede elétrica para recarga da bateria, e não sendo adequados para permanecerem no campo de forma estacionária, funcionando automaticamente.

Desta forma, percebe-se a necessidade de uma leitora de baixo custo alimentada por energia solar, que permita realizar leituras das *tags* e enviar os dados à Internet.

¹ Free On Board - sem impostos e frete

Com relação à conectividade, é importante a disponibilidade de várias tecnologias de comunicação, permitindo que o produtor utilize a tecnologia de comunicação de acordo com as condições de conexão de sua propriedade. Isso permitirá a instalação de mais equipamentos em uma propriedade, o melhor monitoramento dos animais e a possibilidade de diminuição dos custos, pois será possível utilizar módulos de comunicação de acordo com a necessidade da propriedade.

1.2 Objetivos

O objetivo desse trabalho é desenvolver uma leitora RFID para leitura de transponders com sensor de temperatura, voltada à pecuária de precisão, com diversas possibilidades de conectividade de rede e alimentada por uma bateria recarregada por meio de energia solar.

1.2.1 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos pode-se citar:

- Pesquisar leitoras RFID - LF (*Low Frequency*), desenvolvidas em pesquisas científicas e disponíveis no mercado;
- Identificar módulos de comunicação de baixo custo e que atendam às demandas da aplicação;
- Projetar a leitora RFID LF com interface *web*;
- Construir um protótipo da leitora RFID para testes;
- Realizar testes em ambiente de campo.

1.3 Organização do Texto

No [Capítulo 2](#), é apresentada a fundamentação teórica sobre RFID e normas para identificação eletrônica de animais, as tecnologias de comunicação sem fio que serão utilizadas e os trabalhos relacionados à pesquisa. No [Capítulo 3](#), são apresentados o diagrama de blocos e uma visão geral da leitora, o processo de definição do módulo microcontrolador, o leitor RFID, os módulos de comunicação LoRaWAN e GSM/GPRS, a pesquisa sobre comunicação via satélite e os demais componentes do sistema. Além disso, são apresentados os principais recursos do *firmware* e os destinos de envio dos dados. No [Capítulo 4](#), é apresentado o equipamento desenvolvido, bem como seus recursos, características, resultados de testes e custos. Para isso, é apresentada uma visão geral do *hardware* e *firmware*

elaborados, detalhando os destinos das transmissões, os testes de campo e de autonomia da bateria, e, por fim, os custos totais da leitora RFID.

2 Fundamentação Teórica

Este capítulo visa realizar uma apresentação do conceito, características e regulamentações da tecnologia RFID, abordar as tecnologias de comunicação sem fios que serão utilizadas pela leitora e apresentar os trabalhos relacionados à pesquisa.

2.1 RFID

A tecnologia RFID utiliza ondas eletromagnéticas para ler ou gravar dados em um chip localizado dentro de uma *tag*, que pode ser um cartão, etiqueta, brinco ou transponder, permitindo identificar objetos, pessoas ou animais (PAIS; COUTO, 2009).

A primeira aplicação RFID foi desenvolvida em 1930 pelo Exército e pela Marinha dos EUA para identificar aeronaves inimigas, sendo chamada de IFF (*Identification Friend-or-Foe* - Identificação de Amigo ou Inimigo). Utilizava um interrogador, que era um sistema de radar, e um transponder que devolvia o sinal para a antena, identificando como aliado. No final de 1960 e início de 1970 foram desenvolvidos os primeiros sistemas comerciais utilizando RFID e, desde então, várias pesquisas trouxeram avanços significativos, como por exemplo, o desenvolvimento de etiquetas em frequências maiores e padronização de códigos com a criação da EPCglobal (HESSEL et al., 2011).

Um sistema RFID é composto basicamente por três elementos: etiqueta, leitora e antenas. A leitora está conectada a um computador ou outro equipamento com capacidade de processamento de dados, que envia sinais de radiofrequência por meio de uma antena em busca de objetos identificáveis, que possuem uma antena e um chip. No momento em que a antena da etiqueta (cartão, brinco ou outra *tag*) recebe a onda, ela é energizada alimentando o chip, que envia os dados para a leitora, por meio da antena (FENNANI et al., 2011).

A comunicação entre as antenas da leitora e da *tag* ocorre por meio de uma frequência específica, definida por normas de padronização para cada aplicação RFID (HESSEL et al., 2011). Na Tabela 2 é possível observar as faixas de frequências mais utilizadas por aplicações RFID e as principais características.

As etiquetas (*tags*) podem ser classificadas em três tipos (DUROC; KADDOUR, 2012):

- Passiva: não possui bateria interna, utilizando a energia do campo eletromagnético da leitora para ativar suas funcionalidades. Possui um custo reduzido e longa vida útil, porém um alcance restrito uma vez que necessita estar na área de alcance do

Tabela 2: Frequências mais utilizadas em aplicações RFID.

Faixa	Banda	Alcance	Vantagens	Desvantagens	Aplicação
LF	125 kHz 134 kHz	Menos de 0,5 metro	Boa operação próximo a metais e água	Curto alcance de leitura	Rastreamento de animais; Controle de acesso; Imobilização de veículos; Autenticação de produtos; Identificação de itens; Bagagens em linhas aéreas; Smart cards e bibliotecas.
HF	13,56 MHz	Menos de 1 metro	Baixo custo das etiquetas; Boa interação; Boa qualidade de transmissão	Necessita de potência elevada nos leitores	Identificação de itens; Bagagens em linhas aéreas; Smart cards e bibliotecas
UHF	860 MHz 960 MHz	Até 9 metros	Baixo custo; Etiquetas com tamanho reduzido	Não opera bem próximo a metais e líquidos	Controle de fornecimento logístico
Microondas	2,45 GHz 5,8 GHz	Acima de 10 metros	Velocidade de transmissão de dados	Não opera bem próximo a metais e líquidos; maior custo	Controle de fornecimento logístico; Pedágio eletrônico

Fonte: adaptada de [Hessel et al. \(2011\)](#).

campo gerado pela leitora ([PAIS; COUTO, 2009](#));

- Semi-passiva: um híbrido da etiqueta ativa e passiva, possui uma bateria apenas para alimentação de parte do circuito interno. Não inicia uma transmissão autonomamente, necessitando do campo gerado pela leitora para isso. Sua bateria precisa ser monitorada e substituída em dado período de tempo ([HESSEL et al., 2011](#));
- Ativa: possui um transmissor e uma bateria interna, desta forma o alcance de leitura é muito maior, além de ser possível armazenar um número maior de informações. A transmissão pode ser iniciada de forma autônoma, sem um comando da leitora, sendo necessário um monitoramento da bateria para eventual substituição. É utilizada em várias aplicações comerciais, tais como, rastreamento de objetos e suprimentos ([FENNANI et al., 2011](#)).

As etiquetas passivas e semi-passivas não possuem um transmissor, desta forma utilizam uma técnica de comunicação que transmite os dados modificando o próprio sinal transmitido pela leitora. As tags LF e HF utilizam acoplamento indutivo, no qual a leitora fornece energia às etiquetas por meio de uma antena em formato de bobina, e o campo eletromagnético criado permite a comunicação. Algumas tags usam o modo *Full Duplex* (FDX), onde transmissor e receptor enviam dados simultaneamente, enquanto que outras utilizam *Half Duplex* (HDX), no qual apenas um pode transmitir por vez.

2.1.1 Normas Relacionadas à RFID

As normas publicadas pela *International Organization for Standardization* (ISO) referentes ao uso de RFID na identificação de animais, segundo [Hessel et al. \(2011\)](#), são:

- ISO 11784: define a estrutura de código para identificação de animais;
- ISO 11785: define conceitos técnicos para identificação de animais, estabelecendo os modos de transmissão FDX e HDX;
- ISO 14223: define a interface de comunicação entre a etiqueta e a leitora RFID, de acordo com as normas ISO 11784 e 11785;
- ISO/IEC 18000 - Parte 2: define os parâmetros para interface aérea de comunicação abaixo de 135 kHz;
- ISO/IEC TR 18047 - Parte 2: métodos de testes para interface aérea de comunicação abaixo de 135 kHz.

Desta forma, uma leitora compatível com a norma ISO 11785 deve fazer a leitura de transponders HDX e FDX. Na Embrapa Gado de Corte há *tags* HDX, bolus intraruminal de cerâmica, e transponders FDX subcutâneos desenvolvidos por Santos Neto (2010) e Moraes (2018).

2.2 Tecnologias de Comunicação sem Fios

No projeto serão utilizadas as seguintes tecnologias de comunicação para transmissão de dados da leitora:

- Wi-Fi: definido pelo protocolo IEEE 802.11 e amplamente utilizado em ambiente urbano devido à sua facilidade de instalação e expansão. Na frequência 2,4 GHz pode alcançar até 46 metros em ambientes internos e 92 metros em ambientes externos. Pode ser utilizado pela leitora para transmissão das leituras, caso haja uma rede ao alcance. Além disso, por meio de uma conexão Wi-Fi é possível baixar as leituras não transmitidas e realizar todas as configurações do equipamento, a ser abordado na Seção 4.2.1;
- *Low Power Wide Area Network* (LPWAN): são redes desenvolvidas para atender aos requisitos das aplicações de Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT). Seus principais objetivos são realizar transmissões de longo alcance com baixo consumo de energia e baixo custo de comunicação (MEKKI et al., 2019). Além disso, podem ser utilizadas em localidades que não possuem cobertura das redes tradicionais. Dentre as tecnologias mais difundidas podem-se citar LoRa¹, Sigfox² e NB-IoT³.

¹ <https://lora-alliance.org/about-lorawan/>

² <https://www.sigfox.com/en/what-sigfox/technology>

³ <https://www.novida.com.br/blog/nb-iot/>

- *Global System for Mobile Communications*(GSM) e *General Packet Radio Services* (GPRS): também conhecidas como a geração 2.5G que permite a transmissão de dados à Internet (em torno de 40 Kbps) por meio da rede de telefonia celular. Embora tenha uma taxa de transferência baixa, em comparação às gerações de telefonia mais recentes (3G e 4G), atende perfeitamente as aplicações que realizam transmissões de dados em formato de texto ([DATATEM, 2019](#)) e ([SELECTRA, 2020](#)). Além disso, permite, com a ampliação da cobertura celular, o acesso à Internet nas mais diversas localidades. De acordo com informações do site da [Agência Senado \(2019\)](#), no dia 17 de Setembro de 2019 foi aprovado um projeto de lei que visa garantir 100% de cobertura do sinal celular nos distritos com mais de mil habitantes. Esse tipo de conexão será utilizada para obter informações de data e hora e enviar as leituras realizadas;
- *Global Positioning System*: permite obter a posição geográfica e as informações de data e hora de um determinado dispositivo em solo. A precisão das informações obtidas aumenta de acordo com o número de satélites ao alcance do módulo utilizado. A leitora enviará em cada leitura realizada suas coordenadas geográficas, além de obter as informações de data e hora, caso não tenham sido obtidas via GSM/GPRS.

A leitora utilizará as tecnologias de comunicação apresentadas para realizar a transmissão das leituras a partir das mais diversas localidades. Com isso, será construída uma arquitetura modular, permitindo que o produtor adquira a leitora com os módulos de comunicação de acordo com as condições de conectividade de sua propriedade.

2.3 Trabalhos Relacionados

A seleção dos trabalhos relacionados foi realizada da seguinte forma: definição das questões de seleção e da *string* de busca, pesquisa nas bases selecionadas e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão nos resultados de cada base. Foram definidas as seguintes Questões de Seleção (QS):

- QS1: O trabalho está disponível para leitura na íntegra?
- QS2: É utilizado RFID *Low Frequency* (LF) no trabalho?
- QS3: O trabalho desenvolveu ou utilizou alguma leitora RFID?
- QS4: É uma aplicação voltada à pecuária de precisão?
- QS5: Trabalhos encontrados em mais de uma base.

Essas questões foram essenciais para seleção dos trabalhos encontrados, uma vez que o objetivo é encontrar pesquisas onde foi desenvolvida ou utilizada alguma leitora

RFID LF, para entender seus requisitos, construção e funcionamento, além de analisar soluções voltadas à pecuária de precisão (área de aplicação deste trabalho).

Com base em pesquisas e leituras de materiais relacionados ao assunto deste trabalho foi definida a seguinte *string* de busca:

(RFID OR "Radio Frequency Identification") AND (Reader OR Receiver OR Receptor) AND (cattle OR animal OR cows OR bovine OR livestock OR farm) NOT HF

Na Tabela 3 são apresentadas as bases de dados utilizadas para busca dos trabalhos, que foram selecionadas por serem referência em materiais publicados na área da computação. Pretendia-se utilizar a base Google Scholar, porém a falta de recursos de filtragem dos materiais disponíveis para leitura inviabilizou seu uso.

Tabela 3: Bases de dados utilizadas.

Base	Endereço
IEEE Xplore	https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp
ACM Digital Library	https://dl.acm.org/dl.cfm
ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com/
Web of Science	http://apps.webofknowledge.com
Scopus	https://www.scopus.com/freelookup/form/author.uri
Scielo	https://scielo.org/

Fonte: elaborada pelo autor (2019).

A *string* definida sofreu algumas alterações de acordo com a sintaxe da base utilizada, mas sem alterar os termos e a ordem. Na Tabela 4 são exibidos os resultados da busca, e em cada coluna o resultado após aplicação das QS.

Tabela 4: Resultados da busca.

Base	Resultado	QS1	QS2	QS3	QS4	QS5	Total
IEEE Xplore	60	59	12	10	3	0	3
ACM Digital Library	11	1	1	1	0	0	0
ScienceDirect	1339	126	11	9	3	0	3
Web of Science	72	15	1	1	0	0	0
Scopus	144	70	10	10	4	1	3
Scielo	2	1	1	1	1	0	1
Total de trabalhos selecionados							10

Fonte: elaborada pelo autor (2019).

Para identificação dos trabalhos selecionados será adotada a seguinte nomenclatura: abreviação_baseX - Título (autoria) (X= número sequencial de trabalhos da base). A abreviação de cada base foi definida assim: IE - IEEE Xplore; SD - ScienceDirect; SC -

Scopus; SCI - Scielo; lembrando que não há resultados nas bases ACM e Web of Science. A seguir, os trabalhos selecionados serão descritos sucintamente.

IE01 - Full ISO11784/11785 compliant RFID reader in a programmable analog-digital, integrated circuit (ARNAUD; BELLINI, 2010)

Os autores desenvolveram uma leitora RFID portátil para leitura de *tags* em HDX e FDX, no qual os dados lidos são enviados a um microcontrolador de 32 bits que então transmite para um computador via USB ou Bluetooth. No trabalho é descrito o procedimento de leitura de *tags* em modos diferentes e o alcance de leitura (máximo de 33 cm em HDX e 29 cm em FDX). Por fim, é destacado que o equipamento produzido apresenta resultados semelhantes aos melhores leitores portáteis em termos de alcance e tempo de leitura.

IE02 - A low frequency RFID temperature data logger (COSTA; ARNAUD, 2011)

No trabalho foi construído um protótipo de *data logger* para medição de temperatura compatível com as normas ISO 11784/11785 utilizando materiais de baixo custo, uma vez que segundo os autores a maioria dos produtos no mercado apresenta custo elevado e requerem uma conexão cabeada entre leitora e transponder. Foi utilizada uma *tag* ativa HDX, pois trabalhos anteriores destacavam um desempenho melhor, dois termistores do tipo NTC, um microcontrolador PIC16F886 e uma antena para estabelecimento do acoplamento indutivo. Há uma periodicidade na medição da temperatura que é armazenada na memória EEPROM do microcontrolador, que quando não está medindo temperatura entra no modo recepção, aguardando a presença de uma leitora na área de cobertura. Quando está no campo de ativação, envia os dados armazenados.

IE03 - A Novel RFID System for Monitoring Livestock Health State (BOU-AZZA et al., 2017)

Foi desenvolvido um sistema composto por um sensor de temperatura associado a uma *tag* semi-passiva fixada no ouvido do animal. O campo de ativação é gerado por um circuito instalado em um colar, que possui conexão wireless e gerenciamento por um microcontrolador. Os dados são transmitidos para um leitor conectado a um computador, que transmite ao servidor, onde há uma *dashboard* com as informações de monitoramento do estado de saúde dos animais com base na temperatura: verde (normal); laranja (em tratamento) e vermelho (alerta). Uma limitação destacada no trabalho é a autonomia do colar, citando em trabalhos futuros a intenção de buscar uma solução para recarga da bateria de forma a aumentar o tempo de operação.

SD01 - Advanced Animal Track-&-Trace Supply-Chain Conceptual Framework: An Internet of Things Approach (ADDO-TENKORANG et al., 2019)

Foi elaborada uma proposta de baixo custo para rastreabilidade de animais com

RFID, GPRS, GSM e Google Earth. Com a integração à nuvem seria possível monitorar dados de saúde e localização dos animais na África, onde há ocorrência de roubos, sendo importante para o produtor ter esse acompanhamento a um custo acessível.

SD02 - Detection of Low Frequency External Electronic Identification Devices Using Commercial Panel Readers (STEWART et al., 2007)

Foi realizada uma análise do potencial de detecção de etiquetas auriculares HDX e FDX fixadas em bovinos. Foi selecionado um grupo de animais para os testes, que ao passar por um painel de leitoras era verificado se foi possível ler a identificação da *tag*. Este é um problema importante, a identificação de uma grande quantidade de animais em um espaço pequeno e em um curto intervalo de tempo. Os resultados indicaram que o HDX apresenta maior potencial de detecção (99%), enquanto o FDX 93,8%, e no total 97,8%. Os autores chamam a atenção quanto ao uso desse último tipo para o problema descrito acima, já que possivelmente a leitora não conseguirá reconhecer de forma satisfatória todos os animais em determinado espaço.

SD03 - Readability of visual and electronic leg tags versus rumen boluses and electronic ear tags for the permanent identification of dairy goats (CARNÉ et al., 2010)

No artigo foi analisada a rastreabilidade de cabras usando identificação eletrônica nas pernas, bolus e brincos, cujo objetivo era averiguar qual(is) método(s) são mais eficientes. Ao fim, os autores concluem que a identificação eletrônica nas pernas é adequada para cabritos com menos de 6 meses de idade, embora em alguns animais foram observados machucados. Os bolus apresentaram problemas de leituras duplicadas e apenas os brincos apresentaram bons resultados de legibilidade (cerca de 98%).

SC01 - Analysis of fieldwork activities during milk production recording in dairy ewes by means of individual ear tag (ET) alone or plus RFID based electronic identification (EID) (CAPPAI et al., 2018)

O objetivo deste trabalho foi verificar a eficácia da identificação eletrônica em ovinos leiteiros na Espanha, utilizando bolus e brinco de plástico (sem RFID). Para isso foi realizado um comparativo entre a forma manual e automática (usando RFID), no qual os autores destacam vários benefícios do método automático, entre eles o curto tempo necessário para identificação e a alta taxa de acerto (100% nas leituras), enquanto que no método manual podem ocorrer erros humanos.

SC02 - Use of radio frequency identification (RFID) technology to record grazing beef cattle water point use (WILLIAMS et al., 2019)

O trabalho usa balanças de pesagem com RFID para examinar a frequência com que os animais vão até os pontos de água, sendo realizados três experimentos em locais, climas e disponibilidade de água distintos.

Os resultados demonstraram que é possível observar diferenças comportamentais de acordo com a disponibilidade de água e clima, e que isso pode ser utilizado para fazer uma distribuição adequada dos bebedouros, agrupar os animais, identificar os que não bebem água e entender as condições da pastagem.

SC03 - Core body temperature monitoring with passive transponder boluses in beef heifers (SMALL et al., 2008)

Nesse trabalho realizou-se o monitoramento da temperatura corporal em novilhas de corte utilizando bolus FDX. Foram construídos quatro painéis, nos quais haviam leitoras RFID com sensores de temperatura ambiente, umidade relativa, identificação do painel e identificação do bolus, sendo que os dados eram enviados à um *laptop*. Com a passagem dos animais pelo corredor onde estavam os painéis, era possível obter dados para monitorar a saúde dos animais e identificar alterações de forma não invasiva e automatizada. Porém, é destacada a necessidade de mais estudos para ajustar a eficácia do modelo e identificar eventos e características que possam influenciar neste processo.

SCI01 - Designing an electronic identification system and its potential use in beef traceability (MONCAYO et al., 2011)

Neste trabalho foi desenvolvida uma leitora RFID portátil constituída pelo leitor RI-STU-MRD1 TI da Texas Instruments e pelo microcontrolador MotorolaR MC68HC908-GP32CP, para leitura de bolus intra-ruminal de cerâmica. Os dados lidos foram transmitidos para um computador por meio de uma aplicação desenvolvida em VisualBasic. O experimento de campo realizado permitiu analisar e validar o protótipo. As dificuldades encontradas foram o baixo alcance de leitura, uma vez que a antena utilizada e a faixa de frequência (LF) permitiram uma curta distância entre leitora e animal, além disso o material e o *design* da leitora não apresentaram bons aspectos ergonômicos.

2.4 Considerações Finais

Considerando os objetivos desta pesquisa é válido destacar os trabalhos de Arnaud e Bellini (2010) e Moncayo et al. (2011) que desenvolveram leitoras RFID portáteis que transmitem os dados via USB ou Bluetooth, Addo-Tenkorang et al. (2019) com uma proposta de rastreabilidade e localização dos animais e Williams et al. (2019) com o monitoramento comportamental dos animais e a frequência com que vão aos pontos de água. Porém, as leitoras utilizadas ou desenvolvidas não apresentam os recursos do equipamento proposto neste trabalho, principalmente conectividade de rede para transmissão dos dados. A partir disso, é possível verificar a importância do uso das leitoras no monitoramento dos animais, e a necessidade de se desenvolver um equipamento com a capacidade de transmissão dos dados periodicamente, a partir das mais diversas localidades.

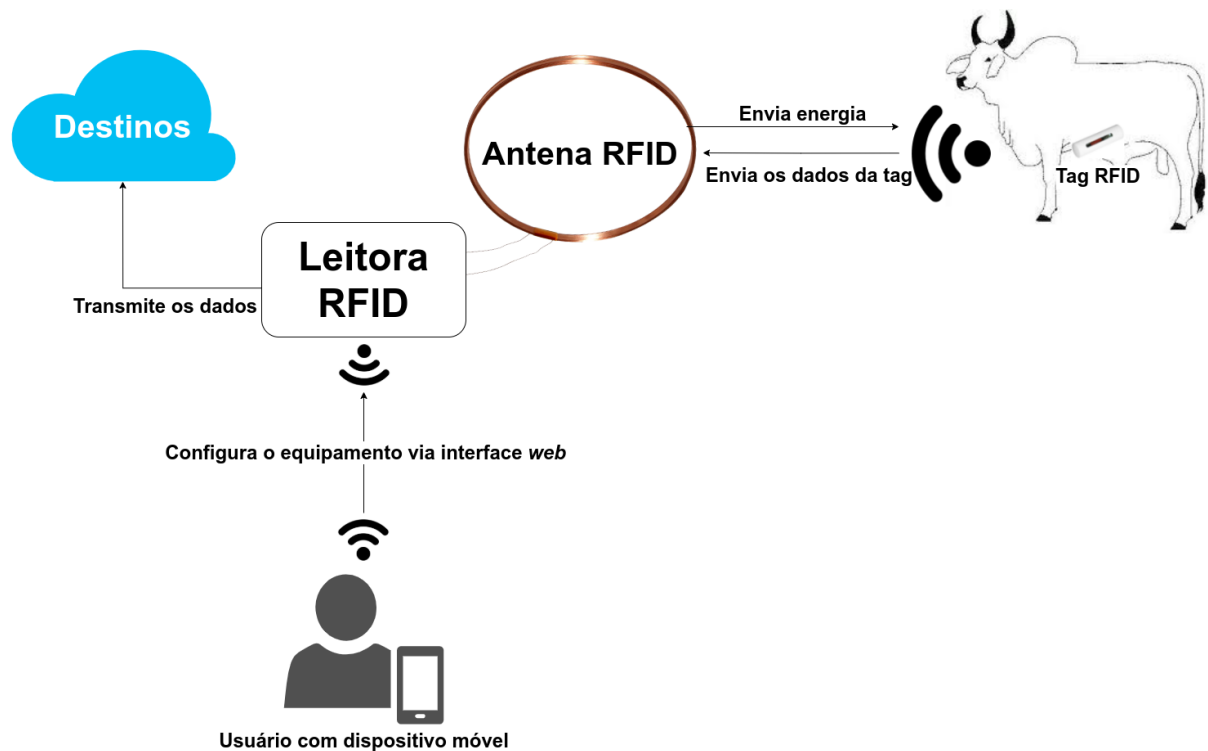
3 Materiais e Métodos

Este capítulo apresenta o diagrama de blocos e uma visão geral da leitora construída, o processo de definição do módulo microcontrolador, o leitor RFID, os módulos de comunicação LoRaWAN e GSM/GPRS, a pesquisa sobre comunicação via satélite e os demais componentes do sistema. Além disso, são apresentados os principais recursos do *firmware* e os destinos de envio das leituras.

3.1 Visão Geral

A Figura 2 apresenta uma visão geral da leitora RFID, a qual recebe os dados obtidos pela antena quando um animal se aproxima da área de leitura. As leituras são armazenadas e transmitidas, em intervalos configuráveis, por meio dos módulos de comunicação para os destinos configurados. Toda a configuração do equipamento é feita via interface *web*, acessível via conexão Wi-Fi (rede criada pela leitora), conforme será abordado na Seção 3.11.

Figura 2: Visão geral da leitora RFID.

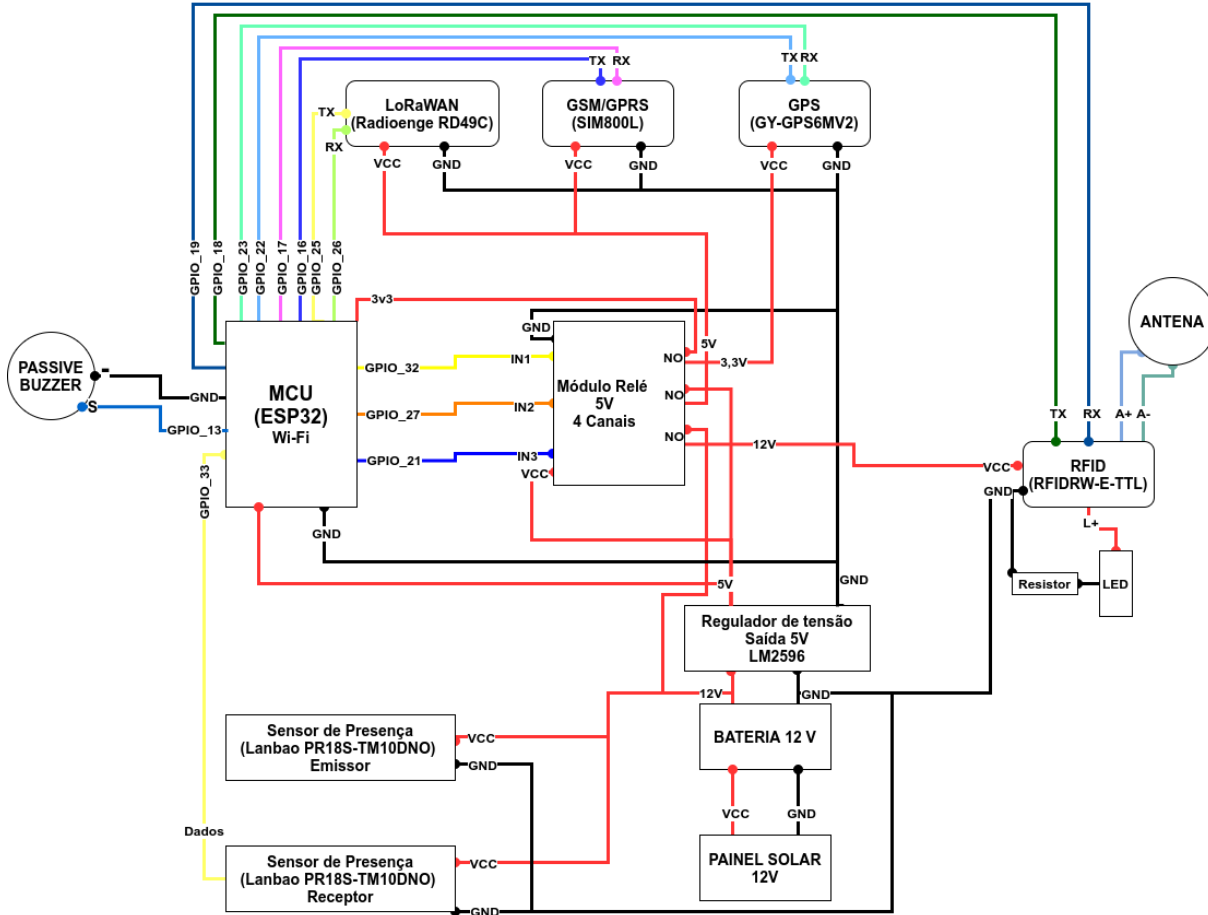


Fonte: elaborada pelo autor (2021).

A Figura 3 exibe o diagrama de blocos da leitora, onde é possível ter uma vi-

são geral do equipamento. Todo o circuito é alimentado por uma bateria de 12V, que é recarregada por um painel solar.

Figura 3: Diagrama de blocos da leitora RFID.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

O sensor óptico de proximidade (emissor e receptor), responsável por identificar quando um animal aproxima-se da leitora, está conectado à saída da bateria (12V). O mesmo ocorre com o módulo leitor RFID, porém passando pelo módulo de relés, uma vez que o *Microcontroller Unit* (MCU) realiza seu acionamento.

A alimentação elétrica dos demais componentes é feita pelo regulador de tensão LM2596, onde entra 12V da bateria e sai 5V, tensão de operação dos componentes. Ele fornece energia para o MCU, módulos Relé, LoRaWAN e GSM/GPRS. O módulo GPS é alimentado pelo pino 3,3V do MCU, uma vez que sua tensão máxima de alimentação é 3,6V.

O módulo relé possui quatro canais dos quais, no projeto, estão sendo utilizados três:

- Canal 1: módulo GPS. Pino 3,3V do MCU conectado ao pino comum (C) e o pino

normalmente aberto (NO) conectado ao pino VCC do GPS. O pino de controle deste canal (IN1) está conectado ao pino GPIO 32 do MCU;

- Canal 2: módulos LoRaWAN e GSM/GPRS. 5V do regulador de tensão conectado ao pino comum (C) do relé e o pino normalmente aberto (NO) conectado aos pinos VCC dos módulos. O pino de controle deste canal (IN2) está conectado ao pino GPIO 27 do MCU;
- Canal 3: módulo leitor RFID. 12V da bateria conectado ao pino comum (C) do relé e o pino normalmente aberto (NO) conectado ao pino VCC do módulo. O pino de controle deste canal (IN3) está conectado ao pino GPIO 21 do MCU.

A alimentação do módulo relé é realizada da seguinte forma: o pino VCC está conectado ao 5V do regulador de tensão e o pino GND está conectado ao GND do mesmo regulador de tensão.

Os pinos GND dos módulos de comunicação LoRaWAN, GSM/GPRS e GPS estão conectados ao GND do regulador de tensão. O GND do módulo leitor RFID está conectado ao GND da bateria, uma vez que a corrente elétrica desse módulo é relativamente elevada.

No módulo leitor RFID ainda há as seguintes conexões:

- Antena: conectada aos pinos A+ e A- do leitor;
- LED: polo positivo conectado ao pino L+ do leitor, polo negativo conectado a um resistor de $1k\Omega$, que está conectado ao GND.

O envio e recebimento de dados do MCU para os módulos é feito via interface UART (EIA/TIA 232, níveis TTL), as conexões são feitas da seguinte forma:

- Módulo leitor RFID: TX conectado ao pino GPIO 18 e RX conectado ao pino GPIO 19 do MCU;
- Módulo GPS: TX conectado ao pino GPIO 22 e RX conectado ao pino GPIO 23 do MCU;
- Módulo GSM/GPRS: TX conectado ao pino GPIO 16 e RX conectado ao pino GPIO 17 do MCU;
- Módulo LoRaWAN: TX conectado ao pino GPIO 25 e RX conectado ao pino GPIO 26 do MCU;

Além disso, há um *buzzer* passivo conectado ao pino GPIO 13, sendo responsável por emitir sinal sonoro quando a leitora finalizar a inicialização, realizar leitura e iniciar nova transmissão.

Por fim, no pino GPIO 33 do MCU está conectado o canal de dados do sensor de proximidade, que mudará o estado lógico de 0 (*low*) para 1(*high*), quando houver interrupção do feixe infravermelho.

3.2 Definição do módulo microcontrolador

O módulo microcontrolador utilizado neste projeto foi o ESP32, desenvolvido pela Espressif Systems. Tal escolha foi baseada nas necessidades do projeto, uma vez que esse MCU já possui módulos Wi-Fi e Bluetooth integrados, o que elimina a necessidade de aquisição de módulos para essas conexões, além de ter baixo custo e consumo de energia.

Ele pode ser programado utilizando o ambiente de desenvolvimento integrado Arduino IDE. O ESP32 oferece simplicidade na programação, recursos de hardware e conectividade ideais para aplicações de IoT, acelerando o processo de desenvolvimento. Dentre os vários recursos disponíveis, pode-se destacar a possibilidade de criar um pequeno servidor *web*, acessível por uma conexão Wi-Fi local, e de utilizar o MCU nos modos Cliente e *Access Point* (AP), o que é extremamente útil para download local das leituras não transmitidas.

Há vários modelos deste módulo microcontrolador, alguns já projetados para determinadas aplicações, como LoRa, por exemplo. Neste projeto foi utilizado o ESP32-WROOM-32D (DevkitC v4), adquirido no mercado internacional pelo valor de US\$ 7,38 (FOB). No Brasil, é possível encontrá-lo por aproximadamente US\$ 13,90 (FOB). Na Figura 4 é possível visualizar a placa e a descrição de cada pino do ESP32 (38 pinos).

3.3 Definição do módulo leitor RFID

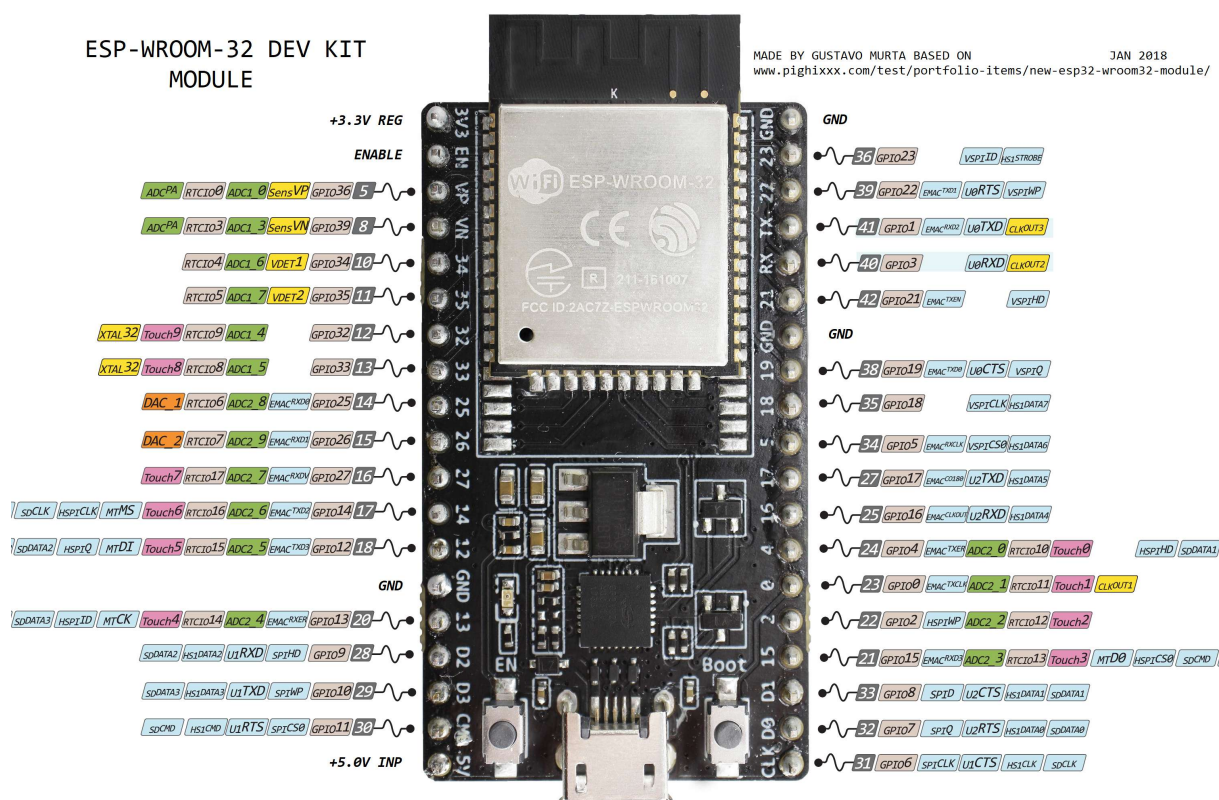
Foi realizada uma pesquisa sobre módulos leitores RFID que fizessem a leitura de tags HDX e FDX, fabricados em larga escala e compatíveis com as normas ISO 11784 e ISO 11785, de forma que o produto final possa ser comercializado futuramente.

Durante a busca, foi encontrada a empresa Priority 1 Design, fabricante australiano, que oferece uma grande variedade de componentes RFID (leitores, antenas, *tags*, entre outros).

Analisando os módulos leitores, foi encontrado o modelo RFIDRW-E-TTL (vide Figura 5) que opera em HDX e FDX e possui conexão EIA/TIA-232 (níveis TTL), e a antena RFID COIL ANTENNA 250 x 250mm. De acordo com o fabricante, um transponder animal de 32 mm no modo FDX permite uma distância de leitura de até 26 cm, e no modo HDX cerca de 20 cm.

Dentre os módulos encontrados, este é o modelo que apresentava o menor custo

Figura 4: Pinagem do ESP32-WROOM-32D, versão com 38 pinos.



Fonte: Murta (2018).

e compatibilidade com as normas ISO 11784 e 11785. Foram encontrados outros modelos que, além de apresentar maior custo, não eram compatíveis com as normas citadas, operando apenas em HDX ou FDX.

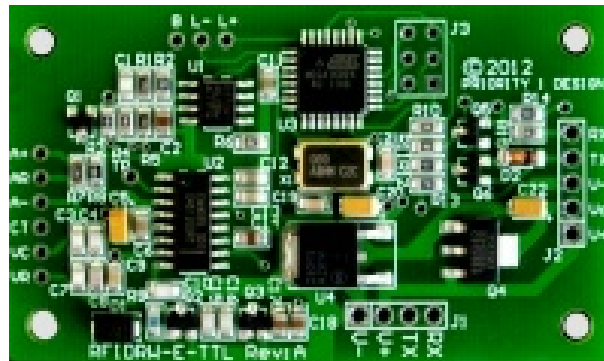
Além de atender aos requisitos do projeto, este módulo apresenta um custo acessível, US\$ 33,05 o módulo e US\$ 16,33 a antena, FOB.

3.3.1 Informações Técnicas do Módulo

De acordo com as especificações técnicas do produto, o módulo RFIDRW-E-TTL é compatível com os seguintes tipos de transponders ([PRIORITY 1 DESIGN, 2007](#)):

- Identificação animal: leitura e escrita em transponders FDX e HDX compatíveis com as normas ISO 11784/11785;
- EM4100: somente leitura de transponders compatíveis;
- Atmel Série T55xx: leitura e escrita;
- EM4205/EM4305: leitura e escrita;

Figura 5: Leitor RFID do fabricante Priority 1 Design. Dimensões: 66 mm x 37 mm.



Fonte:

http://www.priority1design.com.au/shopfront/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=37.

- TIRIS 64 bits e transponders de múltiplas páginas: RI-TRP-R 64 bit apenas leitura; RI-TRP-W 80 bit leitura e escrita; RI-TRP-D 1360 bit múltiplas páginas, 17 páginas de leitura e escrita.

Além disso, o módulo possui os seguintes recursos ([PRIORITY 1 DESIGN, 2012](#)):

- Entrada e saída serial com tensões de 5V e 3,3V, especialmente útil para conexão com microcontroladores, tais como: Arduino, Raspberry e ESP32;
- Permite conectar um LED bi-color (ou simples) e um *buzzer* para indicar a realização de leitura;
- Conexão com antena externa do tipo bobina;
- Alimentação de entrada: 5,5V - 15V;
- Uma saída regulada de 3,3V para alimentação de periféricos.

3.3.2 Conectores do módulo

Os conectores do módulo podem ser vistos na Figura 6.

Na Tabela 5, são exibidos os pinos do conector J1. Importante destacar que a tensão dos pinos RX e TX é de 5V, sendo necessário verificar se o microcontrolador a ser utilizado suporta essa tensão.

Já os pinos RX e TX do conector J2 operam com tensões de 3,3V e existe uma saída de 3,3V para alimentação de periféricos. A Tabela 6 apresenta uma descrição dos pinos deste conector.

Figura 6: Conectores do módulo leitor RFID, modelo RFIDRW-E-TTL.



Fonte: [Priority 1 Design \(2012, p. 2\)](#).

Tabela 5: Descrição dos pinos do conector J1.

Pino	Descrição
V-	GND
V+	Power input, 5,5 - 15V DC
TX	Saída UART 0 - 5V, envio de dados e respostas de comandos
RX	Entrada UART 0 - 5V, recebimento de comandos

Fonte: adaptada de [Priority 1 Design \(2012, p. 2\)](#).

Tabela 6: Descrição dos pinos do conector J2.

Pino	Descrição
V+	Power input, 5,5 - 15V DC
Vo	Saída de 3,3V para alimentação de periférico externo
V-	GND
TX	Saída UART 0 - 3,3V, envio de dados e respostas de comandos
RX	Entrada UART 0 - 3,3V, recebimento de comandos

Fonte: adaptada de [Priority 1 Design \(2012, p. 3\)](#).

A Tabela 7¹ apresenta a descrição dos pinos para conexão de dispositivos sinalizadores, que emitem sinais quando um transponder entra na área de alcance da antena e é lido. Ao ser ligado, o LED se mantém ligado, e pisca quando um transponder é lido. Se for um LED *dual color*, sua cor muda quando for realizada uma leitura.

¹ Os LEDs precisam de um resistor em série para limitar a corrente. O LED simples e o buzzer são ligados no GND.

Tabela 7: Descrição dos pinos para conexão de dispositivos sinalizadores.

Pino	Descrição
L+	Terminal positivo do LED <i>dual color</i> , ânodo do LED comum
L-	Terminal negativo do LED <i>dual color</i>
B	Conexão para <i>buzzer</i>

Fonte: adaptada de [Priority 1 Design \(2012, p. 3\)](#).

A Tabela 8 mostra os pinos para conexão da antena (tipo bobina).

Tabela 8: Descrição dos pinos de conexão com a antena.

Pino	Descrição
A+	Conexão de uma via da antena, por meio de um resistor interno de 22 Ohms
AR	Conexão semelhante à anterior, sem o resistor interno
A-	Conexão de retorno da antena
CT	Capacitor de sintonia para ajuste da frequência de operação
VC	Capacitor divisor para ajuste da intensidade do sinal
VR	Ponto de detecção do sinal

Fonte: adaptada de [Priority 1 Design \(2012, p. 5\)](#).

3.3.3 Comunicação com o módulo

O módulo RFIDRW-E-TTL possui uma porta serial EIA/TIA-232 (níveis TTL) que permite receber os dados lidos pelo módulo e enviar comandos, que são utilizados para configurar algumas funcionalidades ou obter informações. Os comandos são terminados pelo código ASCII de *carriage return* <crn> (0D hex). Os comandos mais importantes para uso do módulo na identificação animal são ([PRIORITY 1 DESIGN, 2012](#)):

- **SD2<crn>**: define o transponder padrão como FDX/HDX. Este comando indica que serão realizadas operações de leitura e escrita com transponders compatíveis com as normas ISO 11784/11785 (configuração *default* do módulo);
- **ST2<crn>**: idêntico ao comando anterior, com a diferença de que esta configuração será armazenada na memória volátil, e ao reiniciar o módulo será revertido para a configuração *default*;
- **RAT<crn>**: lê as informações de um transponder codificado usando o protocolo de identificação animal FDX ou HDX, conforme definido nas normas ISO 11784-11785;
- **SRD<crn>**: desativa o campo de RF emitido pelo módulo, evitando que o campo possa interferir em outros módulos próximos;

- **SRA<crn>**: ativa o campo de RF emitido pelo módulo após ter sido desativado pelo comando anterior (por *default* o campo está sempre ativado);
- **MOF<crn>**: comando utilizado para verificar a frequência de operação e certificar-se de que está compatível a frequência dos transponders, sendo necessário aguardar 1 segundo para que seja realizada a medição;
- **VER<crn>**: usado para ver o número da versão do *firmware* do módulo leitor.

Para cada comando enviado há uma resposta. Os comandos de configuração (SD2, ST2, SRD e SRA) retornarão **OK<crn>** caso sejam bem-sucedidos. O comando MOF retornará a frequência de operação, por exemplo **134,2<crn>**, indicando que a frequência medida é de 134,2 kHz. O último comando retornará por exemplo **206<crn>**, indicando o número da versão do *firmware*.

Por padrão, o módulo leitor ao ser ligado fica aguardando transponders de identificação animal. Quando algum entra no campo de RF, este é lido automaticamente e seus dados enviados via porta serial. Segue abaixo um exemplo de dados pelo módulo leitor:

999_000000001008<crn>

Onde 999 indica o código do país e 000000001008 o código único utilizado para identificar um animal. Caso seja necessário realizar a leitura de dados adicionais, deve-se utilizar o comando RAT.

O comando RAT merece um detalhamento, uma vez que a resposta é maior e composta de informações referentes à identificação do animal e dados adicionais como temperatura, por exemplo. A resposta **?1<crn>** indica *tag* não presente, ou seja, não há nenhum transponder no alcance do campo de RF. Caso contrário, a resposta é composta pelos seguintes campos:

código do país_código de identidade nacional_bit de status animal_status bloco de dados_bits de checagem_bloco de dados

O caractere " " (*underline*) é o separador de dados, onde cada parte da resposta representa ([PRIORITY 1 DESIGN, 2012](#)):

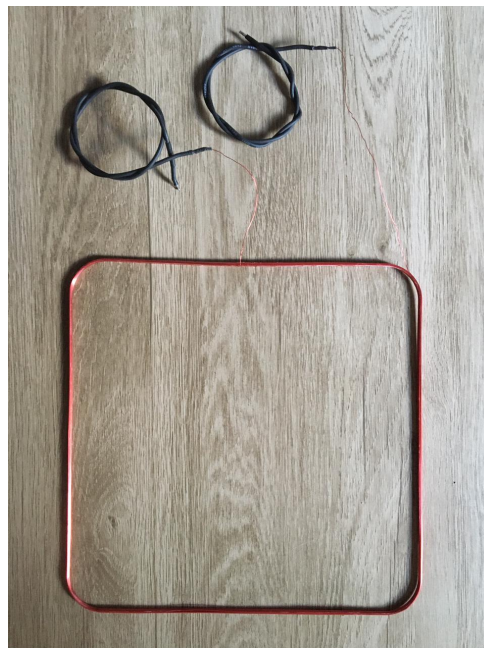
- código do país: composto por 3 dígitos decimais indicando o país fabricante do transponder. Utiliza-se o código 999 para indicar um transponder de teste;
- código de identidade nacional: composto por 12 dígitos decimais únicos que identificam o animal em um país;
- bit de status animal: dígito único que quando for 1 indica uma aplicação de identificação animal, e 0 caso contrário;

- status bloco de dados: dígito único que indica a existência (1) ou não (0) de um bloco de dados adicional;
- bits de checagem: composto por 4 dígitos para verificação de integridade de dados, basicamente um código CRC (*Cyclic Redundancy Check*);
- bloco de dados: composto por 6 dígitos, com informações adicionais caso o status bloco de dados seja 1, ou 000000, caso contrário. Neste campo pode ser transmitida a temperatura, caso o transponder tenha sensor para essa medição.

3.4 Antenas RFID

A primeira antena utilizada nos testes era o modelo RFIDCOIL-250A, adquirida junto com o módulo leitor RFID. Ela possui formato quadrado e mede 250 mm internamente, contendo 12 espiras de fio esmaltado (0,4 mm de diâmetro), vide Figura 7. Nos testes de laboratório foi possível realizar leituras de um transponder FDX à 20 cm de distância.

Figura 7: Antena RFID modelo RFIDCOIL-250A.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Foram confeccionadas mais duas antenas: uma fixa, com formato circular, e uma portátil, com formato retangular.

Foi utilizado fio de cobre esmaltado 19 AWG e 21 AWG. O processo de construção requer tempo e atenção, uma vez que após enrolar a antena é necessário verificar sua

frequência de ressonância. Para isso, é enviado o comando MOF na interface serial do módulo RFID, que retorna a frequência da antena.

Se a frequência estiver acima de 134,2 kHz é necessário adicionar mais espiras à antena. Se estiver abaixo, é necessário remover as espiras. Desta forma, o processo é repetido várias vezes até que a frequência medida esteja em 134,2 kHz, ou o mais próximo possível.

A primeira antena (A1), exibida na Figura 8, possui formato circular com diâmetro interno de 55 cm, construída com fio de cobre 19 AWG (0,912 mm), com 31 espiras, sendo apropriada para ser instalada no local de passagem dos animais, permanecendo fixa. Nos testes de laboratório foi possível ler um transponder FDX a 25 cm de distância.

Figura 8: Antena RFID circular construída para utilização estacionária.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

A segunda antena (A2) possui formato retangular, internamente com 390 mm de comprimento e 10 mm de largura, construída com fio de cobre 21 AWG (0,724 mm) e 39 espiras. Foi confeccionado um molde de papelão para enrolar a antena e uma base de tubo de PVC (diâmetro = 20 mm), para proteger a antena e facilitar seu manuseio, conforme exibido na Figura 9. Nos testes de laboratório foi possível ler um transponder FDX a menos de 10 cm de distância.

A antena A2 foi conectada ao módulo leitor RFID por um cabo PP 2x0,75 mm², com comprimento de 5 (cinco) metros. Enquanto que a antena A1 utilizou fio 18 AWG com comprimento de 1 (um) metro.

Figura 9: Antena portátil em formato de "raquete".



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

3.5 Definição do módulo de comunicação LoRaWAN

Foi realizada uma busca de produtos homologados pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), na qual foram encontradas duas soluções: RN2903A da Microchip e Módulo LoRaWAN (RD49C) da Radioenge. O primeiro apresenta um custo mais elevado em soluções vendidas com antena, desta forma optou-se pelo segundo (vide Figura 10), que além do baixo custo, tem produção nacional. Além disso, a UFMS, em parceria com a Embrapa Gado de Corte, já adquiriu anteriormente um *gateway* LoRaWAN deste fabricante.

3.5.1 Comandos de configuração e envio de pacotes

A configuração de parâmetros e envio de pacotes é realizada por meio de comandos AT, enviados ou recebidos via interface serial. O *baudrate* padrão é 9600 bps, mas pode ser ajustado para 19200, 43000 ou 115200.

De acordo com o *datasheet* do módulo ([RADIOENGE, 2019b](#)), todos os comandos iniciam-se com AT+comando<modificador>. Este último parâmetro pode receber três valores:

- =? para obter informações de parâmetros do módulo (*get*);
- = para enviar comandos (*set*);

- ? para obter informações sobre determinado comando (*help*).

Ao todo são 37 comandos, alguns apenas para obter informações (*get*) e outros para *set* e *get*. Na Tabela 9 são apresentados alguns comandos com exemplos e descrição.

Tabela 9: Descrição de alguns comandos do módulo LoRaWAN RD49C e exemplos de uso.

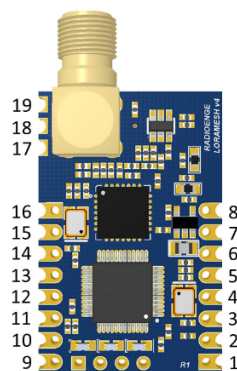
Get		Set		Descrição
Comando	Resposta	Comando	Parâmetros	
AT+BAUDRATE=?	9600	AT+BAUDRATE=3	Index do <i>baudrate</i>	Recebe/Estabelece o <i>baudrate</i> da interface UART
AT+CLASS=?	C	AT+CLASS=A	Classe do dispositivo	Recebe/Estabelece a classe do dispositivo
AT+NJM=?	0 - ABP/1 - OTAA	AT+NJM=0	Join mode	Executa o procedimento <i>join</i>
AT+VER=?	1.3.5	-	-	Recebe a versão do <i>firmware</i>
AT+DEUI=?	00:12:f8:00:00:30:00:00	-	-	Recebe DevEUI
AT+DADDR=?	c0:fd:58:01	AT+DADDR=c1:ff:60:12	DevAddr	Recebe/Estabelece o DevAddr
AT+APPKEY=?	09:a1:c6:87:b5:dc:52:23:21:d9:9c:7f:4c:95:aa:9c	AT+APPKEY=09:a1:c6:87:b5:dc:52:23:21:d9:9c:7f:4c:95:aa:9c	AppKey	Recebe/Estabelece o AppKey
AT+APPSKEY=?	f0:6a:cc:90:1d:25:fb:ac:09:a1:c6:87:b5:dc:52:23	AT+APPSKEY=09:a1:c6:87:b5:dc:52:23:21:d9:9c:7f:4c:95:aa:9c	AppSKey	Recebe/Estabelece o AppSKey
AT+NWKSKEY=?	21:d9:9c:7f:4c:95:aa:9c:39:11:77:77:c5:4d:03:14	AT+NWKSKEY= 21:d9:9c:7f:4c:95:aa:9c:39:11:77:77:c5:4d:03:14	NwkSKey	Recebe/Estabelece o NwkSKey
AT+APPEUI=?	21:d9:9c:7f:4c:95:aa:9c	AT+APPEUI=21:d9:9c:7f:4c:95:aa:9d	AppEui	Recebe/Estabelece o AppEui/JoinEui
AT+NJS=?	0 - Not joined/1 - Joined	-	-	Recebe o status do <i>join</i>
AT+SEND	-	AT+SEND=5:mensagem	porta:mensagem	Envia dados de texto junto com a porta do aplicativo
AT+CHMASK=?	00ff0000000000000000000000000000	AT+CHMASK=00ff:0000:0000:0000:0001:0000	Máscara do canal	Recebe/Estabelece a máscara de canal

Fonte: adaptada de [Radioenge \(2019b, p. 11-14\)](#).

3.5.2 Especificação e recursos

O módulo LoRaWAN EndDevice Radioenge implementa o protocolo LoRaWAN 1.0.3, na faixa de frequência de 915 - 928 MHz e opera nas classes A e C. Além disso, possui 10 GPIOs (pinos de uso geral) e três LEDs indicadores de operação ([RADIOENGE, 2019b](#)). A numeração dos pinos é exibida na Figura 10 e, na Tabela 10, é apresentada a descrição destes.

Figura 10: Numeração dos pinos do módulo LoRaWAN RD49C.



Fonte: [Radioenge \(2019b, p. 4\)](#).

O módulo permite o uso de uma antena com conexão SMA-M ou uma PCI base. Uma antena de 3 dBi articulada acompanha o módulo, que já vem com o conector SMA-M e os pinos soldados, sendo necessário apenas conectar a antena. Também é válido destacar que o fabricante não recomenda ligar o módulo sem uma antena conectada ([RADIOENGE, 2019b](#)).

Tabela 10: Descrição dos pinos do módulo LoRaWAN RD49C.

Pino	Nome	Tipo	Descrição
1	GND	Alimentação	Conectado ao ground
2	RX_1	Entrada	RX da interface UART de comando
3	TX_1	Saída	TX da interface UART de comando
4	VCC	Alimentação	Conectado à alimentação
5	VCC	Alimentação	Conectado à alimentação
6	GPIO0	Saída/Entrada	Pino de uso geral ou entrada analógica
7	GPIO1	Saída/Entrada	Pino de uso geral ou entrada analógica
8	GND	Alimentação	Conectado ao ground
9	GPIO2	Saída/Entrada	Pino de uso geral
10	GPIO3	Saída/Entrada	Pino de uso geral
11	GPIO4	Saída/Entrada	Pino de uso geral
12	GPIO5	Saída/Entrada	Pino de uso geral
13	GPIO6	Saída/Entrada	Pino de uso geral
14	GPIO7	Saída/Entrada	Pino de uso geral ou entrada analógica
15	GPIO8	Saída/Entrada	Pino de uso geral ou entrada analógica
16	GPIO9	Saída/Entrada	Pino de uso geral
17	GND	Alimentação	Conectado ao ground
18	ANT	Saída RF	Saída de RF para antena externa
19	GND	Alimentação	Conectado ao ground

Fonte: [Radioenge \(2019b, p. 4\)](#).

3.6 Comunicação via satélite

A especificação inicial previa comunicação via satélite na leitora, de forma a garantir conectividade de rede na maior diversidade de locais. Para isso, foi realizada uma busca por soluções adequadas ao projeto. Na Tabela 11, são apresentados os resultados obtidos.

Tabela 11: Soluções e respectivos custos para implementação de comunicação via satélite.

Solução	Fornecedor	Valor	Observação
SAT-401	Honeywell International	US\$ 79,02	Sem informações sobre ativação e planos de dados
-	Myriota	-	Em licenciamento de espectro no Brasil
CHY BOXIO	Chysoft	US\$ 260,00	Módulo com antena, taxa de envio, taxa de ativação e plano de dados mensal
RockBLOCK 9603	Rock Seven Mobile Services Ltd	US\$ 247,80	Taxa mensal de USD 16,92 para ativar o módulo na rede Iridium e aquisição de créditos
ST-6100	Guardian Car	US\$ 754,06	Necessária aquisição de plano de dados
IDP-280	Guardian Car	US\$ 630,93	Necessária aquisição de plano de dados

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Analisando a Tabela 11 foi possível verificar que, do ponto de vista econômico, o uso da comunicação via satélite implica em custos relativamente maiores em relação às outras tecnologias. Portanto, propõe-se a utilização do *gateway* LoRaWAN, localizado na sede da propriedade, que recebe os dados de várias leitoras por meio de uma rede local LoRaWAN, conectado a um módulo de comunicação via satélite que provê acesso

à Internet. Essa solução não foi implementada, mas é relativamente simples e resolve o problema em propriedades que não tenham outro tipo de conexão, mantendo o custo do sistema baixo.

3.7 Definição do Módulo de Comunicação GSM/GPRS

Para comunicação via telefonia celular, foram encontrados os seguintes módulos compatíveis com a tecnologia 2G:

- SIM900: valor de US\$ 19,47 no mercado nacional e homologado pela ANATEL;
- GSM Arduino A6, com antena: valor de US\$ 15,33 no mercado nacional;
- SIM800L, com antena: valor de US\$ 14,09 no mercado nacional, sendo o módulo que apresenta menor custo.

Dentre as soluções encontradas, a que apresentou menor custo foi o módulo SIM800L (EVB v2.0), vide Figura 11, adquirido por USD 3,74 (FOB). Seus principais recursos e características são:

- *Quad Band*: 850/900/1800/1900 MHz;
- Controle via comandos AT;
- Conexão GPRS;
- Tensão de Alimentação 5V, corrente 2A;
- Suporte aos protocolos TCP/UDP, FTP, HTTP, entre outros;
- Interface serial, níveis TTL, compatível com 3,3V e 5V.

O conector do módulo SIM800L EVB apresenta os seguintes pinos:

- VCC: entrada de alimentação 5V;
- GND: terra da entrada de alimentação;
- VDD: tensão de referência do MCU;
- TXD: transmissão da interface serial;
- RXD: recepção da interface serial;
- GND: terra da interface serial;

Figura 11: Módulo SIM800L EVB com a antena. Dimensões: 15,8 x 17,8 x 2,4 mm.



Fonte: <https://multilogica-shop.com/modulo-gsm-gprs-sim800l-v2-5v-com-antena>.

- RST: reset do módulo;
- Antena: conector IPEX/UFL;
- LED NET: quando o módulo estiver ligado, pisca a cada segundo. Quando estiver registrado na rede de telefonia celular, pisca a cada 3 segundos.

O módulo suporta comandos AT para configuração e/ou obtenção de informações. Todo comando inicia com AT+ seguido pelo comando e um modificador que indica o tipo de comando, conforme pode ser visto na Tabela 12.

Tabela 12: Tipo dos comandos AT do módulo SIM800L.

Tipo de Comando	Comando	Resposta
Comando de Teste	AT+<x>=?	Retorna lista de parâmetros e intervalos de valores definidos com o comando Write ou processos internos
Comando de Leitura	AT+<x>?	Retorna o valor atualmente definido do(s) parâmetro(s)
Comando de Escrita	AT+<x>=<...>	Define o parâmetro com os valores informados
Comando de Execução	AT+<x>	Lê parâmetros não variáveis afetados por processos internos

Fonte: adaptada de [Shanghai SIMCom Wireless Solutions Ltd. \(2015, p. 23\)](#).

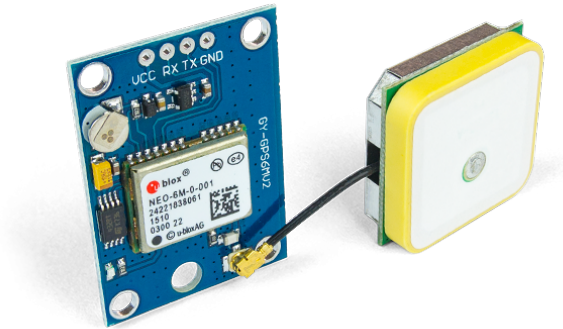
O módulo permite conexão à rede GPRS para transmissão das leituras em formato de texto, não exigindo alta largura de banda, além de ter baixo consumo de energia.

3.8 Definição do Módulo de Comunicação GPS

Considerando a necessidade de ter as informações da localização da leitora que enviou os dados, foi adquirido o módulo GPS GY-NEO6MV2 com Antena por US\$ 7,92 (FOB) (vide Figura 12). Com ele, é possível obter as coordenadas geográficas da leitora, além da data e hora, caso não possam ser obtidas via GSM/GPRS.

Além do custo baixo, esse módulo possui tensão compatível com o MCU (3,3V), corrente de 45 mA e comunicação via interface UART (EIA/TIA 232, níveis TTL).

Figura 12: Módulo GPS GY-NEO6MV2 com a antena. Dimensões: 35 x 25 x 25mm.



Fonte: <https://www.robocore.net/sensor-robo/modulo-gps-gy-neo6mv2-com-antena>.

3.9 Definição dos demais componentes do sistema

Nesta seção são apresentados os demais componentes da leitora com suas principais características, recursos e critérios de seleção.

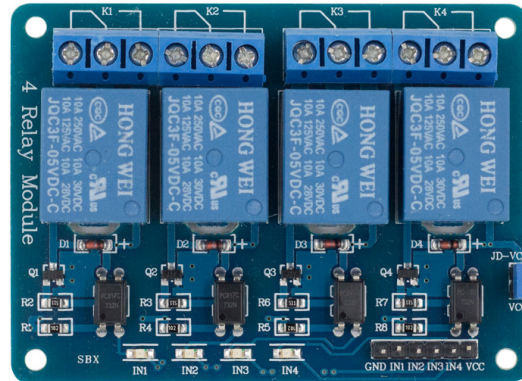
3.9.1 Relés

Visando otimizar o consumo de energia do equipamento foi utilizado um módulo relé 5V de 4 canais, que permite energizar os módulos individualmente apenas quando são utilizados (Figura 13). Este módulo simplifica o sistema, uma vez que não necessita de componentes adicionais para utilizar os relés. Além disso, o fato dos relés estarem integrados em uma placa única facilita o acondicionamento e fixação dentro da caixa de proteção da leitora.

Algumas características deste módulo:

- Tensão de operação: 5V;
- Acionamento: estado lógico baixo;
- Tensão máxima de saída do relé: DC 30V/10A e AC 250V/10A;
- LED indicativo de funcionamento de cada canal.

Figura 13: Módulo Relé 5V com 4 Canais. Dimensões: 80 x 60 x 20 mm.



Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-rele-5v-4-canais/>.

3.9.2 Sensor de Presença

Para reduzir o consumo de energia, foi identificada a possibilidade de utilizar um sensor de presença para detectar o momento em que o animal aproxima-se da leitora, ligar o módulo leitor RFID e realizar a leitura do transponder.

Considerando que o equipamento será instalado em ambiente aberto e com grande incidência de luz solar, optou-se por buscar sensores com feixe infravermelho, de forma a garantir que não haja falsos positivos na detecção dos animais. Selecionou-se o sensor PR18S-TM10DNO, da marca Lanbao, baixo custo (US\$ 4,34 FOB) compatível com o MCU.

Na Figura 14 é possível visualizar os sensores com a indicação dos terminais. Esse sensor é composto por dois elementos: um emissor e um receptor. Ambos possuem os terminais de alimentação (VCC e GND), porém o segundo possui um terminal de dados, responsável por enviar sinal quando o feixe é interrompido, indicando que algo passou entre o emissor e o receptor. Quando isso ocorre, o nível lógico passa de baixo para alto.

É válido destacar algumas características do sensor:

- Distância máxima de detecção: 10 m;
- Tempo máximo de resposta: 3 ms;
- Tensão mínima de entrada: 10V DC;
- Tensão máxima de entrada: 30V DC;

Figura 14: Sensor de proximidade PR18S-TM10DNO com indicação dos terminais.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

- Corrente de consumo máxima: 15 mA;
- Comprimento do cabo: 2 metros;
- Proteção IP67;
- LED amarelo indicador de funcionamento.

3.9.3 Regulador de Tensão

A tensão de saída da bateria é de 13,6 V (máximo), adequada ao sensor de proximidade e módulo leitor RFID. Porém, para o MCU e módulos LoRAWAN, GSM/GPRS e relés a tensão de entrada deve ser de 5V.

Desta forma, é necessário utilizar um regulador de tensão *step down* para diminuir a tensão, adequando à que os componentes necessitam. Para isso, foi utilizado o módulo regulador de tensão LM2596 SMD (vide Figura 15), que suporta tensão de entrada de 4,5V a 28V e saída ajustável de 0,8V a 20V.

3.9.4 Bateria

A principal especificação utilizada para definição da bateria foi sua tensão, que deve ser de 12V, já que alguns módulos necessitam dessa tensão para seu perfeito funcionamento. Foi utilizada a bateria chumbo-ácido selada modelo UP1270SEG, 12V / 7Ah, já disponível de outro trabalho. Essa bateria tem as seguintes dimensões: 65 x 151 x 100 mm (P x L x A) e 1,8 Kg de massa.

Figura 15: Módulo regulador de tensão ajustável LM2596 SMD 3A.

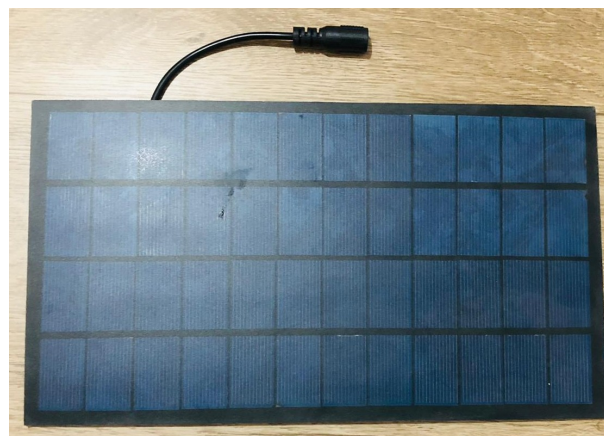


Fonte: <https://www.eletrogate.com/modulo-regulador-de-tensao-ajustavel-step-down-buck-mini-360-3a>.

3.9.5 Painel Solar

A Figura 16 exibe o painel solar utilizado na leitora, marca SLAR, custo de US\$ 4,35 (FOB), sendo responsável por recarregar a bateria. A tensão nominal desse painel é de 12V e sua potência é de 7W. A tensão máxima de saída medida em um dia ensolarado foi de 13,04V.

Figura 16: Painel solar responsável por recarregar a bateria da leitora. Dimensões: 145 x 260 mm.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

3.10 Firmware

O *firmware* foi desenvolvido na ferramenta Arduino IDE, sendo composto por duas partes: uma espécie de *back-end* com as ações de funcionamento da leitora e um

webserver que disponibiliza páginas *HyperText Markup Language* (HTML), por meio das quais é possível realizar todas as configurações da leitora.

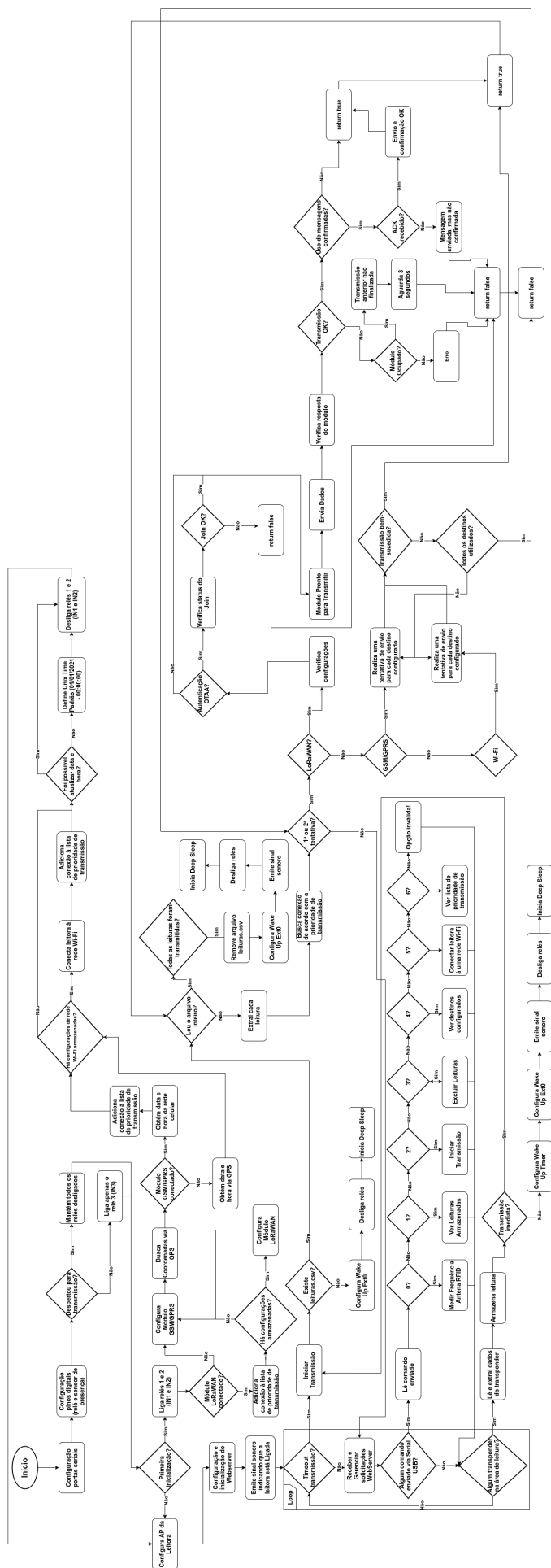
Na Figura 17, é apresentado o fluxograma do firmware, mostrando as ações de funcionamento do equipamento. As páginas do *webserver* são configuradas na inicialização.

O *setup* do *firmware* (inicialização) executa as seguintes tarefas:

- Inicialização das portas seriais;
- Configuração dos pinos de controle dos relés e do sensor de proximidade;
- Na primeira inicialização é realizada configuração de todos os módulos presentes e que tenham informações de configuração, sendo definida uma lista de prioridade de transmissão, que pode ser alterada via interface *web*. Por padrão, a prioridade é: LoRaWAN, GSM/GPRS e Wi-Fi. Também serão atualizadas data e hora via GSM/GPRS e coordenadas geográficas via GPS. Caso o módulo GSM/GPRS esteja desconectado, a data e hora serão obtidas via GPS. Essas informações são convertidas em Unix Time² e gravadas no *Real Time Clock* (RTC) interno do ESP32;
- Configuração do *webserver*, onde são descritas as páginas disponíveis e as ações que serão executadas quando o usuário solicitar acesso à uma página, ou submeter um formulário;
- Após finalizar todas as configurações, será exibida na porta serial USB a mensagem Leitora ligada e será emitido um sinal sonoro por meio do *buzzer*.

No *loop*, são executadas quatro ações: i) verificar se ocorreu *timeout* para nova transmissão; ii) gerenciar solicitações de acesso às páginas *web*; iii) tratar comandos recebidos via porta serial USB, e iv) verificar se algum transponder foi lido. Na segunda ação, o *firmware* verifica qual página está sendo solicitada pelo cliente e chama a função responsável pelo envio do código em HTML ao *browser* solicitante. As demais ações necessitam de maior detalhamento, sendo abordadas a seguir.

² Sistema de data e hora utilizado por computadores que conta os segundos desde 01/01/1970.



3.10.1 Timeout de Transmissão

Ocorre quando foi atingido o intervalo de tempo para iniciar transmissão, sendo chamada uma função específica para essa tarefa.

Inicialmente a função verifica se existem leituras a serem transmitidas. Se não existir, configura *Wake Up Ext0*³, desliga os relés e inicia o *deep sleep*⁴. Na Tabela 13, são apresentados os modos de operação e de hibernação do ESP32 e os componentes que estão ativos ou inativos.

Tabela 13: Modos de hibernação e componentes ativos do ESP32.

Componente	Modo Hibernação				
	Ativo	Modem Sleep	Ligth Sleep	Deep Sleep	Hibernação
CPU	ON	ON	PAUSE	OFF	OFF
Wi-Fi e Bluetooth	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
Memória e periféricos RTC	ON	ON	ON	ON	OFF
Co-processador ULP (<i>Ultra Low Power</i>)	ON	ON	ON	ON/OFF	OFF

Fonte: adaptada de [Random Nerd Tutorials \(2019\)](#).

Na Tabela 14, é apresentado o consumo de energia em cada modo de operação e de hibernação. Na leitora, é utilizado o modo de hibernação *deep sleep*, que permite o uso das memórias RTC, uma vez que é necessário armazenar e manter valores.

Tabela 14: Consumo de energia em diferentes modos de operação e de hibernação do ESP32.

Modo	Descrição	Consumo de energia
Ativo	Todos os recursos do <i>chip</i> estão ativos	240 mA
Modem Sleep	Apenas Wi-Fi, Bluetooth desativados	3 mA em baixa velocidade e 20 mA em alta velocidade
Suspensão Leve (<i>Light Sleep</i>)	RTC e co-processador ULP ativos, os demais são controlados pelo relógio	0,8 mA
Sono Profundo (<i>Deep Sleep</i>)	Apenas componentes RTC ativos	0,15 mA
Hibernação (<i>Hibernation</i>)	Apenas temporizador RTC e alguns GPIOs RTC ativos	2,5 μ A

Fonte: adaptada de [Random Nerd Tutorials \(2019\)](#).

Antes de entrar em hibernação, é necessário definir as formas de despertar. Na leitora são utilizadas duas:

- *Wake Up Ext0*: aguarda interrupção no pino GPIO 33, caracterizada por uma mudança de nível lógico 0 para nível lógico 1, indicando que o feixe infravermelho foi interrompido;
- *Timer Wake Up*: define um tempo para despertar. Esse valor é definido de acordo com o intervalo entre as transmissões, que pode ser ajustado na interface *web*, indicando quando o MCU deve iniciar uma nova transmissão.

³ Uma das formas que despertar do ESP32 quando está em modo sleep, indicando um pino RTC_GPIO e um estado lógico (0 ou 1). O ESP32 despertará quando o estado lógico do pino indicado mudar para o estado lógico configurado.

⁴ Mais informações em: https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/system/sleep_modes.html

Caso haja leituras a serem transmitidas, o MCU fará a leitura de cada linha do arquivo `leituras.csv`⁵ e tentará transmitir utilizando a conexão de acordo com a lista de prioridade de transmissão. Para cada tecnologia de transmissão serão realizadas 2 (duas) tentativas de transmissão. Em caso de falha, serão realizadas novas tentativas com a conexão seguinte. Quando chegar ao final da lista, a transmissão é finalizada, sendo realizada uma nova tentativa quando ocorrer novo *timeout* (configurável via interface *web*).

As transmissões via GSM/GPRS e Wi-Fi possuem os seguintes destinos, que podem ser configurados via interface *web*: servidor FTP, Planilhas Google Drive, Banco de Dados MySQL e TagoIO, que serão apresentados na Seção 3.11.

Quando uma leitura é transmitida com sucesso, um contador é incrementado e é realizado o envio da próxima leitura. Ao final, serão comparados o contador de leituras contidas no arquivo e o das leituras transmitidas. Se forem iguais, indicando que todas as leituras foram transmitidas, é feita a remoção do arquivo `leituras.csv`, a habilitação do *Wake Up Ext0*, a emissão de sinal sonoro por meio do *buzzer*, desligamento dos relés, e o início do *deep sleep*.

3.10.2 Menu de Operações

Utilizando-se a interface serial USB é possível utilizar um menu de operações para verificar algumas ações básicas, que são:

- 0: medir frequência da antena RFID;
- 1: ver leituras armazenadas;
- 2: iniciar nova transmissão;
- 3: excluir leituras armazenadas;
- 4: ver destinos configurados;
- 5: conectar leitora à uma rede Wi-Fi, como cliente;
- 6: ver lista de prioridade de transmissão.

No *loop* do código é verificado se foi recebido algum caractere na porta serial, disponível quando um cabo USB for conectado ao ESP32. Quando essa conexão for utilizada, é importante que o pino 5V do MCU esteja desconectado, para evitar possíveis danos à placa.

⁵ Arquivo que contém as leituras realizadas de acordo com o descrito na Seção 3.10.3.

3.10.3 Armazenamento de leitura

Na última operação executada no *loop* é verificado se algum transponder entrou na área de leitura da antena. Isso ocorre por meio da análise da porta serial do ESP32 conectada ao módulo RFID, que quando receber algum caractere enviará o comando RAT ao módulo leitor RFID, solicitando todos os dados lidos do transponder, conforme formato apresentado na Seção 3.3.3.

Com a *string* recebida é realizada a contagem de *underlines* (`_`) para extração da temperatura que está no formato hexadecimal, caso o transponder tenha bloco de dados adicional. Após isso, é criada uma matriz em hexadecimal que será convertido para `long`, por meio da função `strtol`, e depois convertido para `float` e dividido por 10, para assim obter a temperatura em decimal.

Depois, são obtidas a data e hora do RTC interno do ESP32 e é realizada a chamada da função de armazenamento da leitura, que recebe como argumentos a identificação do animal, a temperatura e a data e hora.

A função adiciona o endereço MAC da leitora e as suas coordenadas geográficas, realizando a escrita no arquivo `leituras.csv`. Cada leitura ocupa 75 bytes da memória interna. O MCU possui 4 MB de memória *flash* para armazenamento de arquivos, dos quais 0,23 MB são ocupados pelos arquivos de configurações do equipamento e estilos das páginas *web*. O espaço resultante permite armazenar aproximadamente 52.583 leituras. Considerando a passagem de 200 animais por dia, seria possível armazenar leituras por 262 dias sem transmitir.

Ainda, é verificado se o intervalo entre as transmissões é igual a 0 (zero), e caso sim, inicia a transmissão. Caso contrário, é calculado o tempo restante até ocorrer *timeout* para nova transmissão, sendo habilitados `Wake Up Ext0` e `Timer Wake Up`. Desta forma, a leitora "despertará" quando o feixe infravermelho for interrompido ou quando transcorrer o tempo para a próxima transmissão. Por fim, é emitido um sinal sonoro por meio do *buzzer*, os relés são desligados e é iniciado o *deep sleep*.

3.11 Destinos de Envio das Leituras

Uma das principais características da leitora é a multiconectividade, permitindo seu uso nas mais diversas localidades.

Desta forma, foi implementado o envio de dados para vários destinos, de forma a garantir a independência da plataforma e evitar eventuais problemas com a desativação e/ou mudança de termos/valores.

O formato das leituras é o seguinte:

```
identificação_animal;temperatura;data_leitura;hora_leitura;mac_leitora;coordenadas_lei-
```

tora

Sendo assim, será possível receber os dados em aplicações que permitem a extração e processamento por outras aplicações. A seguir são apresentados os destinos e suas características.

3.11.1 TagoIO

A TagoIO é uma plataforma de IoT que permite integrar, monitorar e gerenciar dados dos mais diversos dispositivos. Nela é possível criar *dashboards*, análises gráficas e até tomada de decisão baseada nos dados recebidos.

Não há custo para começar a utilizá-la, porém o plano gratuito possui algumas limitações, como por exemplo, registro de até 5 dispositivos e armazenamento de dados por 30 dias. Apesar disso, esse plano é uma boa alternativa para projetos pequenos e para validar o funcionamento do projeto desenvolvido. Há outros planos com mais recursos que podem ser consultados em: <https://tago.io/pricing>.

No Apêndice A, são apresentados o processo de adição e as principais configurações de um novo dispositivo na plataforma, além do código-fonte na linguagem Node.JS para decodificação do *payload*, caso necessário, e extração dos dados enviados.

3.11.2 Servidor FTP

Para implementação de um servidor FTP foi criada uma máquina virtual com o sistema operacional Ubuntu 16.04 LTS no *software* VirtualBox. Nela foi instalado e configurado o pacote VSFTPD, versão 3.0.3.

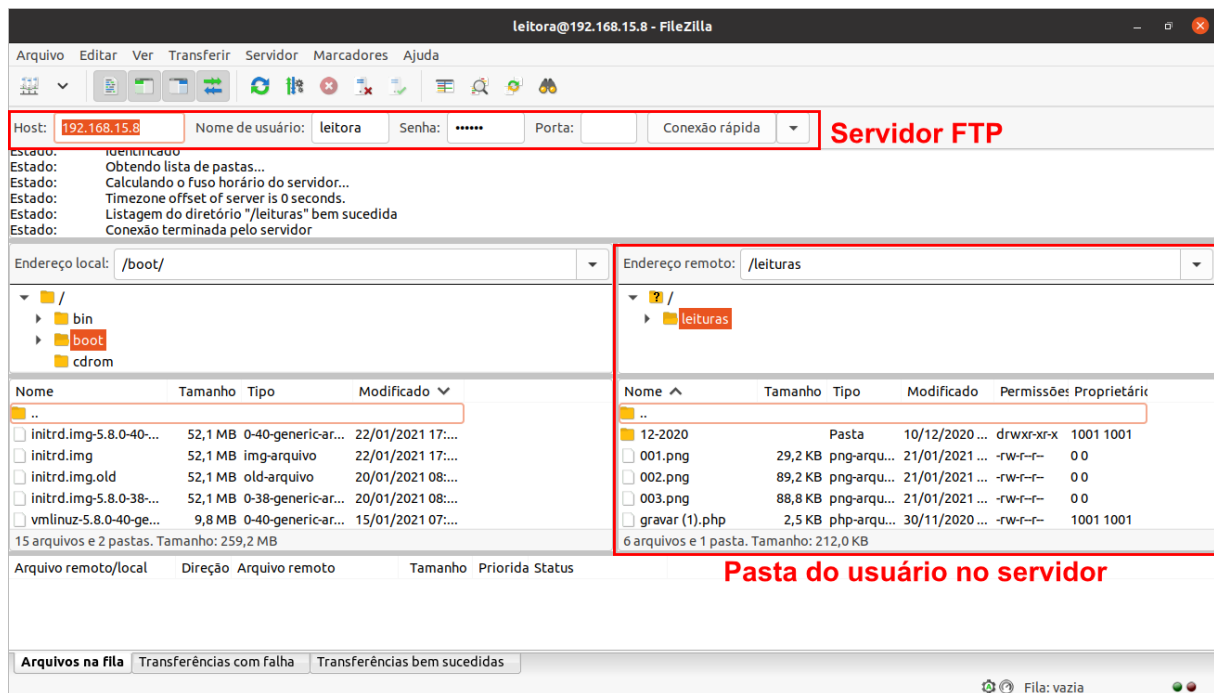
O processo de instalação é relativamente simples e rápido⁶. É importante criar um diretório e usuário específico para o serviço FTP no servidor. Além disso, as credenciais (usuário e senha) criadas e o endereço do servidor, *Fully Qualified Domain Name* (FQDN⁷) ou IP, deverão ser informados ao adicionar o destino FTP na interface *web* da leitora.

Não foi realizada nenhuma alteração nas portas do serviço FTP, sendo mantido o padrão do protocolo (portas 20 e 21). O *upload* de arquivos foi testado por meio do *software* cliente FTP FileZilla. Na Figura 18, é possível visualizar o acesso ao servidor 192.168.15.8, utilizando o usuário *leitora*, criado no processo de configuração do pacote VSFTPD. Observa-se que após realizar a autenticação, o servidor já mapeia a pasta padrão do usuário, que se chama *leituras*.

⁶ Mais informações em: <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-set-up-vsftpd-for-a-user-s-directory-on-ubuntu-16-04>

⁷ Nome de Domínio Completamente Qualificado, especifica a localização exata do nó na árvore hierárquica do *Domain Name System* (DNS). Ex: facom.ufins.br

Figura 18: Teste de acesso ao servidor FTP com as credenciais criadas na instalação do pacote VSFTPD.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Ao configurar o destino FTP na interface *web* da leitora, devem ser informados o endereço do servidor, usuário e senha (credenciais FTP). As leituras transmitidas serão escritas na pasta do usuário, que terá a seguinte hierarquia:

- subpasta identificando o mês e ano, no formato **mm-aaaa**;
- dentro de cada subpasta, um arquivo com a extensão *Comma Separated Values* (CSV) para cada dia do mês em que houve ao menos uma leitura transmitida, e com o nome no formato **dd-mm-aaaa.csv**.

3.11.3 Servidor de Banco de Dados MySQL

Para testar e validar o envio de dados a um banco de dados foi utilizada a mesma máquina virtual em que estava em execução o servidor FTP.

Nela foi instalada e configurada a pilha Linux, Apache, MySQL e PHP (LAMPP), com as seguintes versões:

- MySQL server, versão 5.7.32;
- Apache, versão 2.4.18;
- PHP, versão 7.0.33;

- phpMyAdmin, versão 4.5.4.1.

O *software* phpMyAdmin foi utilizado para administração e gerenciamento das bases de dados. Por meio dele, foi criado um banco de dados chamado **leitora**, com uma tabela chamada **leituras**, tendo a estrutura apresentada na Figura 19.

Figura 19: Estrutura da tabela **leituras** do banco de dados **leitora**.

#	Nome	Tipo	Agrupamento (Collation)	Atributos	Nulo	Predefinido	Extra	Ações	Atributos
1	id	int(5)			Não	None	AUTO_INCREMENT	Muda Elimina	Primária Único
2	id_animal	bigint(20)			Não	None		Muda Elimina	Primária Único
3	temperatura	float			Não	None		Muda Elimina	Primária Único
4	data_leitura	date			Não	None		Muda Elimina	Primária Único
5	hora_leitura	time			Não	None		Muda Elimina	Primária Único
6	mac_leitora	varchar(20)	latin1_swedish_ci		Não	None		Muda Elimina	Primária Único
7	coordenadas_leitora	varchar(25)	latin1_swedish_ci		Sim	NULL		Muda Elimina	Primária Único

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Na configuração do destino Banco de Dados MySQL, na interface *web* da leitora, é necessário informar os seguintes parâmetros:

- *servidor/script*: endereço do servidor *web* (IP ou FQDN) e nome do *script* responsável por receber os dados e inserir no banco de dados;
- *chave*: valor utilizado como uma senha no *script*, que ao receber uma nova solicitação verificará se confere com a definida em seu código.

O *script* criado está disponível no Apêndice B, que também apresenta orientações de uso e teste.

3.11.4 Planilhas Google

Para envio dos dados para uma planilha do Google Drive é necessário realizar o procedimento descrito no Apêndice C⁸.

⁸ Mais informações em:

<https://github.com/unreeal/esp32-google-sheets/blob/master/esp32Google.ino.ino>

Para isso, foi criada uma planilha e um *script associado*, que é o responsável por receber os dados transmitidos e escrevê-los na planilha.

3.11.5 LoRaWAN com Chirpstack

Para testar e validar as configurações do módulo LoRaWAN foi utilizado o *gateway* RD43HAT, da marca Radioenge.

No *gateway*, o sistema operacional é o Raspbian que estava executando a pilha Chirpstack⁹, um conjunto de componentes de código aberto para redes LoRaWAN. Essa solução contém toda estrutura necessária para recepção e transmissão de dados de/- para módulos e sensores, e integração com aplicações, permitindo o envio de dados via HTTP/HTTPS, por exemplo.

Como o *gateway* já havia sido utilizado em outro projeto da FACOM em parceria com a Embrapa Gado de Corte, a pilha Chirpstack já estava instalada e configurada. Desta forma, foi necessário apenas adicionar as informações do módulo LoRaWAN da leitora e realizar as devidas configurações via interface *web* Chirpstack.

Para isso, foi criada uma nova aplicação chamada *leitora*, conforme pode ser visto na Figura 20. Ao entrar na aplicação *leitora* é possível visualizar as configurações que podem ser realizadas. Na Figura 21, são exibidas as informações do módulo LoRaWAN da leitora adicionado na aplicação. O campo Device EUI contém a identificação do módulo, e *Device Profile* o tipo de autenticação, OTAA¹⁰ ou ABP¹¹, de acordo com os perfis de dispositivo criados.

As configurações gerais na interface *web* do Chirpstack foram realizadas conforme o Apêndice D.1.

Para a aplicação *leitora* foi adicionada uma integração HTTP, conforme Figura 22. Na seção Headers, foram adicionadas informações de cabeçalho para autenticação na plataforma TagoIO¹². Na seção Endpoints é possível adicionar vários destinos separados por vírgula. Desta forma, foram adicionados os seguintes:

- TagoIO: envio do *payload* à TagoIO. *Script* de *Payload Parser* disponível no Apêndice D.2;

<https://arduino diy.wordpress.com/2019/11/18/sending-esp8266-sensordata-to-googlesheet/>

⁹ Mais informações em:

<https://www.chirpstack.io/>

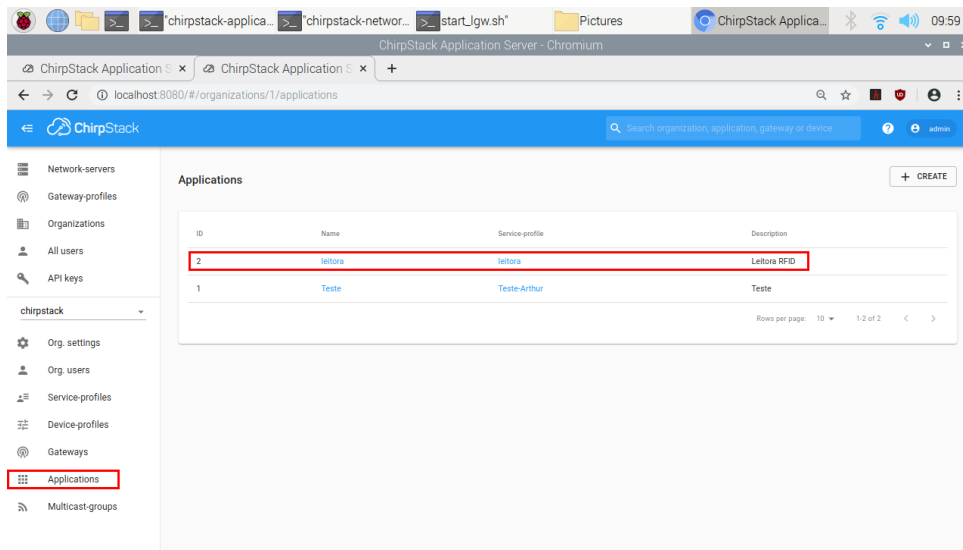
<https://www.chirpstack.io/project/install/install/>

¹⁰ *Over-the-Air Activation* (OTAA): é um processo mais seguro, onde é atribuído um DevAddr dinâmico e as chaves de segurança são negociadas com o dispositivo sendo necessário executar o processo de *join* antes de iniciar a transmissão.

¹¹ *Activation by Personalization* (ABP): mais simples e menos seguro, neste não é necessário executar o processo *join*, e utiliza chaves definidas no dispositivo e já registradas na rede.

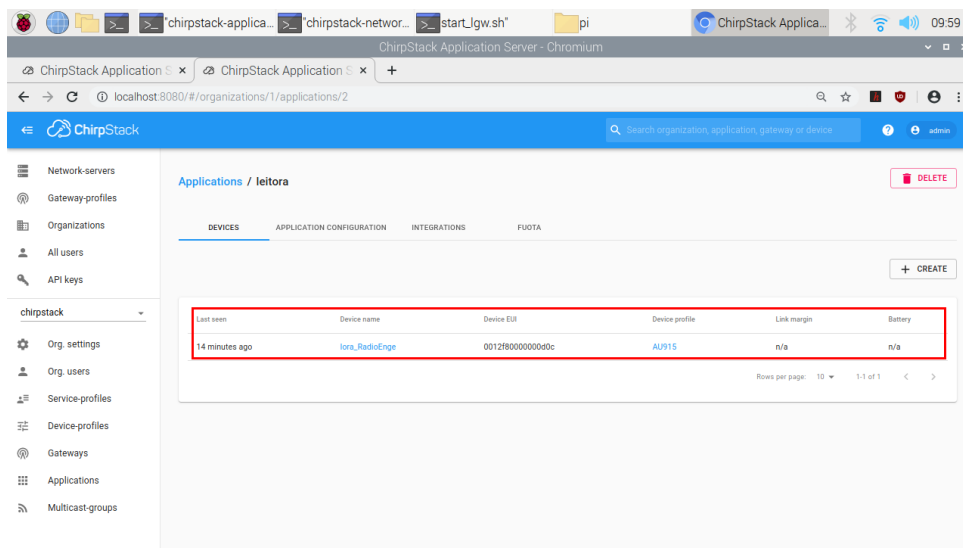
¹² O valor do header Device-Token foi omitido por questões de segurança.

Figura 20: Aplicação leitora criada na interface *web* do Chirpstack.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

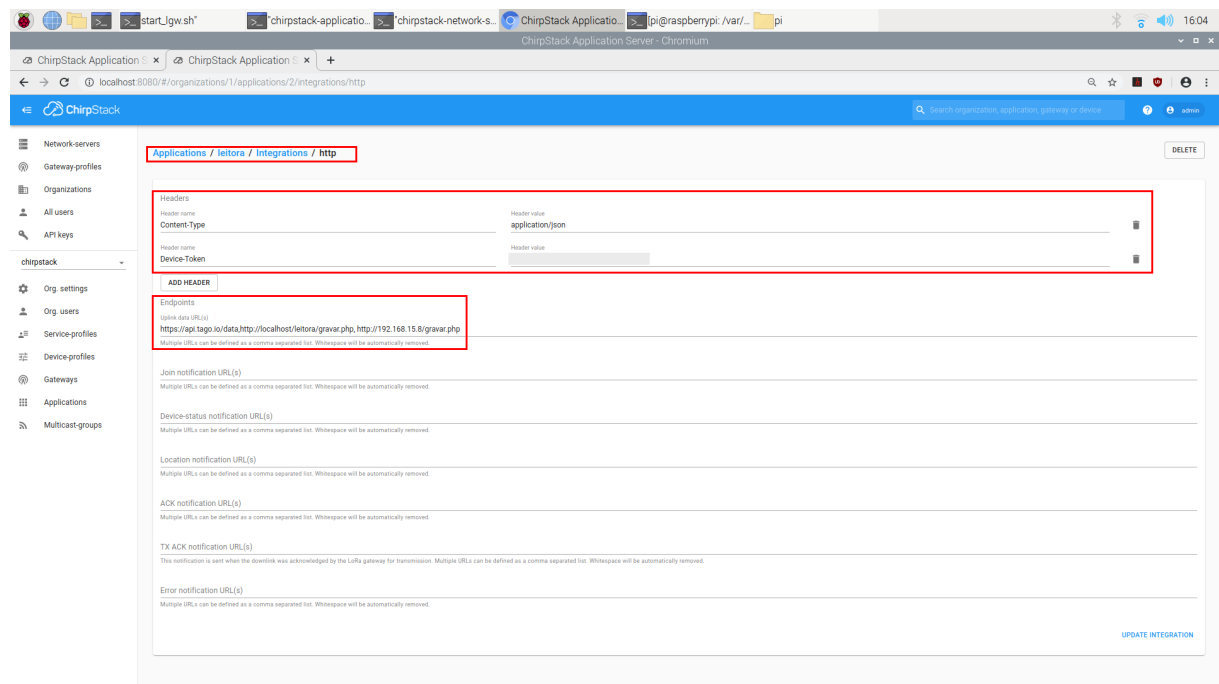
Figura 21: Módulo LoRaWAN Radioenge adicionado na aplicação criada.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

- *Script* PHP local: escreve os dados em arquivo `.csv`, no mesmo formato apresentado no Apêndice D.3;
- *Script* PHP remoto: escreve os dados em arquivo `.csv`, no mesmo formato apresentado na Seção 3.11.2. O conteúdo do *script* está disponível no Apêndice D.4.

Figura 22: Configuração da integração HTTP.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

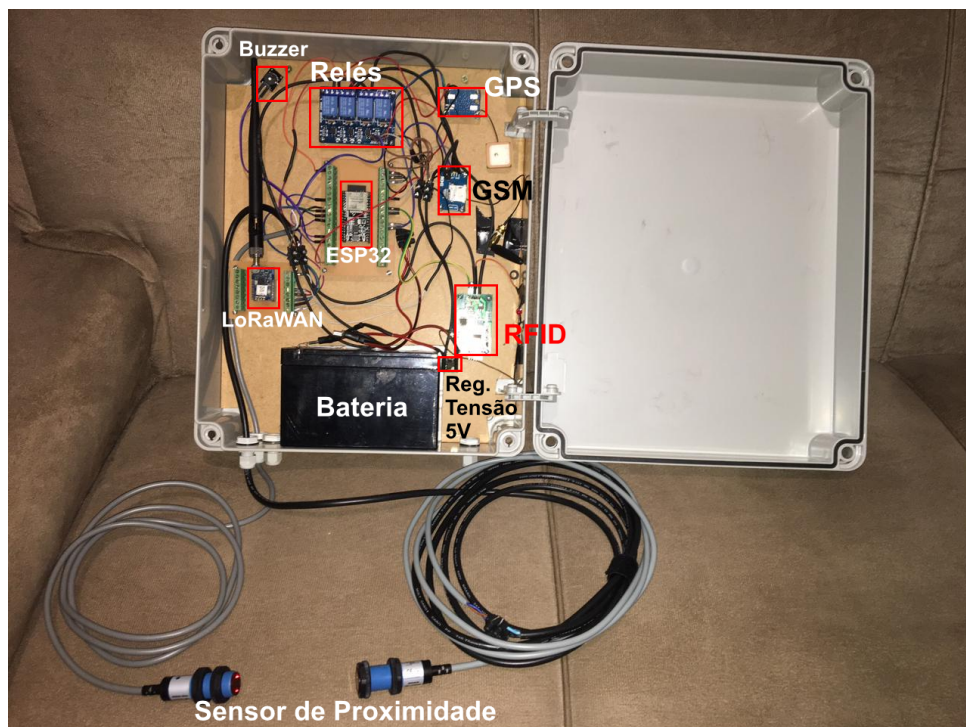
4 Resultados e Discussões

Neste capítulo será apresentado o equipamento desenvolvido, bem como seus recursos, características, resultados de testes e custos. Para isso, será exibida uma visão geral do *hardware* e *firmware* elaborados, destinos das transmissões, testes de campo e de autonomia da bateria, e, por fim, os custos totais da leitora RFID.

4.1 Visão Geral do Hardware

Na Figura 23, é exibido o *hardware* da leitora com a identificação dos componentes acondicionados dentro da caixa protetora. Foi utilizada uma placa de MDF para fixação dos módulos e para encaixar a bateria. Há 4 (quatro) saídas de cabo: emissor e receptor do sensor de proximidade; painel solar e antena RFID.

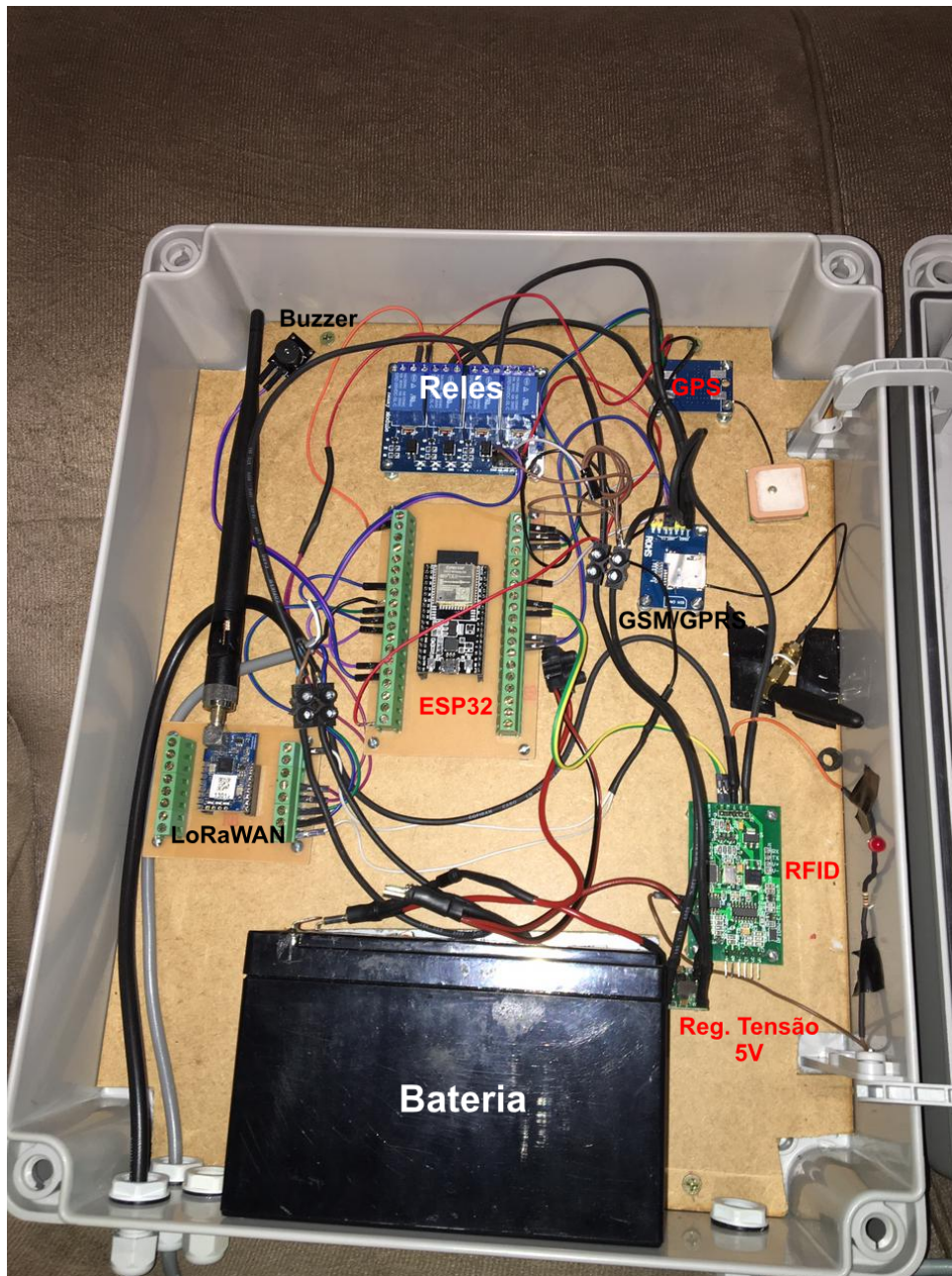
Figura 23: Hardware da leitora com a identificação dos componentes. Dimensões 380 x 300 x 120 mm.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

A Figura 24 exibe uma visão mais próxima dos componentes no interior da caixa. Nela é possível visualizar que o módulo LoRaWAN e o MCU estão fixados em uma interface com bornes, que foi projetada e adquirida no mercado nacional sob medida.

Figura 24: Hardware da leitora, visão mais aproximada dos componentes acondicionados dentro da caixa protetora.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

4.1.1 Consumo de energia

Para medição de corrente elétrica da leitora foram realizadas 5 (cinco) medições da inicialização, funcionamento, hibernação e despertar. As medições foram feitas na escala 10A do multímetro da marca Hikari, modelo HM-1001. Na Tabela 15 são exibidos os valores das medidas de cada corrente, o tempo médio de consumo de cada corrente e o desvio padrão.

Tabela 15: Medições do consumo de corrente da leitora.

Descrição	Corrente	Tempo médio em ms	Desvio padrão
Primeira inicialização	0,26A	44924	666,9
Leitora ligada com módulo RFID ligado ¹ (relé IN3)	0,20A	-	-
<i>Deep Sleep</i>	0,03A	-	-
Despertar do <i>Deep Sleep</i>	de 0,03A para 0,20A	1573,8	15,2

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Na Tabela 16, são apresentadas as medições do consumo de corrente da leitora e o tempo necessário para ler, armazenar e transmitir uma leitura. Para isso, foram realizadas 5 (cinco) leituras de *tags* RFID para cada tecnologia de transmissão e para cada destino, sendo registrado o tempo e o consumo de corrente para cada uma. Ao final, foram calculados a média e o desvio padrão dos tempos, bem como o tempo total para transmissão das leituras realizadas.

Tabela 16: Medições do consumo de corrente da leitora ao realizar leituras e transmissões.

Tecnologia de Transmissão	Tipo de Ativação ou Destino	Tempo em ms para ler transponder e armazenar leitura		Tempo em ms para transmitir cada leitura		Tempo total para transmitir 5 leituras	Corrente
		Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão		
LoRaWAN	ABP sem confirmação de recebimento	2287,4	115,5	2102	0	47387	0,18A
LoRaWAN	ABP com confirmação de recebimento	2296,4	101,3	3136	19,0	24161	0,18A
LoRaWAN	OTAA sem confirmação de recebimento	2301,4	97,4	4542,8	3143,5	35100	0,18A
LoRaWAN	OTAA com confirmação de recebimento	2289,2	111,3	5553,8	3139,0	32113	0,18A
GSM/GPRS	Planilhas Google Drive	2270,4	104,9	4180,2	103,8	25224	0,20A
GSM/GPRS	TagIO	2315,4	82,6	4123,4	1147,4	44841	0,20A
GSM/GPRS	FTP	2303	96,2	6309,8	3280,1	35065	0,20A
Wi-Fi	Planilhas Google Drive	2321	82,1	4848,4	2353,9	28871	0,10A
Wi-Fi	TagIO	2321,4	81,7	1339	2120,4	11123	0,10A
Wi-Fi	FTP	2305,2	82,1	1003,6	2618,7	12385	0,10A
Wi-Fi	Banco de Dados MySQL	2307,4	82,5	1252,4	2196,7	10776	0,10A

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Não foi possível realizar transmissão de dados via GSM/GPRS para o destino Banco de Dados MySQL, uma vez que não havia um servidor público acessível para testes. Foram realizadas tentativas de transmissão para um servidor gratuito, que apresentou instabilidades de acesso.

As medições realizadas serviram de base para realizar a estimativa de autonomia da bateria, conforme será abordado na Seção 4.5.

4.2 Visão Geral do Firmware

O *firmware* desenvolvido no aplicativo Arduino IDE é composto por duas partes:

- back-end: responsável por todas as ações da leitora, inclusive a interface *web*;
- front-end: interface *web* responsiva que permite ao usuário configurar e verificar o estado dos módulos do equipamento.

4.2.1 Interface Web

Após a inicialização da leitora, é criada uma rede sem fio denominada **LeitoraRFID**, com a senha inicial 12345678. O SSID e a senha dessa rede podem ser definidos na interface *web*.

Após conectar à rede sem fio da leitora, utilizando-se um computador, tablet ou *smartphone*, é possível acessar sua interface *web* e realizar as configurações necessárias. Para isso, utilizando um *browser*, deve-se informar o endereço 192.168.4.1 ou `leitora.local`.

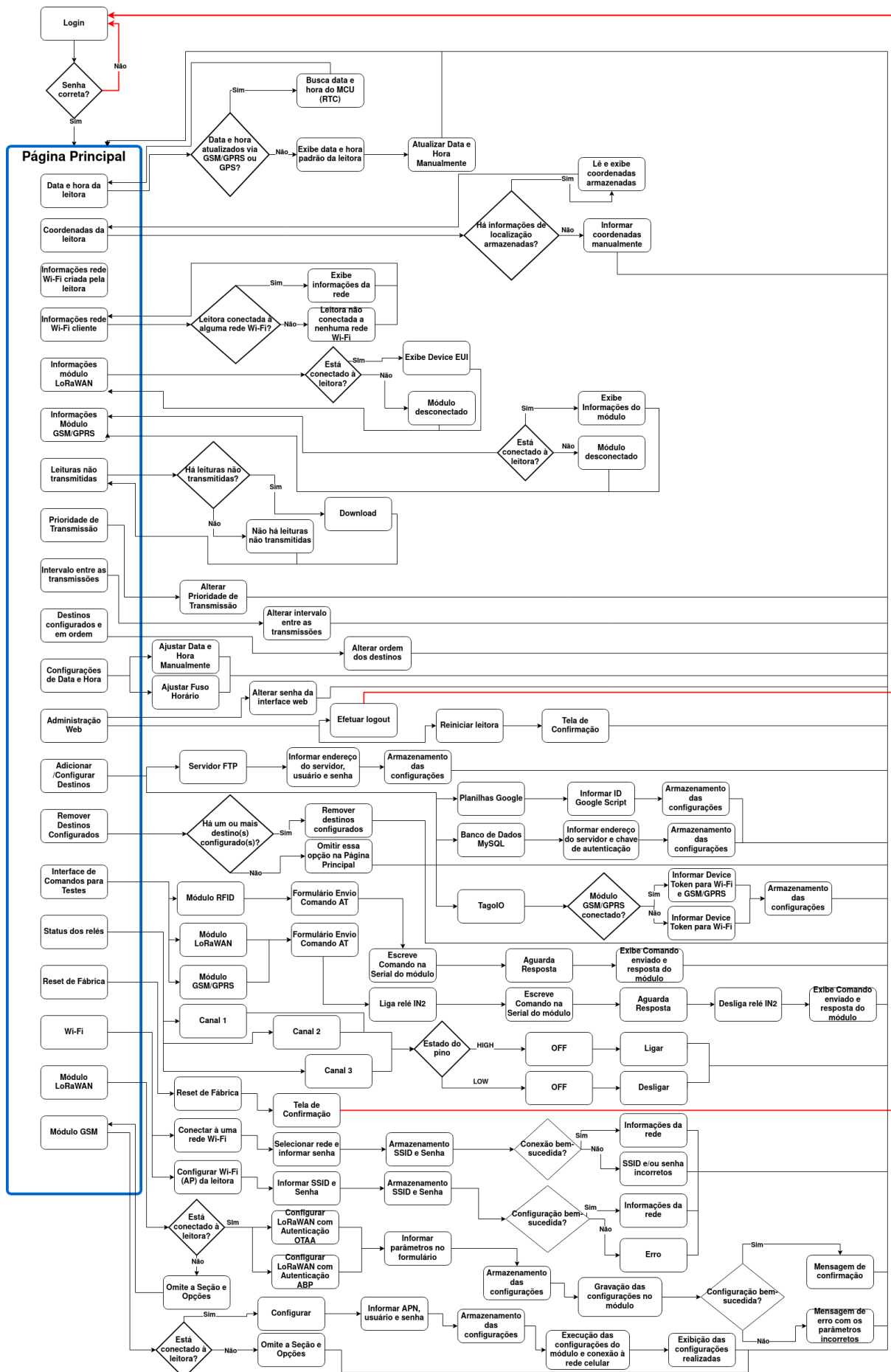
Ao tentar acessar qualquer página da interface *web* será verificado se o usuário está autenticado. Isso é feito por meio de um *cookie* definido com o valor 1, quando autenticado, no cabeçalho HTTP. Quando não for encontrado, indica que o usuário não fez *login*.

Na Figura 25, é apresentado o diagrama de fluxo da interface *web* da leitora, com todas as configurações que podem ser realizadas. A seguir serão apresentados os recursos de cada página da interface e sua respectiva finalidade.

Ao realizar o primeiro acesso, será verificado que o usuário não está autenticado. Desta forma, ele será direcionado à página de *login*, onde deverá informar a senha de acesso à interface *web* da leitora. A senha padrão é 123, que pode e deve ser alterada. Ela está criptografada e armazenada em um arquivo interno do MCU.

Caso a senha informada esteja incorreta, será exibida uma página alertando o usuário sobre o ocorrido e permitindo que realize uma nova tentativa de *login*.

Após o *login*, é mostrada a página principal da interface *web*. Nessa página há 7 (sete) seções, porém 2 (duas) estão ocultas inicialmente. Na seção *Status*, vide Figura 26, são exibidas as informações de data, hora, fuso horário, coordenadas, rede Wi-Fi da leitora, rede Wi-Fi que está conectada como cliente (caso houver), status dos módulos LoRaWAN e GSM/GPRS e se há leituras para transmitir. Nesse último, caso houver, será exibido um botão que permite realizar o download das leituras armazenadas e ainda não transmitidas, conforme pode ser visto na Figura 27.

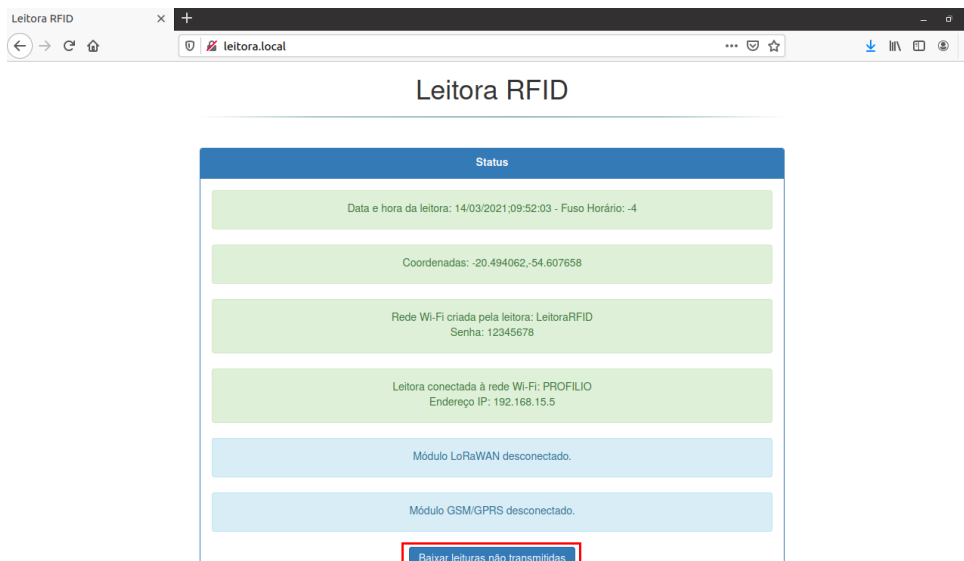
Figura 25: Diagrama de fluxo da interface *web* da leitora.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 26: Seção *status* da página principal da interface da leitora.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 27: Botão para realizar download das leituras não transmitidas.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Na Figura 28, são exibidos os recursos disponíveis na seção Configurações Gerais: lista de prioridade de transmissão, intervalo entre as transmissões, destinos configurados, configurações de data e hora, ajustes da interface *web*, adicionar/configurar destinos e interface de comando para testes.

Na Figura 29, são apresentadas as demais seções da página principal da interface *web* da leitora:

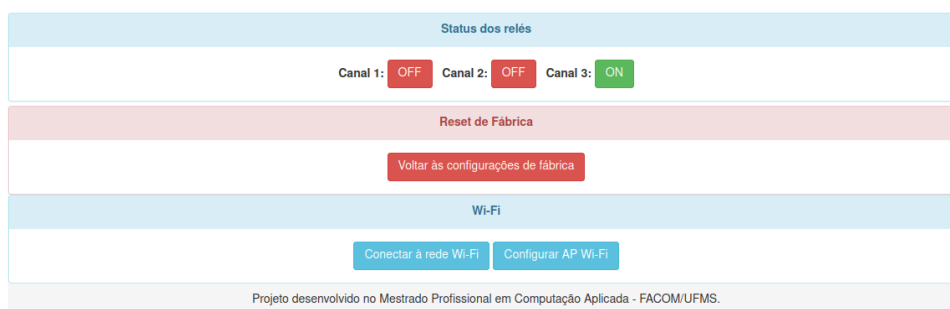
Figura 28: Seção configurações gerais da página principal da interface da leitora.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

- Status dos relés: permite ligar ou desligar um relé específico, útil para ativar o relé de algum módulo, quando for necessário configurá-lo;
- Reset de Fábrica: apaga todos os arquivos de configuração, retornando a leitora ao seu estado inicial;
- Wi-Fi: permite conectar a leitora à uma rede Wi-Fi (cliente) e ajustar o SSID e senha da rede Wi-Fi criada pela leitora (AP).

Figura 29: Seções Status dos relés, Reset de Fábrica e Wi-Fi da página principal da interface da leitora.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

As duas seções que inicialmente estão ocultas são:

- LoRaWAN: inicialmente esta seção fica oculta porque o relé do módulo (IN2) está desativado. Para visualizar essa seção é necessário ligá-lo na seção Status dos relés, sendo permitido configurar o módulo LoRaWAN com ativação ABP ou OTAA;
- GSM: semelhante a seção anterior, é necessário ligar o relé IN2. Nesta seção é possível ajustar configurações do chip (SIMCard) instalado no módulo SIM800L. Para correto funcionamento, deve ser informado o *Access Point Name* (APN) da operadora, usuário e senha, caso necessário.

A seguir serão detalhados os recursos de cada configuração disponível.

4.2.1.1 Configurações de Data, Hora e Coordenadas

Durante a primeira inicialização da leitora, as informações de data e hora são atualizadas da seguinte maneira:

- Data e Hora: a primeira tentativa de obter informações é via GSM/GPRS. Em caso de falha, será buscada via GPS. Caso ambas não sejam bem-sucedidas, são aplicadas data e hora padrão, 01/01/2021 - 00:00:00. As informações de data e hora são convertidas em *Unix Time*, cujo valor atualizará o relógio RTC do ESP32. Desta forma, toda ação que requisitar data e hora, receberá o valor *Unix Time* já convertido na estrutura data e hora.
- Coordenadas: são obtidas via GPS e gravadas em um arquivo de texto.

Se não for possível obter informações de data e hora ou coordenadas, ao acessar a interface *web* da leitora serão exibidas mensagens informativas que solicitarão atualização manual, conforme pode ser visto na Figura 30.

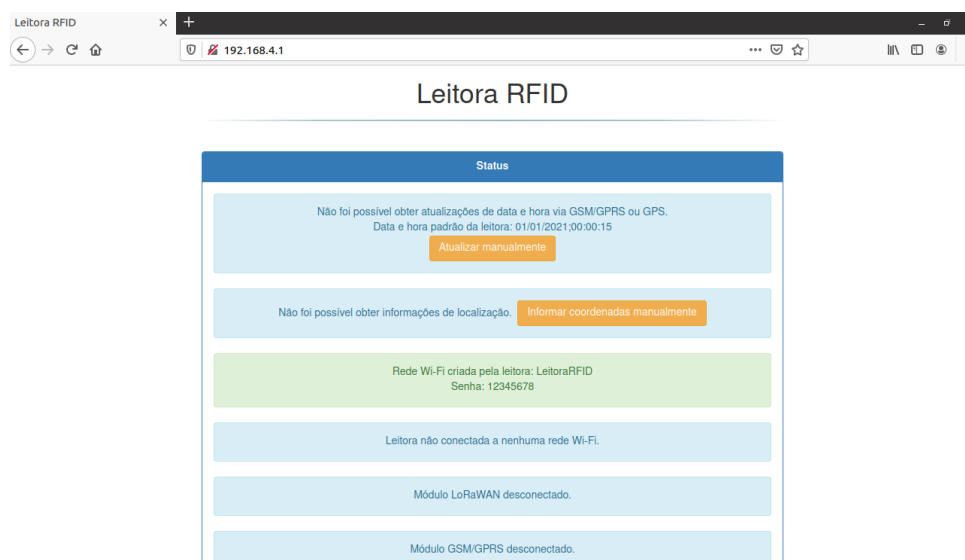
Para atualizar data e hora, basta clicar no botão Atualizar Manualmente. Na Figura 31, é apresentada a página onde devem ser informadas data e hora manualmente, depois basta clicar em Salvar. Ao final, uma mensagem de confirmação será exibida.

O processo de atualização das coordenadas é similar, na Figura 32 é apresentada a página onde devem ser informadas as coordenadas de latitude e longitude. Após clicar em Salvar, será exibida uma mensagem de confirmação.

4.2.1.2 Prioridade de Transmissão

Durante a primeira inicialização da leitora são verificados os módulos que estão conectados, com isso é criada uma lista de prioridade de transmissão. Por padrão, a sequência é: LoRaWAN, GSM/GPRS e Wi-Fi.

Figura 30: Página principal da interface *web* da leitora informando que não foi possível obter informações de data, hora e coordenadas.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 31: Página de atualização de data e hora manualmente.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Essa lista será utilizada durante a transmissão e pode ser ajustada de acordo com as condições de conectividade do local. Para isso, na seção Configurações Gerais, deve-se clicar no botão Alterar Prioridade.

Conforme pode ser visto na Figura 33, na parte superior da página são exibidos os módulos conectados e disponíveis, e nas caixas de seleção deve-se indicar qual a ordem

Figura 32: Página de atualização das coordenadas manualmente.

A captura de tela mostra uma interface web no navegador. O título da página é "Atualização das Coordenadas". Abaixo do título, há uma instrução: "Utilize o formulário abaixo para informar a latitude e longitude do local onde a leitora está instalada." O formulário contém dois campos de entrada: "Informe as coordenadas de latitude" e "Informe as coordenadas de longitude". Abaixo dos campos, há um botão azul "Salvar" e um botão verde "Página Principal". No rodapé, há uma linha de texto: "Projeto desenvolvido no Mestrado Profissional em Computação Aplicada - FACOM/UFMS."

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

desejada, salvando para finalizar. Após isso, será exibida uma página confirmando as mudanças realizadas na página anterior.

Figura 33: Página de alteração da prioridade de transmissão.

A captura de tela mostra uma interface web no navegador. O título da página é "Alterar Prioridade de Transmissão". Abaixo do título, há uma barra azul com o texto "Módulos conectados à leitora: LoRaWAN - GSM/GPRS - Wi-Fi". Abaixo disso, há uma instrução: "Utilize o formulário abaixo para ajustar a prioridade de transmissão, em cada campo selecione a conexão desejada." O formulário contém três campos de seleção: "Selecione a 1ª opção" (com "LoRaWAN" selecionado), "Selecione a 2ª opção" (com "GSM/GPRS" selecionado) e "Selecione a 3ª opção" (com "Wi-Fi" selecionado). Abaixo dos campos, há um botão azul "Enviar". No rodapé, há uma seção azul intitulada "Observação" com o texto: "Essa lista será utilizada ao realizar transmissões das leituras, em caso de falha será feita uma nova tentativa com a conexão seguinte. Na primeira opção, de preferência a uma conexão que tenha maior disponibilidade." Abaixo da observação, há um botão verde "Página Principal".

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

4.2.1.3 Intervalo entre as transmissões

Por padrão, o intervalo entre as transmissões é de 60 (sessenta) minutos, mas pode ser ajustado entre 0 (transmissão imediata) e 1440 (24 horas).

Na Figura 34, é exibida a página de atualização do intervalo entre as transmissões, na qual deve ser informado um valor em minutos. O campo é do tipo *number* e permite o ajuste do valor pela barra de controle ou por uma lista suspensa que é exibida quando recebe um clique.

Figura 34: Página de atualização do intervalo entre as transmissões.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Após informar e salvar o valor desejado, será exibida uma página confirmando a alteração do intervalo entre as transmissões.

4.2.1.4 Adicionar/Configurar Destinos

Nesta seção é possível adicionar e alterar os dados de um destino que receberá os dados transmitidos pela leitora. À medida que são configurados, é criada uma lista de destinos que será utilizada nas transmissões via GSM/GPRS e Wi-Fi, e que pode ser ajustada, vide Seção 4.2.1.5. É possível configurar os seguintes destinos: FTP, planilhas do Google Drive, Banco de Dados MySQL e TagoIO. É válido destacar que devem ser configurados de acordo com a Seção 3.11.

O destino das transmissões via LoRaWAN depende da rede que está sendo utilizada. Se for utilizado o Chirpstack, nas Integrações, podem ser adicionados vários destinos. Se for utilizada outra rede, deve ser verificada quais integrações podem ser criadas.

Na Figura 35, é apresentada a página para configuração do envio de dados via FTP, na qual devem ser informados o **endereço**, **usuário** e **senha** do servidor FTP. Após clicar em Enviar, será exibida uma página confirmando o armazenamento das informações inseridas na página anterior.

A configuração do envio de dados às planilhas do Google Drive é relativamente simples. Após criar e configurar a planilha de acordo com a Seção 3.11.4 e Apêndice C, basta informar o ID do *script* criado, conforme pode ser visto na Figura 36. Após clicar em Enviar será exibida uma página de confirmação.

Na Figura 37, é apresentada a página de configuração do envio de dados para Banco de Dados MySQL, na qual devem ser informados o **endereço do servidor web** onde está armazenado o *script*, bem como a **chave de autenticação** definida no *script*. É importante observar as orientações da Seção 3.11.3 e Apêndice B. Após clicar em Enviar, será exibida a página de confirmação.

Figura 35: Página de configuração do destino FTP.

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying '192.168.1.5/formFTP'. The page title is 'Configurar envio de dados via FTP'. The form contains three input fields: 'Endereço IP ou FQDN', 'Username FTP', and 'Senha FTP'. Below these fields is a blue 'Enviar' button. A light blue box labeled 'Observação' contains text about IP address formats and server accessibility. At the bottom, there is a green 'Página Principal' button and a footer line: 'Projeto desenvolvido no Mestrado Profissional em Computação Aplicada - FACOM/UFMS.'

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 36: Página de configuração do destino Google.

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying '192.168.1.5/formGoogleSheet'. The page title is 'Configurar envio de dados às planilhas Google'. The form contains one input field: 'Google Script ID'. Below this field is a blue 'Enviar' button. A light blue box labeled 'Observação' contains text about creating a Google Sheet and script. At the bottom, there is a green 'Página Principal' button and a footer line: 'Projeto desenvolvido no Mestrado Profissional em Computação Aplicada - FACOM/UFMS.'

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

O envio de dados à TagoIO requer a criação do(s) dispositivo(s) na plataforma. Pode ser criado apenas um dispositivo e informado o mesmo **Device Token** para Wi-Fi e GSM/GPRS. Porém, no *dashboard* da plataforma não será possível identificar qual dispositivo e por qual meio enviou os dados.

Nos testes realizados, a percepção de uso da plataforma, organização e melhor visualização dos dados sugerem a criação de dois dispositivos na plataforma: Wi-Fi e GSM/GPRS. Isso facilitará a visualização dos dados no *dashboard* e no *Live Inspector* (vide Figura 75).

Após seguir as instruções da Seção 3.11.1 e Apêndice A, pode-se configurar o envio de dados à TagoIO. A Figura 38 exibe a página de configuração do destino TagoIO, na

Figura 37: Página de configuração do destino Banco de Dados MySQL.

Configurar envio de dados para Banco de Dados MySQL

Informe o endereço do servidor (IP ou FQDN) com caminho

https://meudominio.com/post.php

Informe a chave de autenticação

Chave de autenticação

Enviar

Observação

No campo endereço do servidor deve ser informado o caminho completo do servidor com o script PHP responsável por receber os dados via POST e enviar ao banco de dados. Certifique-se de que os campos na base de dados estão idênticos ao apresentado na documentação de apoio. Se possível, teste e confirme a recepção de dados no banco.

Página Principal

Projeto desenvolvido no Mestrado Profissional em Computação Aplicada - FACOM/UFMS.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

qual é possível informar um ou dois **Device Token**, de acordo com o desejado. Se não for informado nenhum, na tela seguinte será exibida uma mensagem de erro.

Figura 38: Página de configuração do destino TagoIO.

Configurar envio de dados à TagoIO

Informe o token do device criado na TagoIO

Conexão Wi-Fi

Informe o número do token

Conexão GSM/GPRS

Informe o número do token

Enviar

Observação

Ao adicionar um dispositivo na TagoIO é gerado um token, esse valor é a chave para estabelecer conexão com o servidor via HTTP, HTTPS ou MQTT.

Página Principal

Projeto desenvolvido no Mestrado Profissional em Computação Aplicada - FACOM/UFMS.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Na Figura 39, é exibida a página de confirmação das informações inseridas na página anterior. Os valores do **Device Token** estão omitidos, por segurança.

4.2.1.5 Ordem dos Destinos

À medida que os destinos são configurados, eles são adicionados à uma lista de destinos, que será utilizada para a transmissão de dados, seguindo a ordem dessa lista.

Figura 39: Página de confirmação da configuração do destino TagoIO.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Para alterar a ordem, na seção Configurações Gerais será exibida a ordem dos destinos e ao lado o botão Alterar Ordem. Ao clicar nele, será apresentada a página da Figura 40, em cuja parte superior são exibidos os destinos configurados e nas caixas de seleção deve ser informada a nova ordem. Após clicar em Enviar, será exibida uma página de confirmação com a nova ordem dos destinos configurados.

Figura 40: Página de alteração da ordem dos destinos de transmissão.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

4.2.1.6 Configurações de Data e Hora

Nesta seção, é possível atualizar data, hora e fuso horário da leitora. As duas primeiras são demonstradas na Figura 31.

A atualização do fuso horário é necessária quando as informações de data e hora foram obtidas via GPS, uma vez que são do *Coordinated Universal Time* (UTC) e necessitam de ajuste para o fuso horário local.

Ao clicar no botão Ajustar fuso horário será exibida a página da Figura 41, onde deve ser informado um valor numérico do fuso horário desejado. Além disso, ao clicar no campo é exibida uma lista suspensa com alguns fusos horários, basta clicar no desejado que o valor já é preenchido. Após clicar em Salvar, será exibida uma página de confirmação com a data e hora da leitora, já atualizadas de acordo com o fuso horário informado.

Figura 41: Página de atualização do fuso horário da leitora.

Atualização de fuso horário

Utilize o formulário abaixo para informar o fuso horário em relação ao Tempo Universal Coordenado (UTC).
Informe apenas o valor em horas. Ex: -4, para Amazon Time em UTC-04:00.

Informe ou selecione um fuso horário

-4

Horário de Fernando de Noronha
Horário de Brasília
Horário da Amazônia
Horário do Acre

Página Principal

Projeto desenvolvido no Mestrado Profissional em Computação Aplicada - FACOM/UFMS.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

4.2.1.7 Administração Web

Nesta seção é possível realizar algumas ações de configuração da interface *web* da leitora. A primeira é alterar a senha de acesso, bastando clicar no botão Alterar senha da interface *web*, informar a nova senha e salvar.

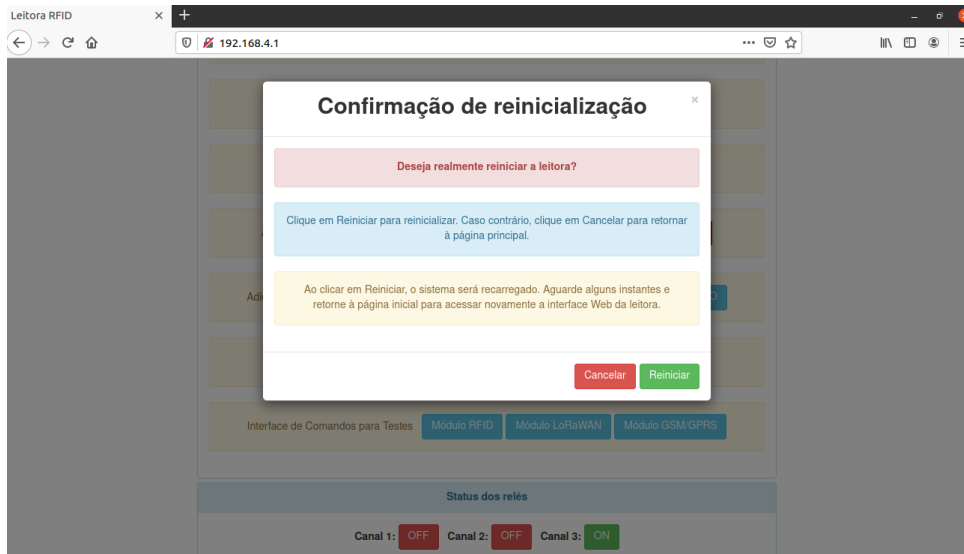
As outras ações da seção Administração Web são:

- Efetuar *logout*: encerra a sessão na interface *web*, sendo redirecionado à página de *login*;
- Reiniciar leitora: reinicia o ESP32, executando novamente a primeira inicialização. Será exibida uma mensagem de confirmação, por segurança, conforme pode ser visto na Figura 42.

4.2.1.8 Interface de Comando para Testes

Nesta seção é possível enviar comandos via porta serial aos módulos RFID, Lo-RaWAN e GSM/GPRS, permitindo verificar o funcionamento e até mesmo configurar algum parâmetro.

Figura 42: Tela de confirmação antes de reiniciar a leitora.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Na Figura 43, é apresentada a página de envio de comandos ao módulo RFID. Ao clicar no campo Comando, uma lista suspensa com alguns comandos será exibida. Além disso, é possível consultar outros comandos no *datasheet* do módulo, disponível no [link Ver lista completa de comandos](#), na parte inferior da página.

Figura 43: Página de envio de comandos ao módulo RFID.

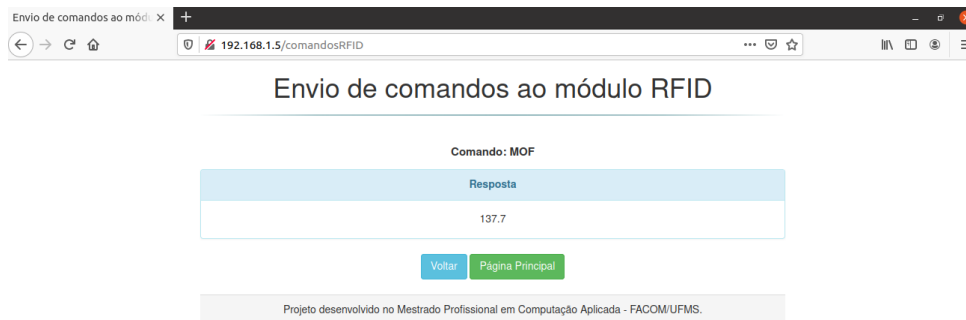


Fonte: elaborada pelo autor (2021).

A título de exemplo, foi enviado o comando MOF, utilizado para verificar a frequência da antena conectada ao módulo, para o qual foi obtida a resposta 137.7, conforme pode ser visto na Figura 44.

A interface de envio de comandos ao módulo LoraWAN é semelhante. O campo comando exibe uma lista suspensa de comandos e logo abaixo há informações sobre a sintaxe

Figura 44: Página de exibição da resposta ao comando enviado para o módulo RFID.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

dos comandos AT suportados, e um *link* de acesso ao *datasheet* para mais informações.

Para demonstrar o funcionamento, foi enviado o comando `AT+DEUI=?`, para obter o Device EUÍ do módulo, o qual retornou como resposta `0012F8000000D0C`, conforme pode ser visto na Figura 45.

Figura 45: Página de exibição da resposta ao comando enviado para o módulo LoRaWAN.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

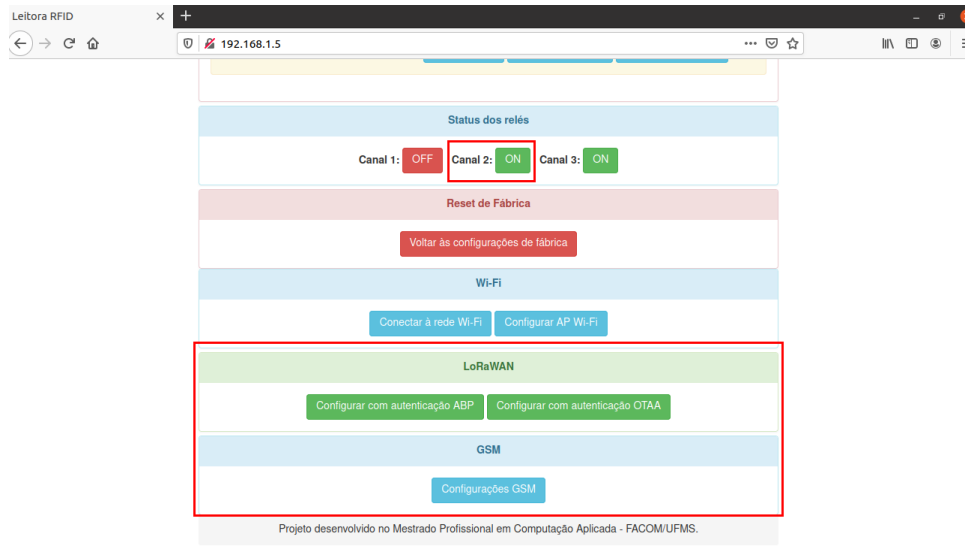
O envio de comandos ao módulo GSM/GPRS é idêntico aos apresentados anteriormente.

4.2.1.9 Status dos relés

Nesta seção, é exibido o estado dos relés, permitindo ligar ou desligar algum canal específico. Assim que a primeira inicialização é finalizada, apenas o relé IN3 (canal 3)² está ligado. Caso seja necessário realizar alguma configuração dos módulos LoRaWAN ou GSM/GPRS, basta clicar no botão do canal 2, que passará a indicar ON. Na Figura 46, é possível visualizar que os relés 2 e 3 estão ligados (**status ON**) e que as seções LoRaWAN e GSM passam a ficar visíveis, uma vez que os módulos estão ligados.

² Este canal controla o módulo leitor RFID.

Figura 46: Seção Status dos relés mostrando que os relés 2 e 3 estão ligados.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

4.2.1.10 Reset de Fábrica

Nesta seção, é possível realizar o *reset* de fábrica da leitora, no qual todos os arquivos de configuração são removidos, a senha de acesso à interface *web* volta ao padrão (123) e o usuário é redirecionado à página de *login*. Ao clicar no botão **Voltar às configurações de fábrica**, por questão de segurança, será exibida uma tela de confirmação.

4.2.1.11 Wi-Fi

Nesta seção é possível conectar a leitora à uma rede Wi-Fi ou personalizar a rede Wi-Fi local criada pela leitora. No primeiro caso ela será um cliente da rede, como um *smartphone* ou *notebook*, por exemplo. Desta forma, a interface *web* poderá ser acessada pelo seu endereço IP na rede local. Quando estiver conectada à uma rede Wi-Fi, as informações da rede serão exibidas na página principal, na seção **Status**.

Na Figura 47, é apresentada a página para conectar a leitora à uma rede Wi-Fi. Não é necessário digitar o SSID da rede, uma vez que são listadas as redes que estão ao alcance da leitora, basta selecionar a desejada e informar a senha. Após clicar em **Conectar**, será exibida uma página de confirmação, informando o status da conexão à rede selecionada.

A segunda opção desta seção permite ajustar o SSID e a senha da rede Wi-Fi criada pela leitora. É por meio dela que se dá o acesso à interface *web*, quando não estiver conectada à uma rede como cliente. Na Figura 48, é apresentada a página de configuração

Figura 47: Página para conectar a leitora à uma rede Wi-Fi.

A interface web, acessada no navegador em 192.168.4.1/conf, apresenta o título 'Conectar à rede Wi-Fi'. Abaixo, há uma seção 'Selecione a rede' com uma lista de redes disponíveis, onde 'TELETURBO-AE563' está selecionada. Abaixo da lista, há um campo 'Senha' com caracteres ocultos por pontos. Na base da interface, há dois botões: 'Conectar' (azul) e 'Página Principal' (verde). O rodapé indica: 'Projeto desenvolvido no Mestrado Profissional em Computação Aplicada - FACOM/UFMS.'

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

do SSID e senha³ da rede. Após informar os dados desejados e clicar em **Salvar**, será exibida uma tela de confirmação.

Figura 48: Página de personalização da rede Wi-Fi criada pela leitora.

A interface web, acessada no navegador em 192.168.4.1/confAP, apresenta o título 'Configurar AP Wi-Fi'. Abaixo, há dois campos de entrada: 'Informe o SSID da rede' e 'Informe a senha da rede'. Na base da interface, há dois botões: 'Salvar' (azul) e 'Página Principal' (verde). O rodapé indica: 'Projeto desenvolvido no Mestrado Profissional em Computação Aplicada - FACOM/UFMS.'

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

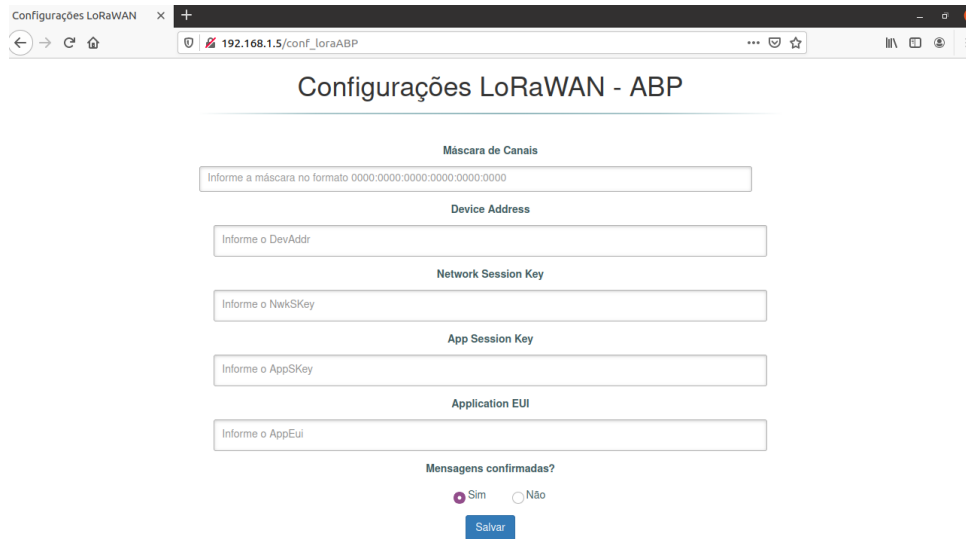
4.2.1.12 LoRaWAN

Quando o relé 2 (IN2) estiver ativado, a seção LoRaWAN estará disponível, vide Figura 46, nela é possível acessar as páginas de configuração da transmissão via LoRaWAN com ativação ABP ou OTAA. Na Figura 49 é apresentada a página de configuração para transmissão via LoRaWAN usando ativação ABP. Este tipo de ativação consome menos tempo para transmitir os dados, porém é menos seguro.

Para a configuração da transmissão de dados via LoRaWAN utilizando ativação OTAA são necessários menos dados, conforme pode ser visto na Figura 50, uma vez que as chaves são negociadas na rede. O uso de mensagens confirmadas implica em maior tempo

³ Deve conter pelo menos 8 (oito) caracteres.

Figura 49: Página de configuração para transmissão via LoRaWAN com ativação ABP.

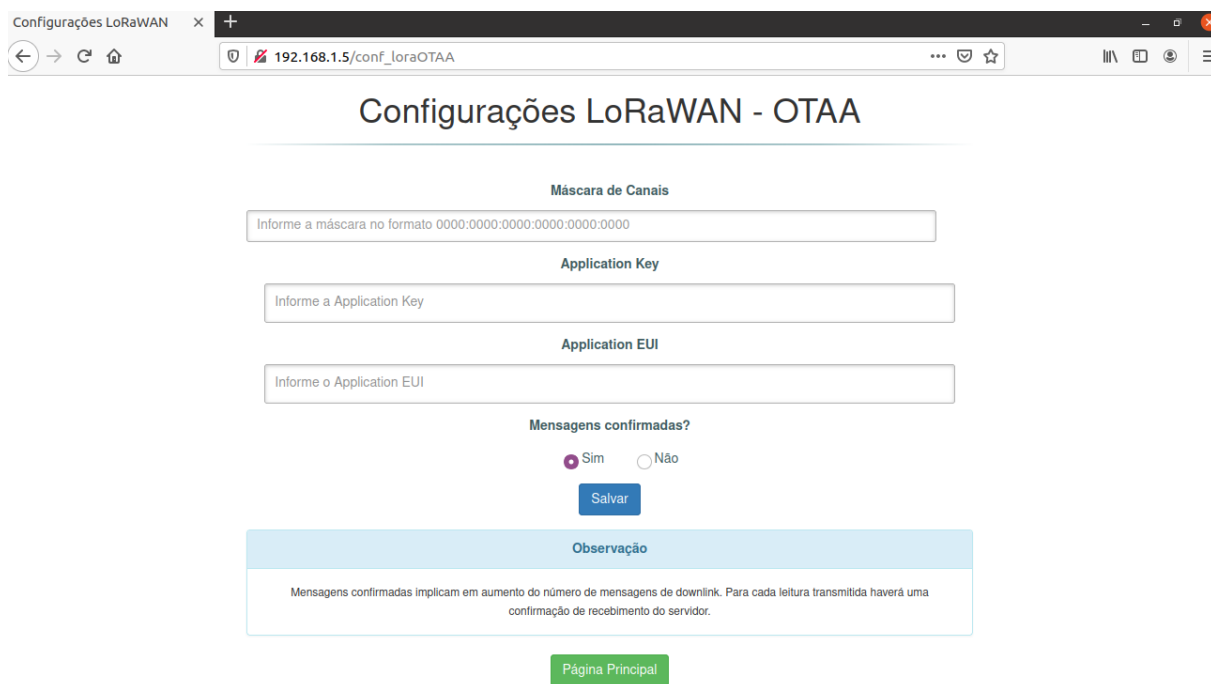


The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying '192.168.1.5/conf_loraABP'. The page title is 'Configurações LoRaWAN - ABP'. It contains several input fields for configuration: 'Máscara de Canais' (Channel Mask) with a placeholder 'Informe a máscara no formato 0000:0000:0000:0000:0000:0000'; 'Device Address' with a placeholder 'Informe o DevAddr'; 'Network Session Key' with a placeholder 'Informe o NwkSKey'; 'App Session Key' with a placeholder 'Informe o AppSKey'; and 'Application EUI' with a placeholder 'Informe o AppEui'. Below these fields is a section 'Mensagens confirmadas?' with radio buttons for 'Sim' (selected) and 'Não'. A blue 'Salvar' button is at the bottom.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

para transmissão de cada leitura, uma vez que o módulo aguardará um ACK (confirmação) do servidor para transmitir a leitura seguinte. Após clicar em **Salvar**, será exibida uma tela de confirmação. Caso haja algum erro no formato das chaves, serão exibidos quais campos estão incorretos.

Figura 50: Página de configuração para transmissão via LoRaWAN com ativação OTAA.



The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying '192.168.1.5/conf_loraOTAA'. The page title is 'Configurações LoRaWAN - OTAA'. It contains three input fields: 'Máscara de Canais' (Channel Mask) with a placeholder 'Informe a máscara no formato 0000:0000:0000:0000:0000:0000'; 'Application Key' with a placeholder 'Informe a Application Key'; and 'Application EUI' with a placeholder 'Informe o Application EUI'. Below these fields is a section 'Mensagens confirmadas?' with radio buttons for 'Sim' (selected) and 'Não'. A blue 'Salvar' button is at the bottom. Below the 'Salvar' button is a light blue box labeled 'Observação' containing the text: 'Mensagens confirmadas implicam em aumento do número de mensagens de downlink. Para cada leitura transmitida haverá uma confirmação de recebimento do servidor.' At the very bottom is a green button labeled 'Página Principal'.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

4.2.1.13 GSM/GPRS

Nesta seção é possível configurar os dados da operadora de telefonia celular do SIM Card instalado no módulo SIM800L. Após clicar no botão Configurações GSM, será exibida a página da Figura 51, na qual devem ser informados o APN, usuário e senha da operadora, caso necessário. Ao clicar no campo APN será exibida uma lista suspensa contendo algumas operadoras brasileiras, ao clicar em uma já será preenchido o valor do seu APN.

Figura 51: Página de configurações do SIM Card da operadora de telefonia celular.

A imagem mostra uma interface web no navegador com o endereço 192.168.1.5/conf_gsm. O título da página é 'Configurações GSM'. Abaixo do título, há uma instrução: 'Utilize o formulário abaixo para informar os parâmetros da operadora de telefonia celular do SIM instalado para conexão GPRS.' O formulário contém três campos de entrada: 'Informe o APN (Access Point Name) da operadora', 'Informe o nome de usuário*' e 'Informe a senha*'. Cada campo tem uma dica de texto: 'Informe o APN ou selecione a operadora', 'Informe o nome de usuário' e 'Informe a senha'. Abaixo dos campos, há um botão azul 'Salvar' e uma nota: '*Se não existir, deixe em branco.' Na base do formulário, há um botão verde 'Página Principal'. No rodapé, há o texto: 'Projeto desenvolvido no Mestrado Profissional em Computação Aplicada - FACOM/UFMS.'

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Nos testes foi utilizado um SIM Card da operadora TIM. Nas configurações GSM, foi selecionado o APN da TIM (`timbrasil.br`), e os campos usuário e senha foram deixados em branco porque não são necessários para estabelecimento da conexão.

4.3 Destinos de Envio das Leituras

As leituras realizadas pela leitora podem ser enviadas para os destinos apresentados na Seção 3.11. Para isso, é necessário acessar a interface *web* da leitora e adicionar as informações necessárias para configurar o(s) destino(s).

Nas transmissões via GSM/GPRS e Wi-Fi serão feitas duas tentativas de transmissão. Em caso de falha, serão realizadas novas tentativas com o destino seguinte.

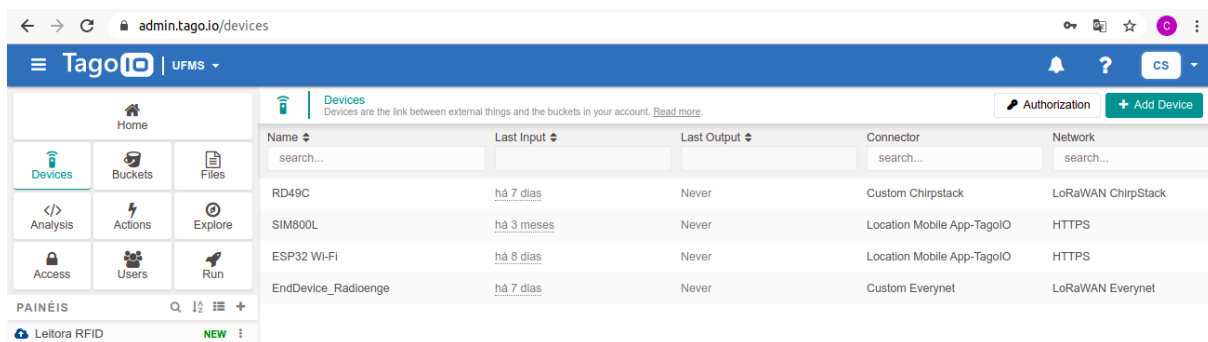
As transmissões via LoRaWAN também terão duas tentativas e poderão ser enviadas a um ou mais destino(s), porém depende da integração criada no *gateway*, conforme exibido na Seção 3.11.5.

A seguir serão apresentados os resultados de testes de transmissão das leituras para os destinos disponíveis.

4.3.1 TagoIO

Na plataforma TagoIO foram adicionados os dispositivos que enviarão dados, de forma a identificar o transmissor de cada leitura. Na Figura 52, é possível visualizar os dispositivos adicionados, sendo que há dois para transmissão via LoRaWAN porque inicialmente foi utilizada a rede da operadora LoRaWAN TCTec para testes, e, posteriormente, o *gateway* com a pilha Chirpstack.

Figura 52: Dispositivos criados na plataforma TagoIO para transmissão dos dados da leitora.



Name	Last Input	Last Output	Connector	Network
RD49C	há 7 dias	Never	Custom Chirpstack	LoRaWAN ChirpStack
SIM800L	há 3 meses	Never	Location Mobile App-TagoIO	HTTPS
ESP32 Wi-Fi	há 8 dias	Never	Location Mobile App-TagoIO	HTTPS
EndDevice_Radioenge	há 7 dias	Never	Custom Everynet	LoRaWAN Everynet

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Por meio do *Payload Parser*, é possível verificar a recepção dos dados, bem como a decodificação, caso necessário. Na Figura 53, são exibidas as leituras transmitidas via Wi-Fi. Na Figura 54, é possível visualizar as leituras transmitidas via GSM/GPRS e, na Figura 55, são exibidas as leituras transmitidas via LoRaWAN.

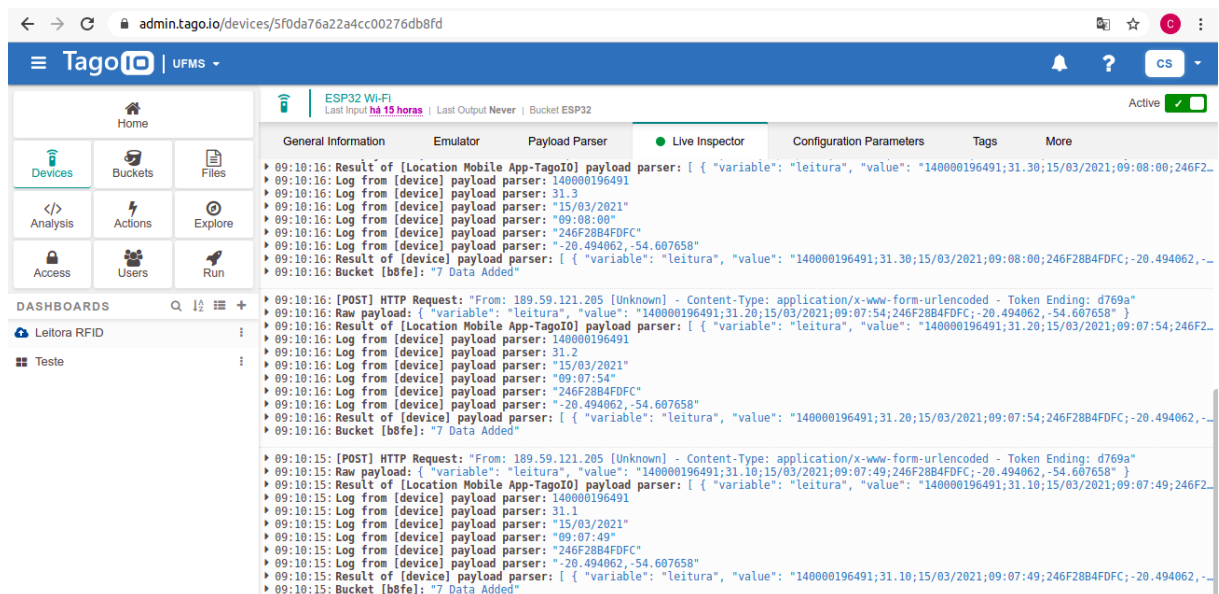
Para melhor visualização dos dados foi criado um *dashboard* chamado **Leitora RFID**, no qual foi adicionado um *widget* para cada módulo de transmissão, que permite exportar os dados para CSV ou XLSX. Na Figura 56, é possível visualizar as leituras transmitidas via LoRaWAN em formato de tabela.

Os dados transmitidos por GSM/GPRS e Wi-Fi também podem ser visualizados da mesma forma, na forma de tabelas. Poderia ser criado um único *gadget* para todas as tecnologias de transmissão, porém, foram separados de forma a identificar a origem dos dados e facilitar a visualização.

4.3.2 Servidor FTP

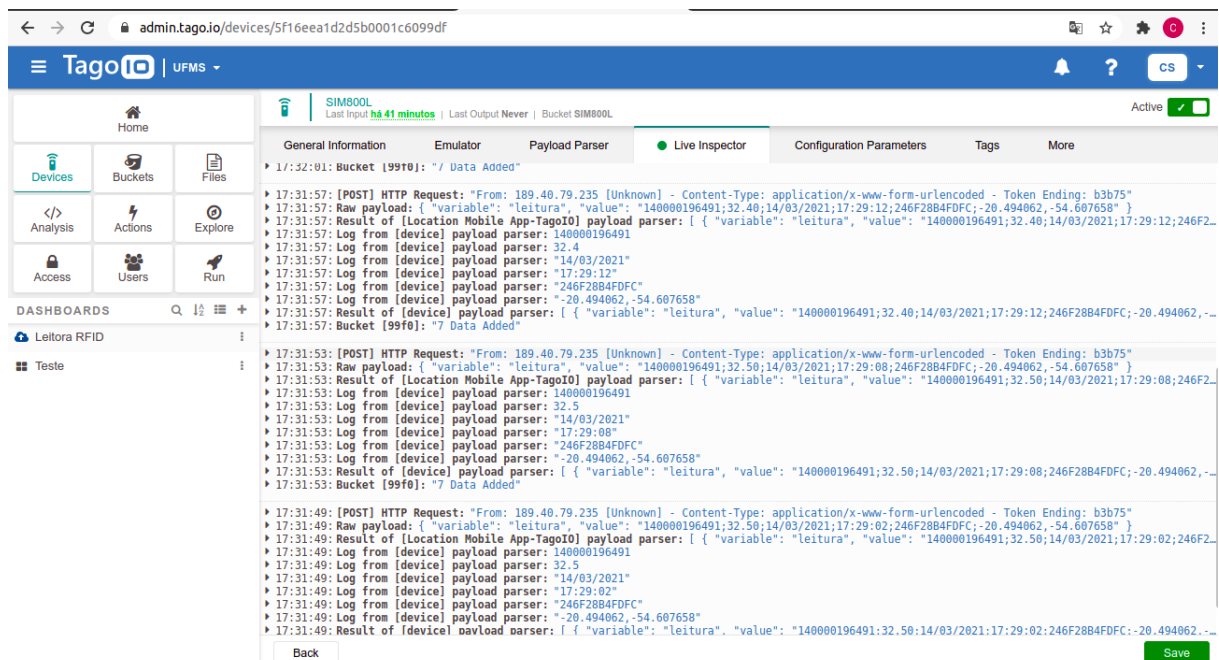
Para as transmissões via Wi-Fi foi utilizado um servidor FTP local, conforme apresentado na Seção 3.11.2. Na Figura 57, é possível visualizar a estrutura de diretório criada para armazenamento das leituras e o conteúdo do arquivo `15-03-2021.csv` que contém as leituras transmitidas no dia 15/03/2021, armazenadas no servidor FTP.

Figura 53: Leituras transmitidas via Wi-Fi sendo visualizadas no Payload Parser da plataforma TagoIO.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

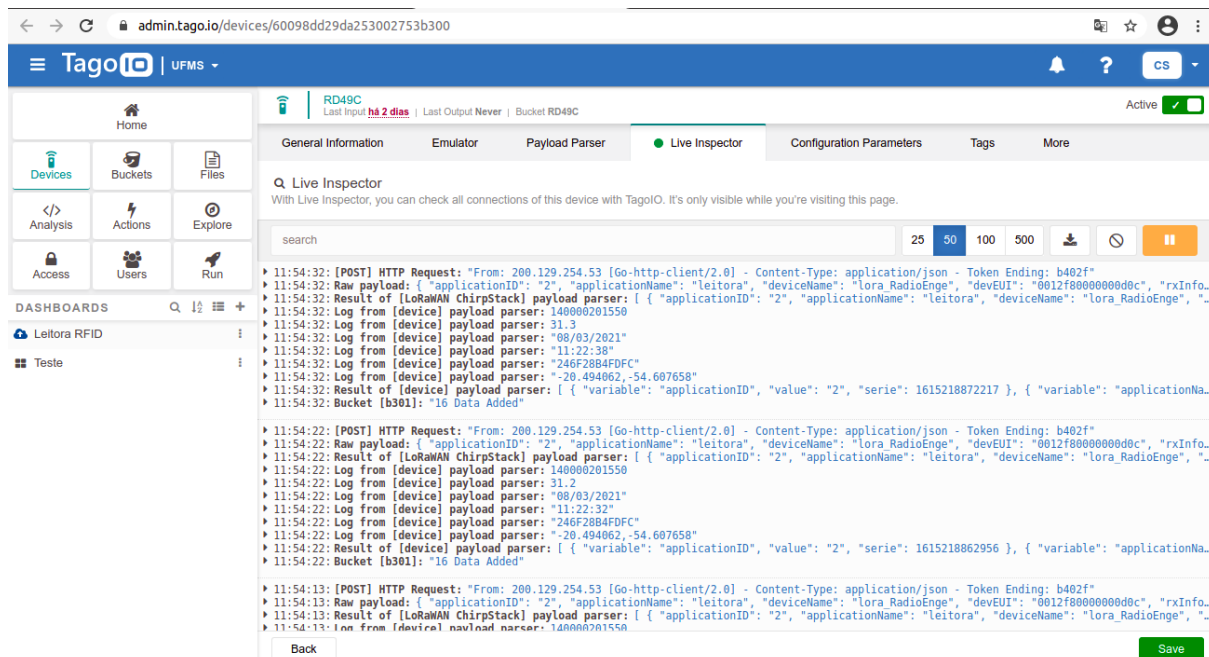
Figura 54: Leituras transmitidas via GSM/GPRS sendo visualizadas no Payload Parser da plataforma TagoIO.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Para as transmissões via GSM/GPRS, foi utilizado um servidor FTP remoto gratuito (000webhost). Na Figura 58, é possível visualizar a estrutura de diretórios e o arquivo 14-03-2021.csv, contendo as leituras transmitidas e armazenadas do dia 14/03/2021.

Figura 55: Leituras transmitidas via LoRaWAN sendo visualizadas no Payload Parser da plataforma TagoIO.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 56: Widget adicionado a *dashboard* criada na plataforma TagoIO para visualização das leituras transmitidas via LoRaWAN.

The screenshot shows the TagoIO dashboard with a widget titled 'Leituras Transmitidas LoRaWAN'. The widget displays a table of data with the following columns: 'Identificação Animal', 'Temperatura', 'Data Leitura', 'Hora Leitura', 'Identificação da Leitora', and 'Coordenadas da Leitora'. The table contains 13 rows of data, showing readings for various animals and their locations. The dashboard also includes a sidebar with navigation options and a bottom section with pagination and a 'Previous' button.

Identificação Animal	Temperatura	Data Leitura	Hora Leitura	Identificação da Leitora	Coordenadas da Leitora
140000201550	31.60	18/03/2021	10:29:16	246F28B4DFDC	-20.494062,-54.607658
140000201550	31.40	18/03/2021	10:29:11	246F28B4DFDC	-20.494062,-54.607658
140000201550	31.10	18/03/2021	10:29:06	246F28B4DFDC	-20.494062,-54.607658
140000201550	30.60	18/03/2021	10:28:55	246F28B4DFDC	-20.494062,-54.607658
140000201550	30.20	18/03/2021	10:28:50	246F28B4DFDC	-20.494062,-54.607658
140000201550	30.00	18/03/2021	10:28:45	246F28B4DFDC	-20.494062,-54.607658
140000201550	29.80	18/03/2021	10:28:39	246F28B4DFDC	-20.494062,-54.607658
140000201550	29.60	18/03/2021	10:28:34	246F28B4DFDC	-20.494062,-54.607658
140000201550	31.20	18/03/2021	10:16:24	246F28B4DFDC	-20.494062,-54.607658

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

4.3.3 Servidor de Banco de Dados MySQL

Para transmissões via Wi-Fi, foi utilizado um servidor de banco de dados local, conforme apresentado na Seção 3.11.3. Na Figura 59, são exibidas as leituras armazenadas no servidor de banco de dados.

Figura 57: Exibição da estrutura de diretório e das leituras transmitidas no dia 15/03/2021, no terminal, que estão armazenadas no servidor FTP.

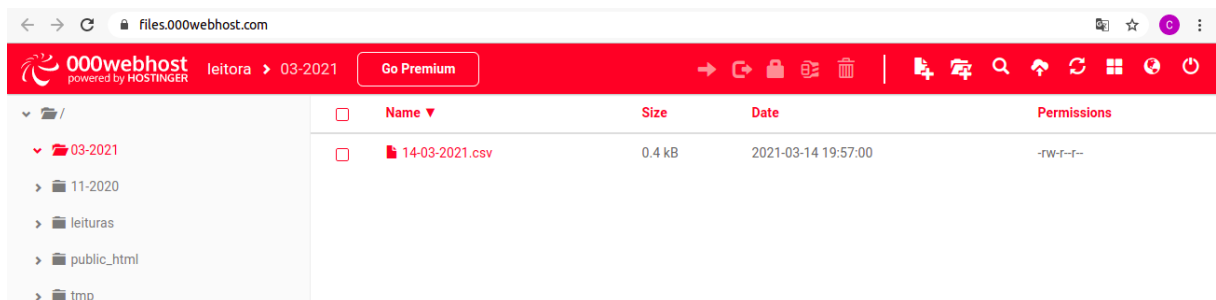
```

cleitong@cleiton-VirtualBox:~$ cd /leituras/
cleitong@cleiton-VirtualBox:/leituras$ ls -la
.  ..  03-2021  12-2020
cleitong@cleiton-VirtualBox:/leituras$ cd 03-2021/
cleitong@cleiton-VirtualBox:/leituras/03-2021$ ls -la
.  ..  15-03-2021.csv
cleitong@cleiton-VirtualBox:/leituras/03-2021$ cat 15-03-2021.csv
140000196491;31.10;15/03/2021;09:12:35;246F28B4DFDC;-20.494062,-54.607658
140000196491;31.10;15/03/2021;09:12:42;246F28B4DFDC;-20.494062,-54.607658
140000196491;31.20;15/03/2021;09:12:47;246F28B4DFDC;-20.494062,-54.607658
140000196491;31.30;15/03/2021;09:12:52;246F28B4DFDC;-20.494062,-54.607658
140000196491;31.10;15/03/2021;09:12:57;246F28B4DFDC;-20.494062,-54.607658
cleitong@cleiton-VirtualBox:/leituras/03-2021$

```

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 58: Exibição da estrutura de diretório e das leituras transmitidas no dia 14/03/2021 para o servidor FTP remoto.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Foi utilizado um servidor gratuito (000webhost) para as transmissões via GSM/GPRS. Na Figura 60, é possível visualizar leituras armazenadas no banco de dados criado. Porém, o servidor apresentou instabilidades de acesso, dificultando a realização dos testes.

4.3.4 Planilhas Google

Na Figura 61 é apresentada a planilha criada no Google Drive para recebimento das leituras transmitidas pela leitora via Wi-Fi ou GSM/GPRS. Há um *script* associado a ela, responsável por receber os dados e inserir nas colunas, como apresentado no Apêndice C.

Figura 59: Leituras armazenadas no banco de dados MySQL local.

SELECT * FROM `leituras` ORDER BY `id` DESC

Perfil [Edit inline] [Edit] [Explicar SQL] [Criar código PHP] [Atualizar]

1 > >> ☐ Mostrar tudo Número de registros: 25 Filtar registros: Pesquisar esta tabela

Ordenar por chave: PRIMARY (Descendente)

	id	id_animal	temperatura	data_leitura	hora_leitura	mac_leitora	coordenadas_leitora
☐ Editar Copiar Apagar	94	140000196491	30.9	2021-03-15	09:22:23	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658
☐ Editar Copiar Apagar	93	140000196491	30.8	2021-03-15	09:22:18	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658
☐ Editar Copiar Apagar	92	140000196491	30.8	2021-03-15	09:22:14	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658
☐ Editar Copiar Apagar	91	140000196491	30.7	2021-03-15	09:22:09	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658
☐ Editar Copiar Apagar	90	140000196491	30.7	2021-03-15	09:22:03	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658
☐ Editar Copiar Apagar	89	140000196491	31.7	2021-03-13	20:39:59	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658
☐ Editar Copiar Apagar	88	140000196491	31.5	2021-03-13	20:39:49	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658
☐ Editar Copiar Apagar	87	140000196491	31.7	2021-03-13	20:39:54	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658
☐ Editar Copiar Apagar	86	140000196491	31.3	2021-03-13	20:39:44	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658
☐ Editar Copiar Apagar	85	140000196491	31.3	2021-03-13	20:39:36	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 60: Leituras armazenadas no banco de dados MySQL remoto.

SELECT * FROM `leituras` ORDER BY `id` DESC

Perfil [Editar em linha] [Edit] [Explicar SQL] [Criar código PHP]

☐ Mostrar tudo Número de registros: 25 Filtar registros: Pesquisar esta tabela Ordenar por chave: PRIMARY (DESC)

A mostrar registros de 0 - 2 (3 total, A consulta demorou 0.0008 segundos.) [id: 3... - 1...]

	id	id_animal	temperatura	data_leitura	hora_leitura	mac_leitora	coordenadas_leitora
☐ Editar Copiar Apagar	3	140000196491	32.2	2021-03-14	17:14:11	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658
☐ Editar Copiar Apagar	2	140000196491	32.2	2021-03-14	17:14:11	246F28B4FD4FC	-20.494062,-54.607658

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Para envio dos dados às planilhas Google via LoRaWAN com Chirpstack é necessário adicionar à integração um *script* que faça um POST para o *script* Google.

Todos os dados lidos dos transponders e transmitidos aos vários destinos foram validados mediante várias comparações do conteúdo exibido na porta serial USB com o armazenado na aplicação de destino.

4.4 Testes de Campo

Os testes de campo foram realizados nos dias 26/02/2021 e 08/03/2021, no mangueiro digital da Embrapa Gado de Corte, responsável pelo manejo dos animais. Para

Figura 61: Planilha criada no Google Drive para recebimento das leituras transmitidas pela leitora.

	A	B	C	D	E	F
	ID	Temperatura	Data	Hora	MAC	Coordenadas
110	140000196491	31.00	14/03/2021	10:27:05	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
111	140000196491	32.50	14/03/2021	15:36:15	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
112	140000196491	32.50	14/03/2021	15:36:15	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
113	140000196491	32.40	14/03/2021	15:36:23	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
114	140000196491	32.40	14/03/2021	15:36:31	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
115	140000196491	32.20	14/03/2021	15:36:40	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
116	140000196491	32.10	14/03/2021	15:36:48	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
117	140000196491	33.00	14/03/2021	16:00:57	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
118	140000196491	32.90	14/03/2021	16:01:04	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
119	140000196491	32.90	14/03/2021	16:01:11	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
120	140000196491	32.80	14/03/2021	16:01:17	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
121	140000196491	32.50	14/03/2021	16:01:25	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
122	140000196491	32.70	14/03/2021	16:13:37	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
123	140000196491	32.70	14/03/2021	16:13:37	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
124	140000196491	32.70	14/03/2021	16:13:43	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
125	140000196491	32.60	14/03/2021	16:13:49	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
126	140000196491	32.60	14/03/2021	16:13:55	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
127	140000196491	32.50	14/03/2021	16:14:01	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
128	140000196491	32.50	14/03/2021	17:03:16	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
129	140000196491	32.20	14/03/2021	17:14:11	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
130	140000196491	32.90	14/03/2021	18:07:48	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
131	140000196491	32.90	14/03/2021	18:08:36	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
132	140000196491	33.10	14/03/2021	18:13:38	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
133	140000196491	32.90	14/03/2021	18:33:14	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
134	140000196491	32.90	14/03/2021	19:33:19	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
135	140000196491	29.80	15/03/2021	08:46:30	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
136	140000196491	29.90	15/03/2021	08:47:51	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
137	140000196491	29.90	15/03/2021	08:47:58	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
138	140000196491	30.10	15/03/2021	08:48:05	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
139	140000196491	30.00	15/03/2021	08:48:12	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
140	140000196491	30.50	15/03/2021	09:00:59	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
141	140000196491	30.60	15/03/2021	09:01:05	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
142	140000196491	30.50	15/03/2021	09:01:10	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
143	140000196491	30.50	15/03/2021	09:01:17	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
144	140000196491	30.50	15/03/2021	09:01:23	246F28B4FDFC	-20.494062,-54.607658
145						
146						

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

isso, foram separados 5 (cinco) animais que possuíam bolus intra-ruminal (HDX). Cabe destacar que em virtude da pandemia, os testes foram reduzidos.

Para o primeiro teste, realizado no dia 26/02/2021, no período da manhã, foi confeccionada uma base para a antena RFIDCOIL-250A, que acompanha o módulo leitor RFID, conforme pode ser visto na Figura 62.

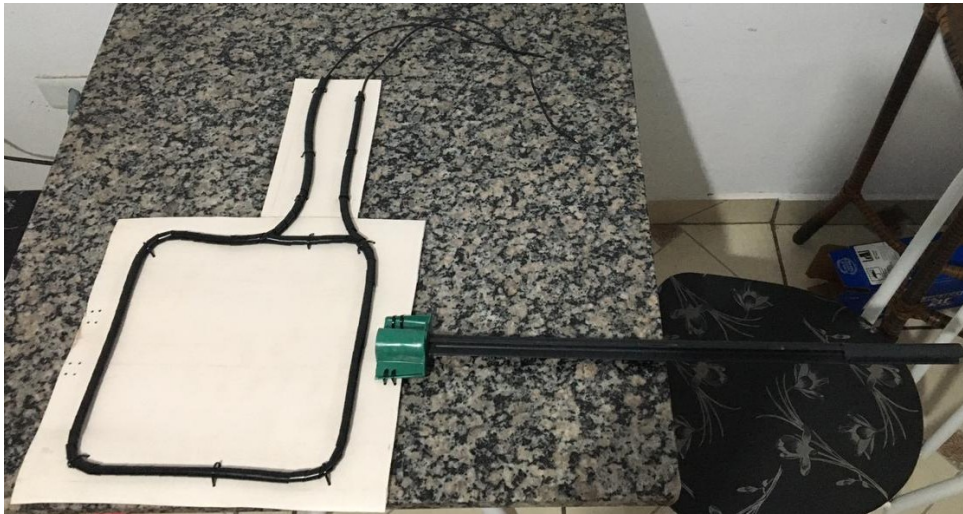
Nesse teste, o objetivo era verificar o funcionamento do equipamento e validar a estrutura montada. A antena foi aproximada manualmente na posição vertical em relação ao animal. Foi possível realizar a leitura do bolus de apenas um animal e os dados foram transmitidos via GSM/GPRS. Na Figura 63, é possível visualizar o equipamento montado para o primeiro teste.

Considerando a pequena distância de leitura, foi necessário posicionar manualmente a antena próximo do animal, para tentar realizar a leitura. Nesse teste, foi possível constatar que a base confeccionada inviabiliza seu uso de forma manual.

O segundo teste foi realizado no dia 08/03/2021, no período da manhã, sendo utilizadas as antenas apresentadas nas Figuras 8 e 9. Na Figura 64, são apresentadas as antenas com a identificação de cada uma:

- A1: antena redonda fixa, vide Figura 8;

Figura 62: Antena RFIDCOIL-250A fixada em base de PVC.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

- A2: antena em formato de raquete, vide Figura 9.

A antena A2 não apresentou resultados satisfatórios, uma vez que seu diâmetro interno reduzido diminuiu a distância de leitura, não sendo possível realizar leitura do bolus nos animais que estavam no mangueiro.

A antena A1 foi instalada aproximadamente 70 cm acima do solo (Figura 65) e com ela foi possível realizar a leitura do bolus de apenas 1 (um) animal.

A pequena distância de leitura proporcionada pelo módulo RFID e a imprevisibilidade da posição do bolus no estômago do animal influenciam diretamente na capacidade de leitura. Se o bolus não estiver com sua bobina alinhada concentricamente com a bobina da antena, diminui o acoplamento magnético e as leituras podem falhar.

Além disso, foi possível constatar que tags HDX apresentam distância menor de leitura em comparação às tags FDX. Isso se deve ao fato de que as primeiras precisam armazenar energia para depois transmitir, enquanto que as FDX realizam as duas ações simultaneamente.

Para validar o funcionamento do equipamento em situação de produção, a leitora foi montada no mangueiro (Figura 66) e a passagem do animal foi simulada, interrompendo o feixe do sensor de presença e aproximando manualmente um implante subcutâneo (FDX), à cerca de 10 cm da antena, conforme pode ser visto na Figura 65.

O *gateway* LoRaWAN e um roteador Wi-Fi foram instalados na sala do Mangueiro Digital, que fica aproximadamente a 150 metros do mangueiro, local onde a leitora foi instalada e que possui cobertura de telefonia celular.

Figura 63: Primeiro teste de campo.

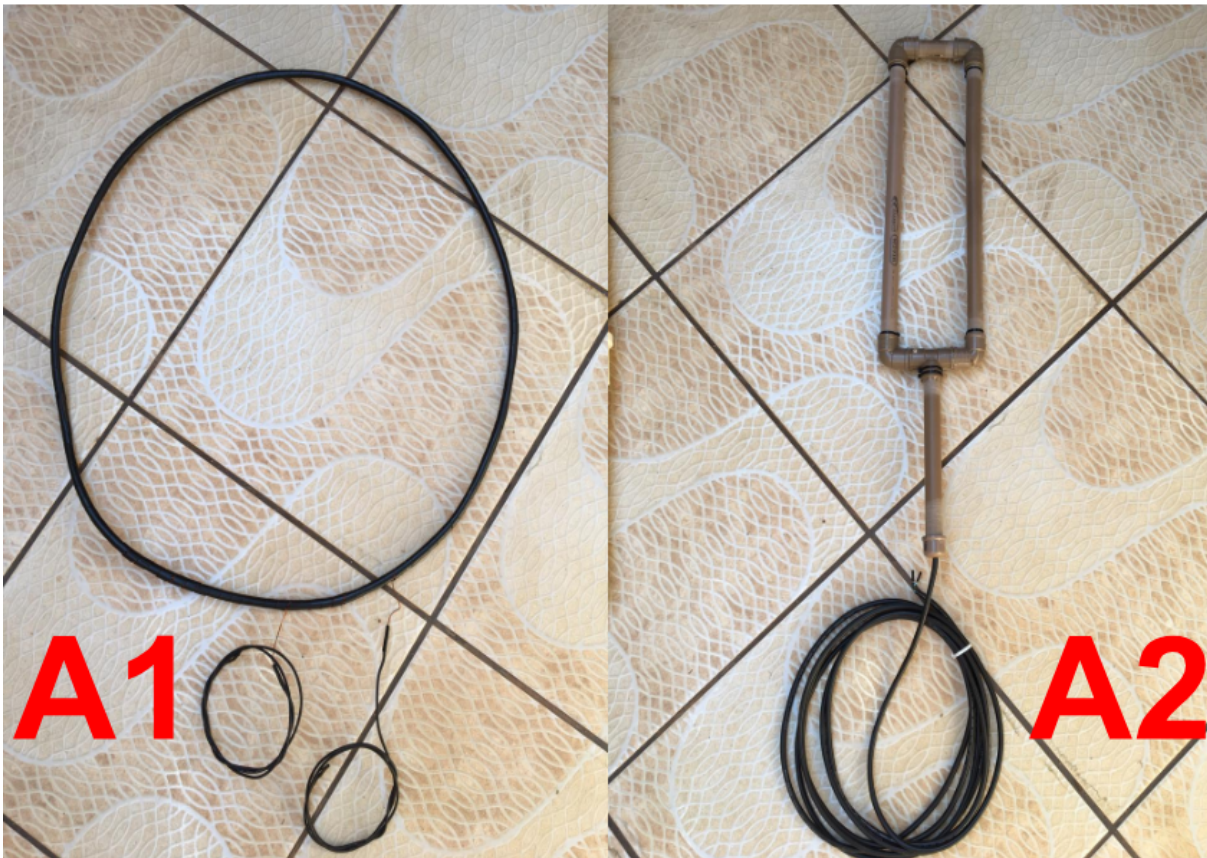


Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Foram realizadas 50 (cinquenta) leituras para cada tecnologia de transmissão, totalizando 150 (cento e cinquenta) leituras. A primeira leitura foi transmitida às 09:47:47 e a última às 11:54:32. Na Figura 67, é possível visualizar as leituras transmitidas via LoRaWAN do mangueiro para a sala do Mangueiro Digital, sendo exibidas no monitor.

Na Figura 68, são exibidas algumas leituras recebidas pelo *gateway* LoRaWAN durante o teste de campo, realizado no dia 08/03/2021. Estas foram transmitidas aos destinos de acordo com as integrações criadas, conforme exibido na Figura 22.

Figura 64: Antenas confeccionadas para o segundo teste.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

4.5 Teste de Autonomia da Bateria

O teste de autonomia de bateria foi realizado no dia 18/03/2021. O equipamento foi instalado utilizando apenas a bateria e permaneceu ligado das 07h30min, horário da primeira leitura, até às 15h30min, momento em que não foi possível realizar mais leituras porque a bateria descarregou. Nesse intervalo, foram realizadas 100 (cem) leituras transmitidas via LoRaWAN com ativação OTAA e com confirmação de recebimento, método de transmissão mais demorado e que consome mais energia.

Assim como o teste de campo, não foi definido um intervalo entre cada leitura, uma vez que não é possível prever com que periodicidade um animal passará pela leitora.

Cabe observar que a bateria utilizada na leitora já tinha vários anos de uso e certamente sua capacidade de armazenamento de energia não corresponde mais ao valor nominal (7Ah). Com base nas medidas obtidas na Seção 4.1.1, realizou-se uma estimativa da autonomia da bateria (Tabela 17), que resultou em 8,5 dias (7Ah / 0,82Ah), confirmando a capacidade reduzida da bateria. Não foram realizadas medições e estimativas de autonomia do equipamento com o painel solar conectado.

Figura 65: Interrupção do feixe infravermelho e aproximação manual do transponder a 10 cm da antena dentro do corredor do mangueiro digital.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

⁴ $4\text{ s} \approx 1,6\text{ s}$ (despertar) + $2,3\text{ s}$ (lendo transponder).

⁵ $6,6\text{ s}$ é o tempo médio para transmitir uma leitura considerando os tipos de destinos: LoRaWAN com ativação ABP com confirmação de recebimento (24,161); LoRaWAN com ativação OTAA com con-

Figura 66: Leitora montada no mangueiro digital da Embrapa Gado de Corte.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Tabela 17: Consumo da leitora durante 24 horas (86400 s), considerando a passagem de 200 animais próximos a antena.

Estado	Corrente	Tempo	Ah
Lendo transponder	0,2 A	$4^4 \text{ s} \times 200 = 800 \text{ s}$	0,04 Ah
Transmitindo	0,2 A	$6,6^5 \text{ s} * 200 = 1320 \text{ s}$	0,07 Ah
<i>Deep Sleep</i>	0,03 A	$86400 - 800 - 1320 = 84280 \text{ s}$	0,7 Ah
Total			0,82 Ah

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

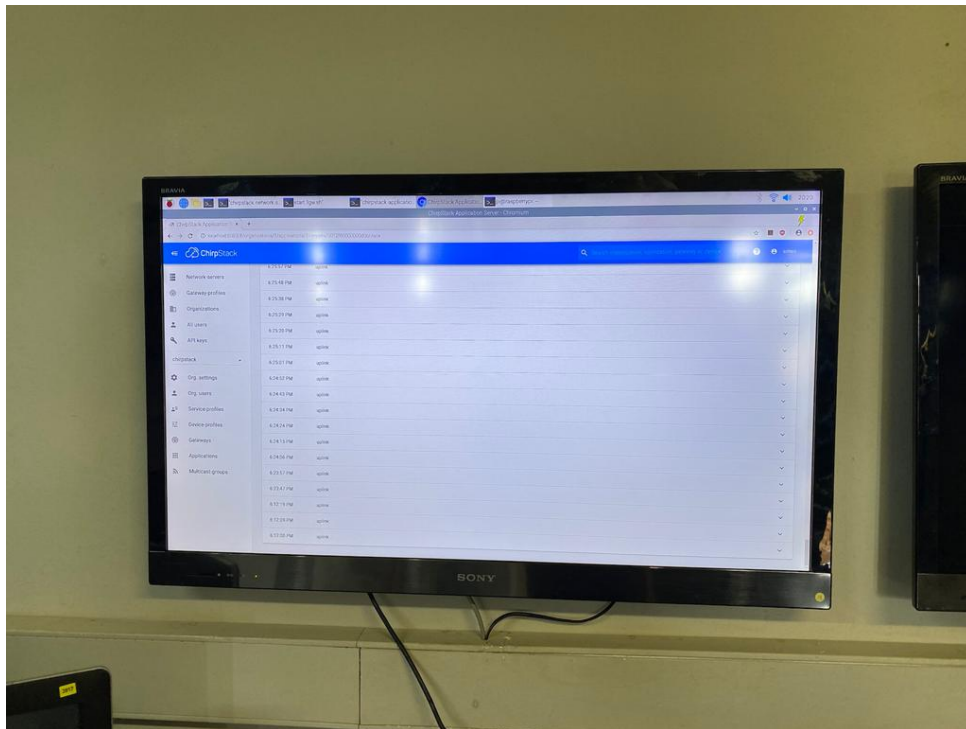
4.6 Custos da leitora RFID

Na Tabela 18, são apresentados os custos de cada componente da leitora RFID.

Pode-se constatar que o custo final é menos da metade do modelo que possui menor

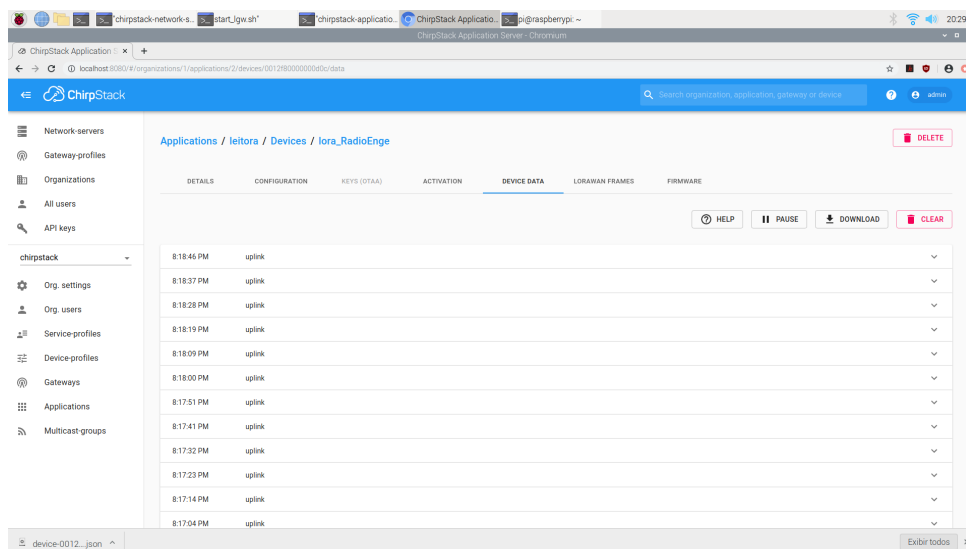
firmação de recebimento (32,113); Planilhas Google Drive (25,224); TagoIO (44,841) e FTP (35,905).

Figura 67: Transmissões via LoRaWAN exibidas no Mangueiro Digital.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 68: Leituras transmitidas no teste de campo do dia 08/03/2021 sendo recebidas no gateway LoRaWAN.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

valor apresentado na Tabela 1, além de oferecer mais recursos e autonomia de operação, permitindo o funcionamento de forma estacionária e o envio de dados de forma periódica.

Considerando a modularização do equipamento, o custo final pode ser ainda menor.

Tabela 18: Custo dos componentes da leitora RFID.

Item	Descrição	Quantidade	Valor (FOB)
1	ESP32-WROOM-32D	1	US\$ 3,36
2	Módulo leitor RFID FDX-B/HDX com porta serial TTL Antena RFID-COIL 250A	1	US\$ 37,63
3	Módulo EndDevice LoRaWAN	1	US\$ 17,87
4	Módulo SIM800L	1	US\$ 4,07
5	Módulo Relé 5V 4 Canais	1	US\$ 4,61
6	Módulo GPS GY-GPS6MV2	1	US\$ 7,92
7	Sensor Infravermelho Lanbao PR18S-TM10DNO	1	US\$ 3,74
8	Painel Solar 12V	1	US\$ 5,00
9	Adaptador com bornes para ESP32 e módulo LoRaWAN	1	US\$ 19,11
10	Caixa Tampa Alta Opaca 380X300X120 CEMAR	1	US\$ 23,32
11	Módulo Regulador de Tensão Ajustável LM2596 Smd	1	US\$ 2,38
12	<i>Buzzer</i> Passivo	1	US\$ 1,98
13	Bateria selada Unipower, modelo UP1270SEG, 12V/7Ah	1	US\$ 20,00
Total			US\$ 150,99

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Pois, o produtor pode escolher quais módulos de comunicação deseja utilizar de acordo com as condições de conectividade da propriedade.

5 Conclusão

A leitora RFID desenvolvida disponibiliza várias formas de transmissão de dados, permitindo seu uso nas mais diversas localidades, além de possibilitar a obtenção de dados em tempo hábil, sem a necessidade de ter um dispositivo conectado fisicamente à ela.

O *firmware* desenvolvido possibilita toda a configuração do equipamento por meio de uma interface *web*, simples e intuitiva. O *hardware* foi construído com componentes de baixo custo e que podem ser adquiridos facilmente no mercado especializado, de forma a ter um produto final com custo acessível e comercializável.

Os testes em laboratório mostraram resultados interessantes na validação do processo de leitura e transmissão. A pandemia de COVID-19 dificultou a realização de testes de campo, entretanto os testes realizados foram suficientes para verificar o funcionamento da leitora. Foi possível validar a proposta da leitora e realizar ajustes, principalmente da antena. Em virtude da pequena distância de leitura, foi realizada a simulação da passagem do animal de forma manual, posicionando o transponder cerca de 10 cm da antena.

Cabe destacar a conectividade de rede da leitora e sua modularização, possibilitando a seleção dos módulos de comunicação de acordo com as características da localidade de uso, a obtenção dos dados em tempo configurado de acordo com as necessidades e a autonomia do equipamento, que após ser configurado não necessita de dispositivos auxiliares e/ou manuseio físico. Além disso, a conectividade de rede possibilita o envio de dados aos mais diversos destinos. Isso permite a recepção dos dados em plataformas mais acessíveis aos usuários, garantindo tolerância à desativação destas e o "consumo" dos dados por aplicações externas.

A ausência de leitoras em funcionamento foi um grande obstáculo nas pesquisas anteriormente desenvolvidas. O presente trabalho contribui para o desenvolvimento de novas soluções para rastreabilidade animal, tanto para o aprimoramento dos transponders já existentes, quanto para a busca ou construção de módulos leitores e antenas, portanto, acredita-se que este trouxe uma importante contribuição para área de pecuária de precisão.

Uma limitação do *hardware* a ser destacada é em relação ao módulo leitor RFID, que apresentou uma distância de leitura menor do que o esperado. Foram confeccionadas antenas diferentes no intuito de aumentar essa distância, porém não foram observadas melhorias consideráveis por conta da baixa potência que o módulo envia à antena.

A principal melhoria a ser realizada é a utilização de um módulo leitor de longo alcance, que permita realizar a leitura do transponder a uma distância de pelo menos 80 cm, que corresponde à largura média do corredor de passagem dos animais. Para isso há

duas alternativas: adquirir os componentes prontos, o custo não inviabiliza o custo baixo da leitora; ou o desenvolvimento desses componentes, sendo a solução mais viável.

A criação de uma seção de *backup*/restauração da interface *web* é uma melhoria interessante, que foi sugerida pelos pesquisadores da Embrapa Gado de Corte. Desta forma, após configurar o equipamento poderia ser feito *backup* de um arquivo contendo as configurações. Este arquivo poderia ser restaurado em outra leitora, facilitando o processo de configuração de novos equipamentos e até mesmo em substituição a um antigo.

É necessário realizar um dimensionamento mais preciso do painel solar, uma vez que foi selecionado um modelo compatível com a bateria utilizada. Porém, não foi possível estimar e analisar seu desempenho em ambiente de produção. Além disso, é importante analisar a continuidade de operação das redes de telefonia 2.5G, para verificar a necessidade de substituição do módulo GSM/GPRS para um 4G.

Por fim, é importante integrar a leitora com o e-Cattle, aplicação desenvolvida pela FACOM em parceria com a Embrapa Gado de Corte que visa a integração de sensores e demais aplicações da pecuária de precisão e a padronização dos dados para a geração de informações precisas e em tempo hábil.

Referências

- ADDO-TENKORANG, R. et al. Advanced animal track--trace supply-chain conceptual framework: An internet of things approach. *Procedia Manufacturing*, v. 30, p. 56 – 63, 2019. ISSN 2351-9789. Digital Manufacturing Transforming Industry Towards Sustainable Growth. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919300393>>. Acesso em: 18 nov. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 34.
- AGROSUISSE. *A rastreabilidade da cadeia da carne bovina no Brasil*. 2020. Disponível em: <http://www.coalizaobr.com.br/boletins/pdf/A-rastreabilidade-da-cadeia-da-carne-bovina-no-Brasil-desafios-e-oportunidades_relatorio-final-e-recomendacoes.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2021. Citado na página 22.
- AGÊNCIA ESTADUAL DE DEFESA ANIMAL E VEGETAL. *Seguindo plano para retirada da vacina contra aftosa MS apresenta ações em reunião do PNEFA*. 2019. Disponível em: <<http://www.iagro.ms.gov.br/7737-2/>>. Acesso em: 25 nov. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 7.
- AGÊNCIA SENADO. *CAE aprova ampliação da cobertura celular com uso do Fundo de Telecomunicações*. 2019. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2019/09/17/cae-aprova-ampliacao-da-cobertura-celular-com-uso-do-fundo-de-telecomunicacoes>>. Acesso em: 24 nov. 2019. Citado na página 30.
- ARNAUD, A.; BELLINI, B. Full ISO 11784/11785 compliant RFID reader in a programmable analog-digital, integrated circuit. In: *2010 Argentine School of Micro-Nanoelectronics, Technology and Applications*. [s.n.], 2010. p. 107–111. ISBN 978-987-1620-15-9. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5606385>>. Acesso em: 18 nov. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 34.
- BOUAZZA, H. et al. A novel RFID system for monitoring livestock health state. In: *2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET)*. [s.n.], 2017. p. 1–4. ISBN 978-1-5386-1949-0. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8308159>>. Acesso em: 18 nov. 2019. Citado na página 32.
- CAPPAI, M. et al. Analysis of fieldwork activities during milk production recording in dairy ewes by means of individual ear tag (et) alone or plus rfid based electronic identification (eid). *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 144, p. 324 – 328, 2018. ISSN 0168-1699. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169917308931>>. Acesso em: 18 nov. 2019. Citado na página 33.
- CARNÉ, S. et al. Readability of visual and electronic leg tags versus rumen boluses and electronic ear tags for the permanent identification of dairy goats. *Journal of Dairy Science*, v. 93, n. 11, p. 5157 – 5166, 2010. ISSN 0022-0302. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030210005576>>. Acesso em: 18 nov. 2019. Citado na página 33.

- CNA/SENAR AGROUP. *O DESAFIO DE RASTREABILIDADE INDIVIDUAL BOVINA: Ebook III*. 2020. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/Desafio_RASTREABILIDADE_eBOOK3.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2020. Citado na página 21.
- COSTA, G. N.; ARNAUD, A. A low frequency rfid temperature data logger. In: *2011 Argentine School of Micro-Nanoelectronics, Technology and Applications*. [s.n.], 2011. p. 1–4. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6021277>>. Acesso em: 18 nov. 2019. Citado na página 32.
- DATATEM. *O que é a rede GPRS e quais seus benefícios para a telemetria?* 2019. Disponível em: <<https://datatem.com.br/blog/o-que-e-a-rede-gprs-e-quais-seus-beneficios-para-a-telemetria/>>. Acesso em: 02 jul. 2021. Citado na página 30.
- DUROC, Y.; KADDOUR, D. RFID potential impacts and future evolution for green projects. *Energy Procedia*, p. 91–98, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.021>>. Acesso em: 19 nov. 2019. Citado na página 27.
- FENNANI, B. et al. Rfid overview. In: . [s.n.], 2011. p. 1–5. ISBN 978-1-4577-2207-3. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/261413078_RFID_overview>. Acesso em: 04 dez. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- HESSEL, F. et al. (Org.). *Implementando RFID na cadeia de negócios: tecnologia a serviço da excelência*. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- MEKKI, K. et al. A comparative study of lpwan technologies for large-scale iot deployment. *ICT Express*, v. 5, n. 1, p. 1 – 7, 2019. ISSN 2405-9595. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959517302953>>. Acesso em: 31 mar. 2020. Citado na página 29.
- MONCAYO, R. et al. Designing an electronic identification system and its potential use in beef traceability. *ORINOQUIA*, v. 15, p. 90–98, 06 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/262442351_Designing_an_electronic_identification_system_and_its_potential_use_inbeef_traceability>. Acesso em: 20 nov. 2019. Citado na página 34.
- MORAES, S. C. de. *Desenvolvimento de transponder RFID com sensor de temperatura*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 29.
- MURTA, G. *Conhecendo o ESP32 – Introdução (1)*. 2018. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/conhecendo-o-esp32-introducao-1/>>. Acesso em: 11 abr. 2020. Citado na página 39.
- PAIS, J. S.; COUTO, M. V. B. do. *RFID Radio-Frequency Identification*. 2009. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/rfid/index.html>. Acesso em: 04 dez. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.

- PRIORITY 1 DESIGN. *FDX-B/HDX RFID Reader Writer with TTL serial port*. 2007. Disponível em: <http://www.priority1design.com.au/shopfront/index.php?main_page=product_infocPath=1products_id=37>. Acesso em: 17 fev. 2020. Citado na página 39.
- PRIORITY 1 DESIGN. *RFIDRW-E-TTL*. 2012. Disponível em: <<http://www.priority1design.com.au/rfidrw-e-ttl.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2020. Citado 4 vezes nas páginas 40, 41, 42 e 43.
- RADIOENGE. *Mote LoRa Radioenge: Manual de Utilização*. 2019b. Disponível em: <<https://www.radioenge.com.br/uploads/fe3eaca2f4e3fd565143af8cb9703d7d1560427722-manual-lorawan-v2.1.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2020. Citado 3 vezes nas páginas 46, 47 e 48.
- RANDOM NERD TUTORIALS. *ESP32 Deep Sleep with Arduino IDE and Wake Up Sources*. 2019. Disponível em: <<https://randomnerdtutorials.com/esp32-deep-sleep-arduino-ide-wake-up-sources/>>. Acesso em: 03 fev. 2021. Citado na página 57.
- SANTOS, C. E. dos et al. Escrito nas nuvens. *Anuário brasileiro da pecuária 2018*, p. 8–9, 2018a. Disponível em: <http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2018/08/PECUÁRIA_2018.pdf>. Acesso em: 24 set. 2019. Citado na página 21.
- SANTOS, C. E. dos et al. Questão de status. *Anuário brasileiro da pecuária 2018*, p. 34–35, 2018b. Disponível em: <http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2018/08/PECUÁRIA_2018.pdf>. Acesso em: 24 set. 2019. Citado na página 21.
- SANTOS NETO, Q. I. dos. *Termus - Uma Plataforma Para Aferição Remota de Temperatura de Bovinos da Raça Brangus*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2010. Disponível em: <[https://repositorio.ufms.br:8443/jspui/bitstream/123456789/501/1/Quintino Izidio dos Santos Neto.pdf](https://repositorio.ufms.br:8443/jspui/bitstream/123456789/501/1/Quintino%20Izidio%20dos%20Santos%20Neto.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2019. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 29.
- SELECTRA. *Redes móveis: O que é 5G, 4.5G, 4G, 3G, 2G?* 2020. Disponível em: <<https://podecomparar.com.br/telecom/blog/conexao/redes-moveis-o-que-e-5g-4g-3g-2g>>. Acesso em: 02 jul. 2021. Citado na página 30.
- SHANGHAI SIMCOM WIRELESS SOLUTIONS LTD. *SIM800 Series AT Command Manual*. 2015. Disponível em: <https://www.elecrow.com/wiki/images/2/20-/SIM800_Series_AT_Command_Manual_V1.09.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2021. Citado na página 50.
- SMALL, J. et al. Core body temperature monitoring with passive transponder boluses in beef heifers. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 88, p. 225–235, 06 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/279935105_Core_body_temperature_monitoring_with_passive_transponder_boluses_in_beef_heifers>. Acesso em: 18 nov. 2019. Citado na página 34.
- STEWART, S. C. et al. Detection of low frequency external electronic identification devices using commercial panel readers. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 9, p.

4478 – 4482, 2007. ISSN 0022-0302. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030207719100>>. Acesso em: 18 nov. 2019. Citado na página 33.

WILLIAMS, L. R. et al. Use of radio frequency identification (RFID) technology to record grazing beef cattle water point use. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 156, p. 193 – 202, 2019. ISSN 0168-1699. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169918306707>>. Acesso em: 18 nov. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.

Apêndices

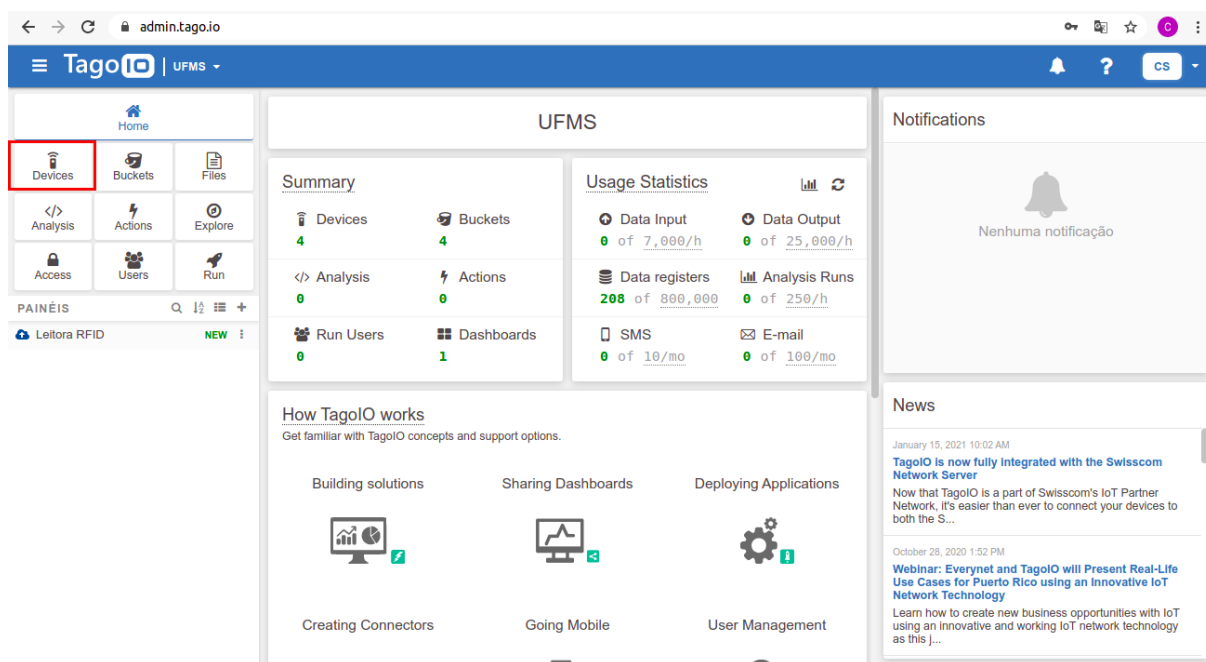
APÊNDICE A – Configurações iniciais TagoIO

A seguir será apresentado o processo de adição de dispositivos¹ na plataforma TagoIO e o uso de alguns recursos da plataforma.

O primeiro passo é realizar login ou criar uma nova conta, caso não tenha. Para isso acesse <https://admin.tago.io/auth/login>.

Após acessar sua conta, será exibida a tela principal, no lado esquerdo superior há um ícone chamado **Devices**, clique nele para adicionar um novo dispositivo, conforme pode ser visto na Figura 69.

Figura 69: Tela principal TagoIO.



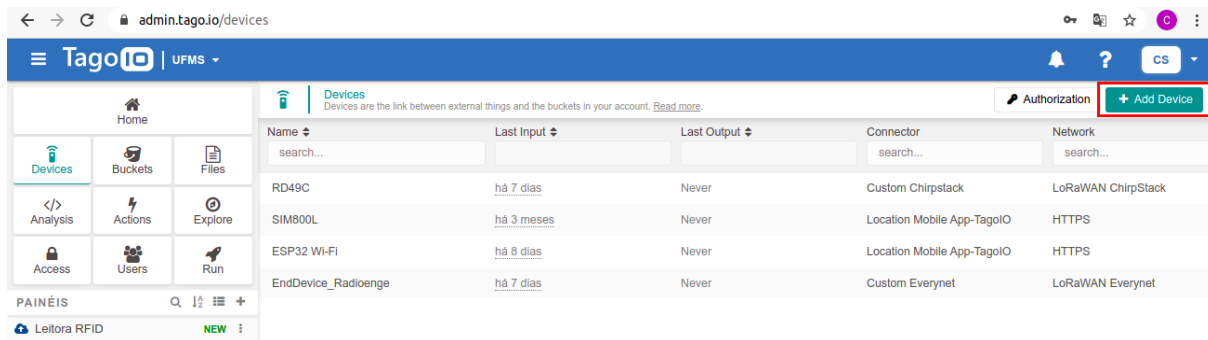
Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Na tela seguinte são exibidos os dispositivos já adicionados. Para criar um novo, clique em **Add Device**, no canto superior direito, conforme Figura 70.

Na próxima tela deve ser selecionada qual o tipo de conexão de rede, há algumas sugestões da plataforma. Essa escolha depende do método de transmissão do dispositivo à

¹ Mais informações: <https://docs.tago.io/en/articles/1-getting-started>.

Figura 70: Lista de dispositivos já adicionados.

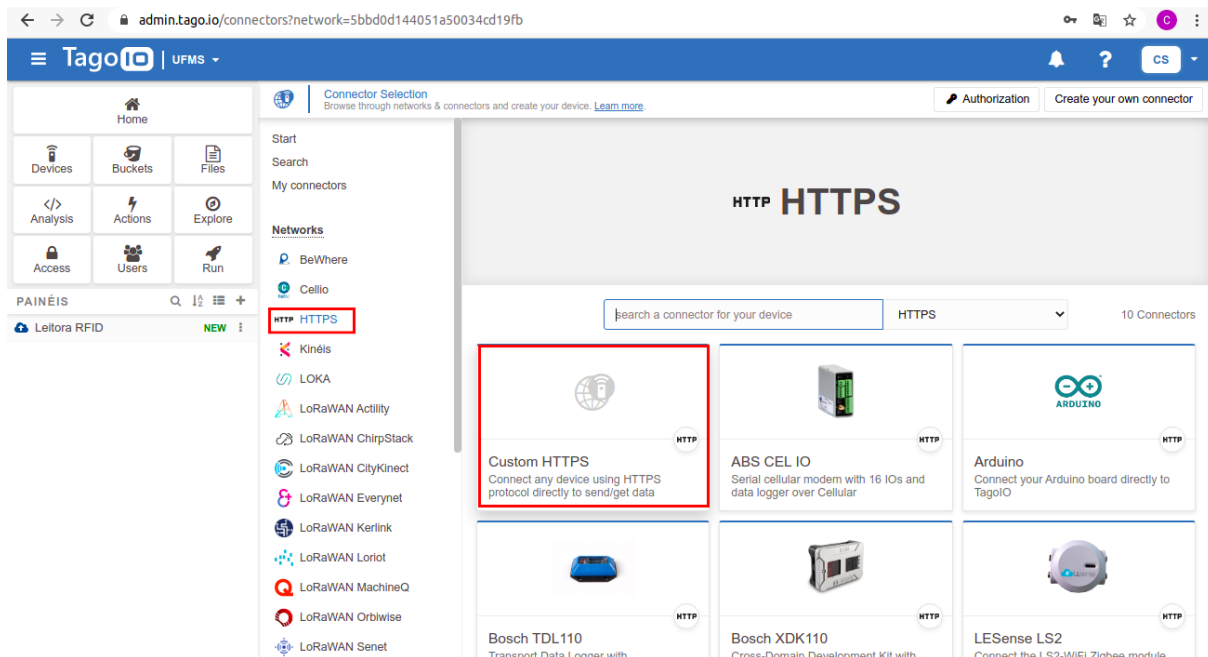


Fonte: elaborada pelo autor (2021).

TagoIO. Por exemplo, se o dispositivo implementa a pilha TCP/IP, pode ser selecionado HTTPS.

A título de exemplo, será apresentado como adicionar um dispositivo utilizando uma conexão HTTPS. Para isso, clique em **HTTPS** na lista lateral, depois clique em *Custom HTTPS*, conforme exibido na Figura 71. Observe que alguns dispositivos são listados, caso o seu dispositivo esteja listado basta selecioná-lo. Caso contrário, crie uma conexão HTTPS customizada (*Custom HTTPS*).

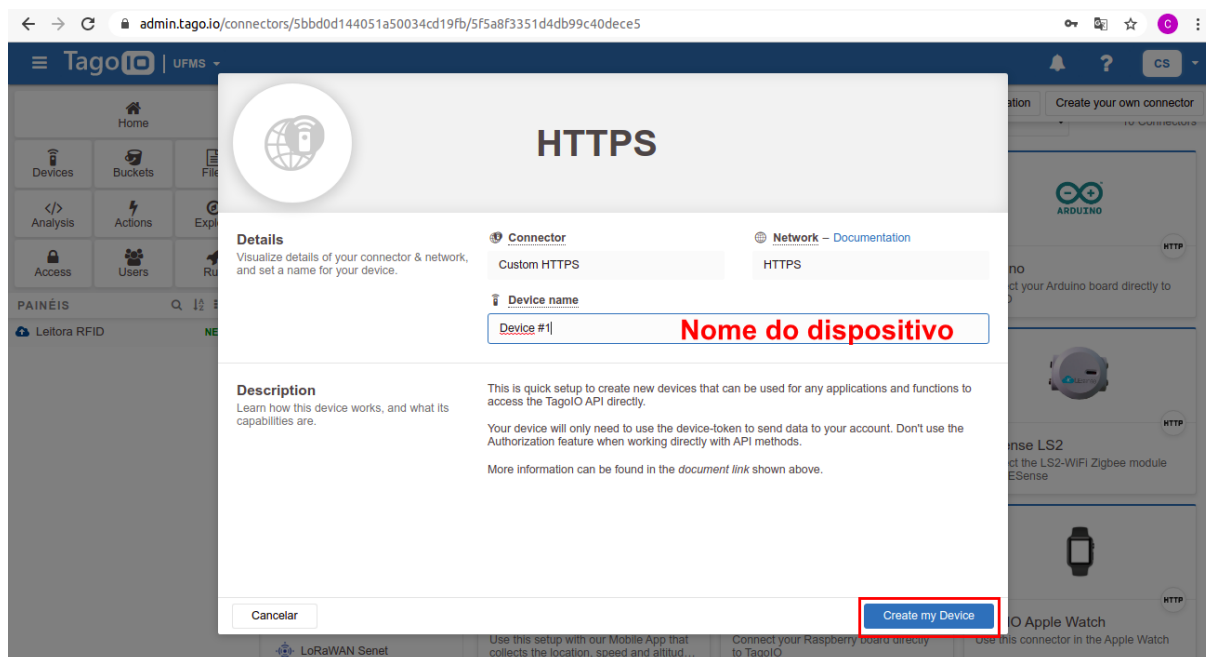
Figura 71: Selecionando conexão HTTPS.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Na tela seguinte, dê um nome ao dispositivo e clique em **Create my Device**, conforme Figura 72. Depois, basta clicar em **Finish**.

Figura 72: Tela de criação de novo dispositivo.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Na Figura 73, são apresentadas as informações e recursos disponíveis para o dispositivo adicionado, dentre elas o **Device Token**. É uma chave de autenticação necessária para enviar dados do dispositivo à TagoIO e que deve ser informada na interface *web* da leitora ao adicionar/configurar o destino TagoIO, vide Figura 38.

Nas abas de configuração do dispositivo, há uma guia chamada **Payload Parser**². Nela é possível criar um *script*, na linguagem Node.JS, para analisar o *payload* recebido, decifrar (caso necessário), extrair os dados e enviar para um *dashboard*, se existir.

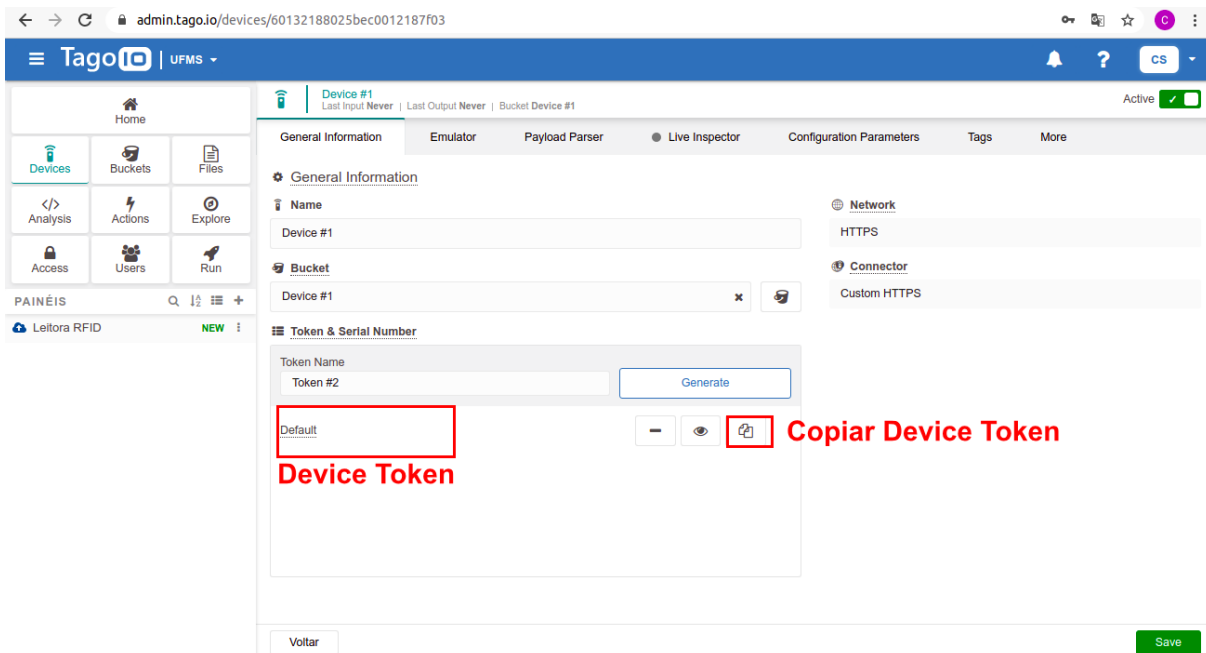
Na Figura 74, é possível verificar que é necessário clicar no **checkbox Run your own parser** para habilitar a execução do *script*, que após escrito deve ser salvo. Além disso, na caixa de seleção **Load a snippet**, são apresentados alguns *templates* de *script* que podem ser utilizados e/ou ajustados de acordo com a aplicação.

Na aba seguinte está o **Live Inspector**, onde é possível visualizar os dados recebidos em tempo real. Inicialmente deve ser inicializado, conforme exibido na Figura 75. Nele será possível visualizar informações em camadas, inclusive os dados analisados e extraídos pelo *script* do **Payload Parser**.

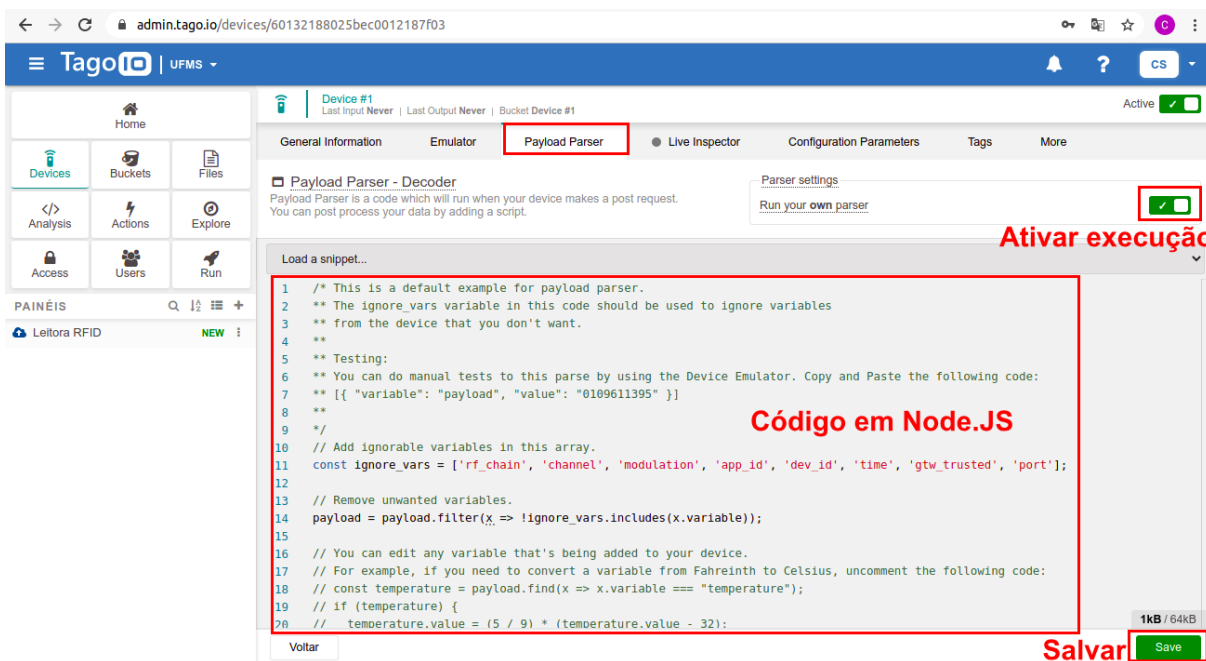
Por fim, pode ser criado um painel para exibição dos dados recebidos. Na lateral esquerda, há uma seção chamada **Painéis**, clique no ícone +, para adicionar um novo

² Mais informações em:

<https://docs.tago.io/en/articles/118-building-your-own-parser>
<https://docs.tago.io/en/articles/147-payload-parser>

Figura 73: Identificando *Device Token* do dispositivo adicionado.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

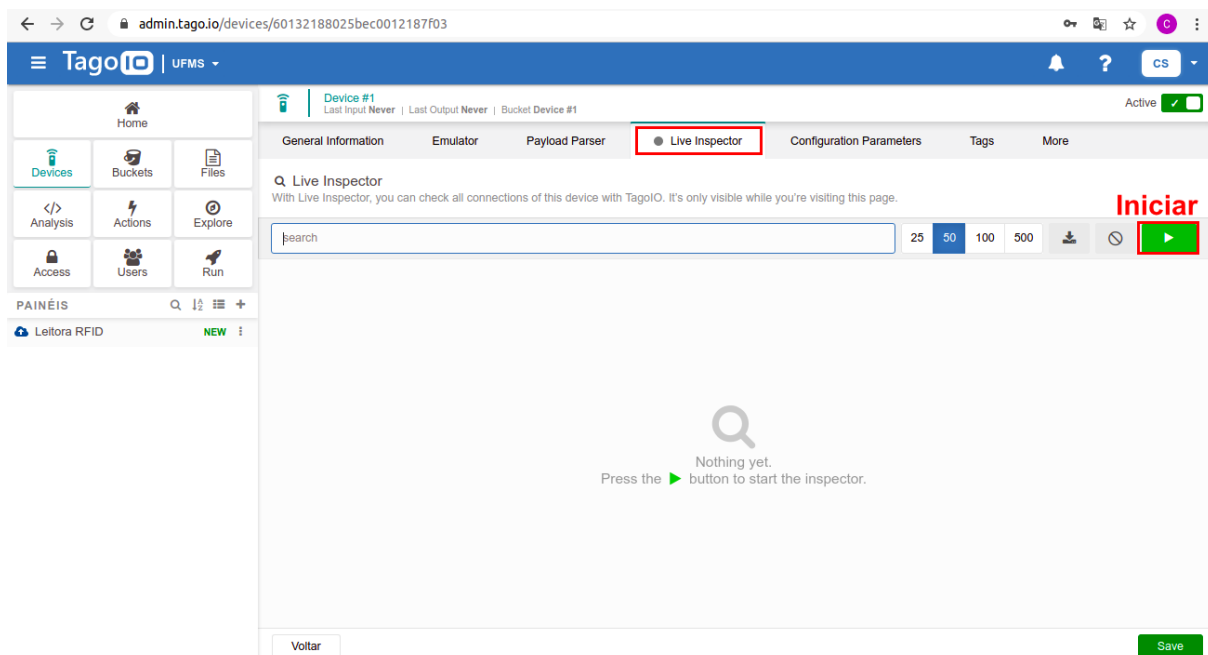
Figura 74: Criando *payload parser* para o dispositivo adicionado.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

painel. Informe um nome e clique em **Create my Dashboard**, conforme pode ser visto na Figura 76.

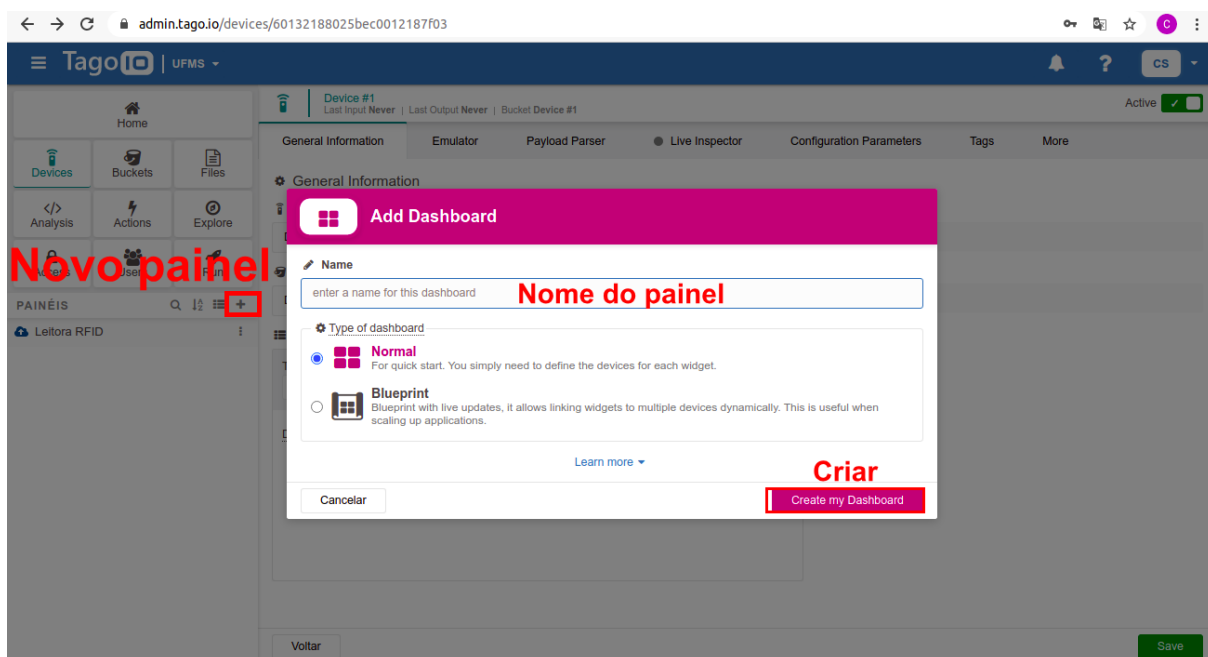
Neste novo painel podem ser adicionados vários *widgets*. Clique em **Add widget**

Figura 75: Verificando dados recebidos com o *Live Inspector*.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 76: Criando um novo painel.

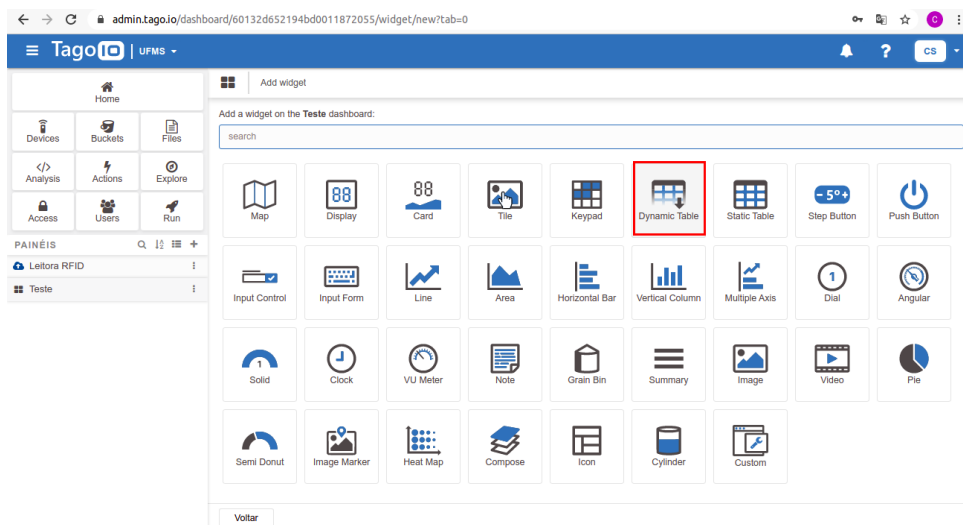


Fonte: elaborada pelo autor (2021).

para verificar as opções. Como demonstração, será adicionada uma tabela dinâmica, conforme visto na Figura 77.

Na tela seguinte, deve ser informado o nome da tabela e na seção **Variables**,

Figura 77: Adicionando tabela dinâmica ao painel.

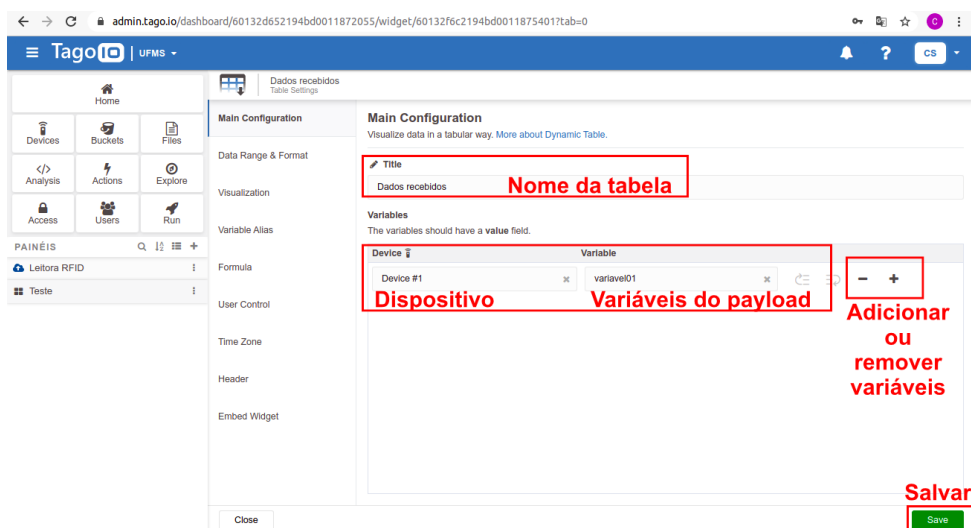


Fonte: elaborada pelo autor (2021).

as variáveis que conterão os dados enviados. Uma tabela pode conter variáveis de vários dispositivos, conforme pode ser visto na Figura 78 deve ser selecionado o dispositivo e a variável.

Serão listadas variáveis após a primeira transmissão e também após ajustar o Payload Parser.

Figura 78: Adicionando variáveis para serem exibidas na tabela.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Há outras configurações da tabela, que podem ser exploradas posteriormente. Após clicar em **Salvar**, a tabela será exibida no painel, conforme exibido na Figura 79.

Figura 79: Visualizando a tabela no painel.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

A seguir são exibidos os códigos-fontes criados para o Payload Parser dos dispositivos utilizados pela leitora para transmissão de dados.

```

1 //Payload Parser para transmissões via GSM/GPRS e Wi-Fi
2 const conteudoPayload = payload.find(item => item.variable === 'leitura');
3
4 if(conteudoPayload) {
5   var valuesString = conteudoPayload.value;
6   var splitValues = valuesString.split(';');
7
8   animal = splitValues[0];
9   temperatura = splitValues[1];
10  data = splitValues[2];
11  hora = splitValues[3];
12  id_leitora = splitValues[4];
13  coordenadas = splitValues[5];
14  //data_hora = d.split('\r\n');
15
16  console.log(animal);
17  console.log(temperatura);
18  console.log(data);
19  console.log(hora);
20  console.log(id_leitora);
21  console.log(coordenadas);
22
23  payload.push({ "variable": "animal", "value": animal });
24  payload.push({ "variable": "temperatura", "value": temperatura, "unit": "C"
25    });
26  payload.push({ "variable": "data", "value": data });
27  payload.push({ "variable": "hora", "value": hora });
28  payload.push({ "variable": "id_leitora", "value": id_leitora });
29  payload.push({ "variable": "coordenadas", "value": coordenadas });
30 }

```

```
1 //Payload Parser para transmissões via LoRaWAN usando a rede da TCTec
2 //Payload recebido em hexadecimal
3 const conteudoPayload = payload.find(item => item.variable === 'payload');
4 const payloadChirpstack = payload.find(item => item.variable === 'payload')
  ;
5 if(conteudoPayload) {
6   let buff = Buffer.from(conteudoPayload.value, 'hex');
7   let conteudoString = buff.toString('utf-8');
8
9   var splitValues = conteudoString.split(';');
10
11   animal = splitValues[0];
12   temperatura = splitValues[1];
13   data_hora = splitValues[2];
14
15
16   console.log(animal);
17   console.log(temperatura);
18   console.log(data_hora);
19
20   payload.push({"variable": "animal", "value": animal });
21   payload.push({"variable": "temperatura", "value": temperatura, "unit": "C"
22     });
23   payload.push({"variable": "data_hora", "value": data_hora});
24 }
25 if(payloadChirpstack) {
26   let buff = Buffer.from(payloadChirpstack.value, 'base64');
27   let text = buff.toString('utf-8');
28
29   var splitValues = text.split(';');
30
31   animal = splitValues[0];
32   temperatura = splitValues[1];
33   data = splitValues[2];
34   hora = splitValues[3];
35   id_leitora = splitValues[4];
36   coordenadas = splitValues[5];
37
38
39   console.log(animal);
40   console.log(temperatura);
41   console.log(data);
42   console.log(hora);
43   console.log(id_leitora);
44   console.log(coordenadas);
```

```
45
46   payload.push({ "variable": "animal", "value": animal });
47   payload.push({ "variable": "temperatura", "value": temperatura, "unit": "C"
48     });
49   payload.push({ "variable": "data", "value": data_hora });
50   payload.push({ "variable": "hora", "value": hora });
51   payload.push({ "variable": "id_leitora", "value": id_leitora });
52   payload.push({ "variable": "coordenadas", "value": coordenadas });
53 }
```


APÊNDICE B – *Script* PHP para envio de dados ao banco de dados MySQL

O *script* foi escrito na linguagem PHP e deve ser hospedado no servidor *web* informado ao configurar o destino banco de dados na interface *web* da leitora.

O valor das variáveis que precisam ser alteradas está descrito no início do código. Importante certificar-se de que os valores informados estejam corretos para o correto funcionamento do *script*. O valor da variável `$api_key_value` deve ser informado na interface *web* da leitora ao adicionar/configurar o destino banco de dados, vide Figura 37.

Além disso, certifique-se de que o *script* esteja hospedado no servidor *web* com as devidas permissões de execução, além de estar acessível. No ambiente de testes foi utilizado o Apache, versão 2.4.18, como servidor *web*. Desta forma, o *script* foi armazenado no diretório `/var/www/html`, caminho padrão para publicação de páginas *web*, com as permissões de leitura, escrita e gravação para todos os usuários.

```
1 <?php
2
3 /*
4  Substitua os valores:
5  $servername = endereço do servidor de banco de dados, se for o mesmo onde
      esta o script utilize localhost
6  $dbname = nome do banco de dados
7  $username = usuario do banco de dados
8  $password = senha do usuario do banco de dados
9  $api_key_value = chave de autenticao , deve ser informada na interface
      web
10 */
11
12 $servername = "localhost";
13
14 $dbname = "nome_do_banco"; //nome do banco de dados
15
16 $username = "usuario"; //usuario do banco de dados
17
18 $password = "senha"; //senha do usuario do banco de dados
19
```

```

20
21 $api_key_value = "chave"; //chave de autenticacao
22
23 //nao altere o nome dessas variaveis
24 $api_key= $id_animal = $temperatura = $data_leitura = $hora_leitura =
    $mac_leitora = $coordenadas_leitora = "";
25
26 if ($_SERVER["REQUEST_METHOD"] == "POST") {
27     $api_key = test_input($_POST["api_key"]);
28     if($api_key == $api_key_value) { //verifica se a chave informada via
    POST esta correta
29
30         //pega os valores enviados via POST
31         $id_animal = test_input($_POST["i"]);
32         $temperatura = test_input($_POST["t"]);
33         $data = test_input($_POST["d"]);
34         $hora_leitura = test_input($_POST["h"]);
35         $mac_leitora = test_input($_POST["m"]);
36         $coordenadas_leitora = test_input($_POST["c"]);
37         $date = str_replace('/', '-', $data);
38         $data_leitura = date('Y-m-d', strtotime($date)); //converte a data
    para o formato aaaa-mm-dd
39
40         // Abre a conexao com o servidor de banco de dados
41         $conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
42         // Verifica se a conexao foi bem-sucedida
43         if ($conn->connect_error) {
44             die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
45         }
46
47         //insere os dados recebidos via POST no banco de dados
48         $sql = "INSERT INTO leituras (id_animal, temperatura, data_leitura,
    hora_leitura, mac_leitora, coordenadas_leitora)
49         VALUES ('" . $id_animal . "', '" . $temperatura . "', '" .
    $data_leitura . "', '" . $hora_leitura . "', '" . $mac_leitora . "', '" .
    $coordenadas_leitora . "')";
50
51         //verifica se a insercao foi bem-sucedida
52         if ($conn->query($sql) == TRUE) {
53             echo "New record created successfully";
54         }
55         else {
56             echo "Error: " . $sql . "<br>" . $conn->error;
57         }
58
59         //fecha a conexao
60         $conn->close();

```

```

61     }
62     else {
63         echo "Wrong API Key provided."; //chave incorreta
64     }
65
66 }
67 else {
68     echo "No data posted with HTTP POST."; //nenhum dado recebido
69 }
70
71 function test_input($data) {
72     $data = trim($data);
73     $data = stripslashes($data);
74     $data = htmlspecialchars($data);
75     return $data;
76 }

```

Após hospedar o *script* no servidor certifique-se de que esteja acessível, para isso faça um teste de acesso no navegador informando `endereço_servidor/nome_script.php`. Se tudo estiver correto, será exibida a mensagem `No data posted with HTTP POST`.

Caso contrário, verifique as permissões do *script* e as configurações de rede. Na Figura 80 é possível visualizar o acesso ao script hospedado no servidor, por meio do endereço <http://192.168.15.8/post-leitora.php>.

Figura 80: Testando acesso ao *script* PHP hospedado no servidor.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Depois de verificar o acesso ao *script* e ter o banco de dados e tabela criada, conforme exibido na Figura 19, é possível verificar seu funcionamento usando a ferramenta `cURL`¹.

Para esse teste foi utilizada a versão 7.68.0 do `cURL`, instalado no sistema operacional Ubuntu 20.04 LTS.

¹ Utilitário de linha de comando utilizado para enviar e receber dados de/para um servidor ou URL, mais informações em: <https://curl.se/>.

O comando completo é:

```
curl -d "api_key=valor&i=123&t=25&d=2020/11/09&h=22:12&m=123&c=123" http://192.168.15.8/post-leitora.php
```

O valor da chave (`api_key`) foi omitido por questões de segurança e deve ser substituído pelo valor informado no *script*.

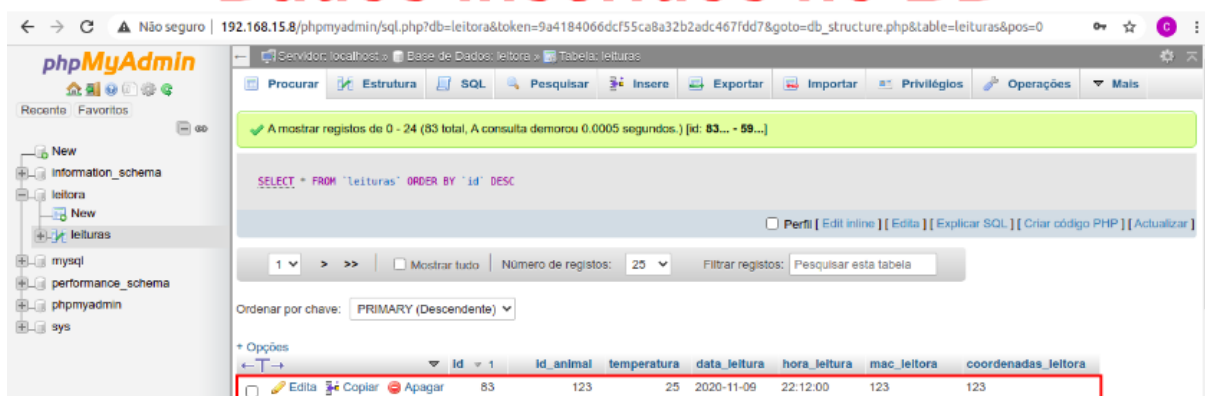
Na Figura 81 é exibido o uso do comando `cURL` para realizar um `POST` e enviar dados ao banco de dados, com isso é possível validar o funcionamento do *script* e da base de dados criada.

Figura 81: Uso do `cURL` para realizar `POST` e enviar dados ao BD.

POST com cURL

```
root@Note-Cleiton:/home/cleiton# curl -d "api_key=8l=123&t=25&d=2020/11/09&h=22:12&m=123&c=123" http://192.168.15.8/post-leitora.php
New record created successfullyroot@Note-Cleiton:/home/cleiton#
```

Dados inseridos no BD



The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database named 'leitora'. The 'leitoras' table is selected, and a query is executed: `SELECT * FROM 'leitoras' ORDER BY 'id' DESC`. The results show one record with the following data:

	id	id_animal	temperatura	data_leitura	hora_leitura	mac_leitora	coordenadas_leitora
	83	123	25	2020-11-09	22:12:00	123	123

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Nela é possível verificar o comando utilizado no terminal da máquina cliente com os valores informados para cada campo e, em seguida, inseridos no banco de dados.

APÊNDICE C – Criação e configuração da planilha no Google Drive

São apresentados os procedimentos para criação e configuração de uma planilha no Google Drive para recebimento dos dados transmitidos pela leitora. Este é um procedimento dividido em duas partes: criação da planilha e de um *script* associado. A primeira exibirá os dados enviados, enquanto que o segundo é o responsável por receber os dados transmitidos pela leitora e escrever na planilha e nas colunas correspondentes.

Este procedimento deve ser repetido cada vez que for necessário criar uma nova planilha para recebimento dos dados. Caso seja utilizada a mesma planilha, basta realizar uma vez.

Ao final, será gerado um ID do *script* criado. Apenas esse identificador deve ser informado ao configurar o envio de dados às planilhas Google.

C.1 Procedimentos Iniciais

Inicialmente deve ser criada uma nova planilha com os campos apresentados na Figura 82. É importante destacar que a identificação de cada campo deve ser igual a apresentada na Figura.

Figura 82: Campos obrigatórios da planilha.



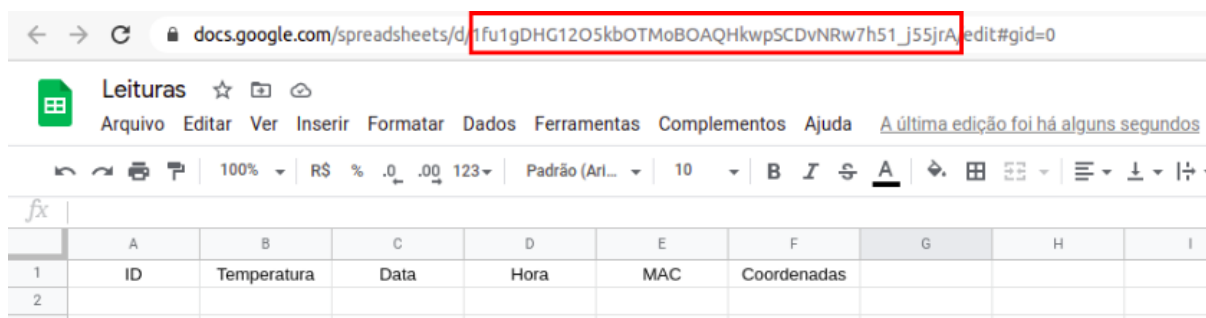
	A	B	C	D	E	F
1	ID	Temperatura	Data	Hora	MAC	Coordenadas
2						
3						

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

O próximo passo é copiar o ID da planilha criada, que será utilizado no *script* para identificar qual a planilha receberá os dados enviados. Na Figura 83, é destacado o ID da planilha, observe que o endereço completo é: <https://docs.google.com/spreadsheets/>

[d/1fu1gDHG1205kbOTMoBOAQHkwpSCDvNRw7h51_j55jrA/edit#gid=0](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1fu1gDHG1205kbOTMoBOAQHkwpSCDvNRw7h51_j55jrA/edit#gid=0). Desta forma, o ID da planilha é **1fu1gDHG1205kbOTMoBOAQHkwpSCDvNRw7h51_j55jrA**. Copie-o, pois será utilizado no código do *script*.

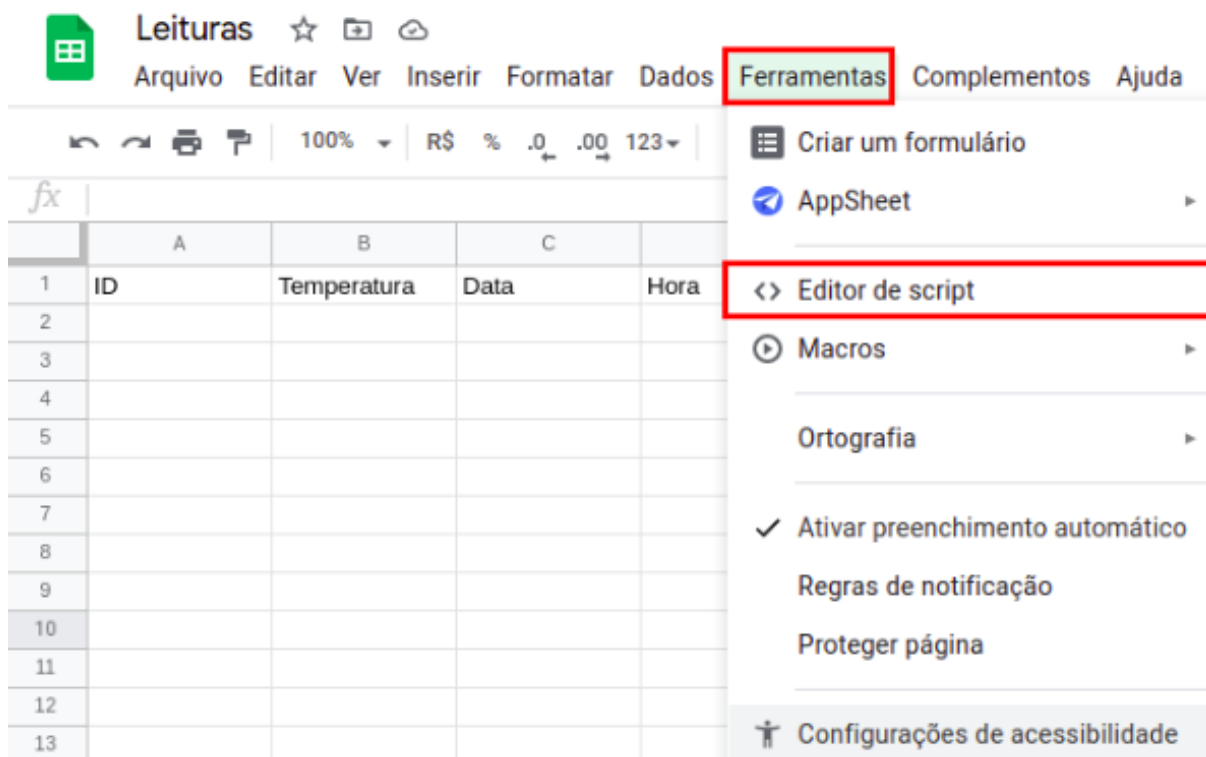
Figura 83: Identificando o ID da planilha.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Após isso, clique em **Ferramentas**, depois em **Editor de script**, conforme exibido na Figura 84.

Figura 84: Acesso ao editor de *script*.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Será aberto um novo projeto no Apps Script, dê um nome ao *script*, em seguida cole o código abaixo no editor e substitua o valor da variável `sheet_id` (linha 8) pelo ID

da planilha, conforme exibido na Figura 83. Na Figura 85, é apresentado o resultado da execução dessas ações indicadas. Após isso, clique em **Salvar**.

```
1 function doGet(e) {
2   Logger.log( JSON.stringify(e) ); // view parameters
3   var result = 'Ok'; // assume success
4   if (e.parameter == 'undefined') {
5     result = 'No Parameters';
6   }
7   else {
8     var sheet_id = '1fulgDHG12O5kbOTMoBOAQHkwpSCDvNRw7h51_j55jrA'; // ID
9     // da planilha
10    var sheet = SpreadsheetApp.openById(sheet_id).getActiveSheet(); //
11    // get Active sheet
12    var newRow = sheet.getLastRow() + 1;
13    var rowData = [];
14    for (var param in e.parameter) {
15      Logger.log('In for loop, param=' + param);
16      var value = stripQuotes(e.parameter[param]);
17      Logger.log(param + ':' + e.parameter[param]);
18      switch (param) {
19        case 'ID': // Par metro
20          rowData[0] = value; //Coluna A
21          result = 'Escrevendo na coluna A';
22          break;
23        case 'Temperatura': //Par metro
24          rowData[1] = value; //Coluna B
25          result += ' ,Escrevendo na coluna B';
26          break;
27        case 'Data': //Par metro
28          rowData[2] = value; //Coluna C
29          result += ' ,Escrevendo na coluna C';
30          break;
31        case 'Hora': //Par metro
32          rowData[3] = value; //Coluna D
33          result += ' ,Escrevendo na coluna D';
34          break;
35        case 'MAC': //Par metro
36          rowData[4] = value; //Coluna E
37          result += ' ,Escrevendo na coluna E';
38          break;
39        case 'Coordenadas': //Par metro
40          rowData[5] = value; //Coluna F
41          result += ' ,Escrevendo na coluna F';
42          break;
43        default:
```

```

42     result = "Par metro inv lido";
43 }
44 }
45 Logger.log(JSON.stringify(rowData));
46 // Write new row below
47 var newRange = sheet.getRange(newRow, 1, 1, rowData.length);
48 newRange.setValues([rowData]);
49 }
50 // Return result of operation
51 return ContentService.createTextOutput(result);
52 }
53 /**
54 * Remove leading and trailing single or double quotes
55 */
56 function stripQuotes( value ) {
57     return value.replace(/^[ " ' ]|[" ' ]$/g, "");
58 }

```

Figura 85: Código do *script*.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

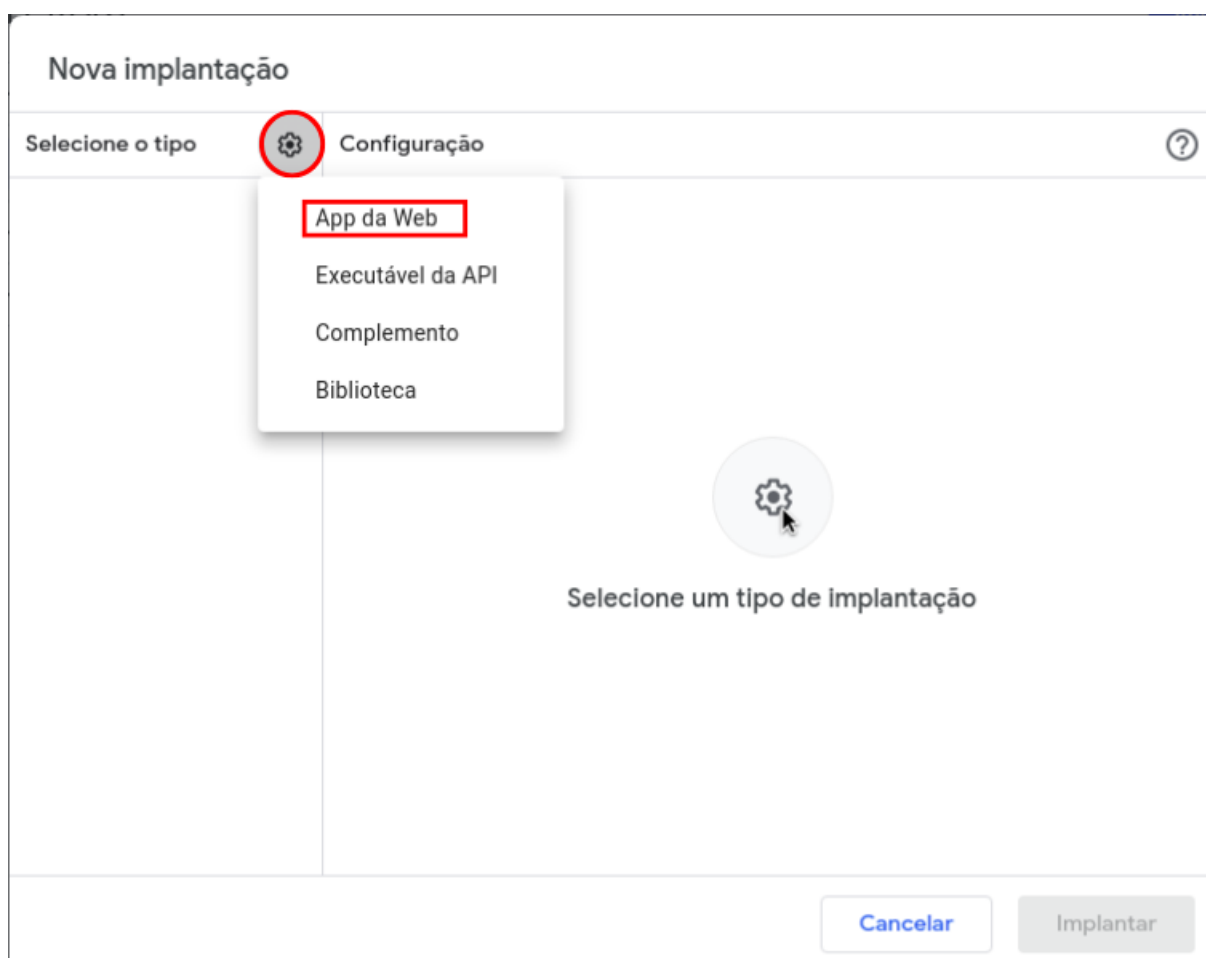
O próximo passo é publicar o *script*, para isso clique em **Implantar**, depois clique em **Nova Implantação**, conforme Figura 86. É importante salvar o *script* antes de publicar, para garantir que a versão mais recente do código seja publicada.

Na tela seguinte, clique no ícone da **engrenagem**, depois clique em **App da Web**, conforme exibido na Figura 87.

Nas configurações, insira uma **descrição** para o *script*. Na opção **Quem pode**

Figura 86: Publicar *script* criado.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 87: Publicar *script* como App da Web.

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

acessar, selecione **Qualquer pessoa**, conforme exibido na Figura 88. Desta forma, não será solicitado login à leitora quando for enviar os dados.

Na tela seguinte são exibidas as informações de identificação do *script*, conforme pode ser visto na Figura 89. Na seção **Código de implantação** é apresentado o ID do *script* criado, que deve ser informado ao adicionar o destino Planilhas Google na interface *web* da leitora.

Figura 88: Configuração de permissão do *script*.

Nova implantação

Selecione o tipo	Configuração
App da Web	Descrição Nova descrição Script responsável por receber os dados da leitora App da Web Executar como Eu () O app da Web será autorizado a usar os dados da sua conta. Quem pode acessar Qualquer pessoa Isto também pode ser usado como uma biblioteca. Saiba mais

Cancelar Implantar

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 89: Dados do *script* criado.

Nova implantação

Implantação atualizada.

Versão 1 em 25 de jan., 14:02

Código de implantação

AKfycbzXP3UH5acCok-NyCV-GUuzMwRSR-z0oeENIDD_Kqzxfvs-O6jRqt

[Copiar](#)

ID Google Script

App da Web

URL

https://script.google.com/macros/s/AKfycbzXP3UH5acCok-NyCV-GUuzMwRSR-z0oeENIDD_Kqzxfvs-O6jRqt/exec

[Copiar](#)

Caminho completo

Concluído

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

A URL (caminho completo) pode ser utilizada para testar o funcionamento do *script* e verificar se os dados estão sendo lançados corretamente na planilha.

É importante destacar que o código de implantação é uma espécie de chave, não sendo indicado o seu compartilhamento.

Copie os dados da implantação e clique em Concluído. Após isso, já é possível testar o funcionamento do *script*. Utilize a URL gerada, adicionando ao final:

?ID=valor&Temperatura=valor&Data=valor&Hora=valor&MAC=valor&Coordenadas=valor

Para validar o funcionamento do *script* sem autenticação, faça o teste em uma aba anônima do navegador ou desconectado das contas Google.

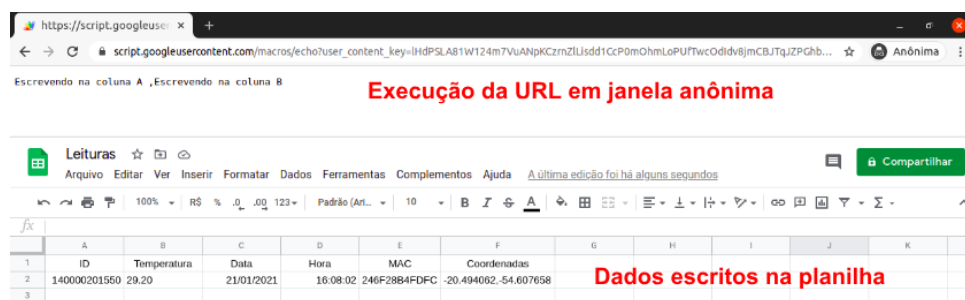
Considerando as informações geradas na implantação, foi utilizada uma leitura como exemplo para validar o funcionamento do *script*.

URL completa: https://script.google.com/macros/s/AKfycbzXP3UH5acC0k-\NyCV-GUuzMwRSR--z0oeENlDD_Kqzxlfvs-06jRqt/exec?ID=140000201550&Temperatura=29.20&Data=21/01/2021&Hora=16:08:02&MAC=246F28B4FDFC&Coordenadas=-20.494062,-54.607658

Na Figura 90 é possível visualizar a execução da URL em uma janela anônima, garantindo o uso do *script* sem autenticação, e a visualização dos dados na planilha criada. Desta forma, é possível verificar que o *script* criado está funcionando corretamente.

Para que a leitora possa transmitir os dados à planilha basta informar o ID do *script* na interface *web*, opção Adicionar/Configurar Destinos, Planilhas Google, conforme pode ser visto na Figura 36.

Figura 90: Teste de funcionamento do *script*.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

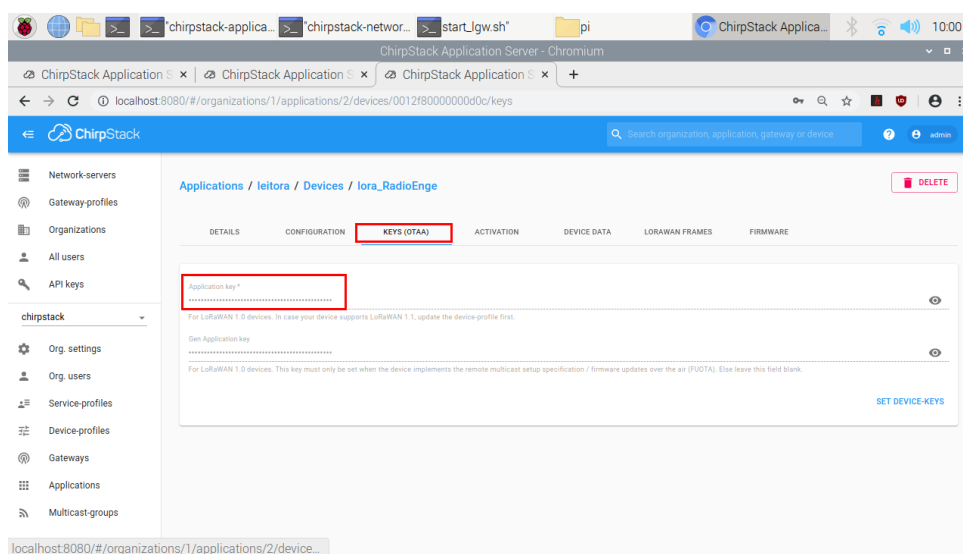
APÊNDICE D – Configurações Chirpstack

A seguir são apresentadas as configurações na interface *web* e o conteúdo dos *scripts* criados para extração dos dados transmitidos pelo *gateway* LoRaWAN com a pilha Chirpstack, conforme descrito na Seção 3.11.5.

D.1 Configurações na interface *web* Chirpstack

Se for utilizada autenticação OTAA, na aba **KEYS(OTAA)** será exibida a **Application Key**, conforme pode ser visto na Figura 91, que pode ser inserida manualmente ou gerada de forma automática. Essa chave deve ser gravada no módulo LoRaWAN da leitora, para que a negociação das demais chaves com o *gateway* ocorra com êxito.

Figura 91: Chaves para autenticação OTAA do módulo LoRaWAN Radioenge.

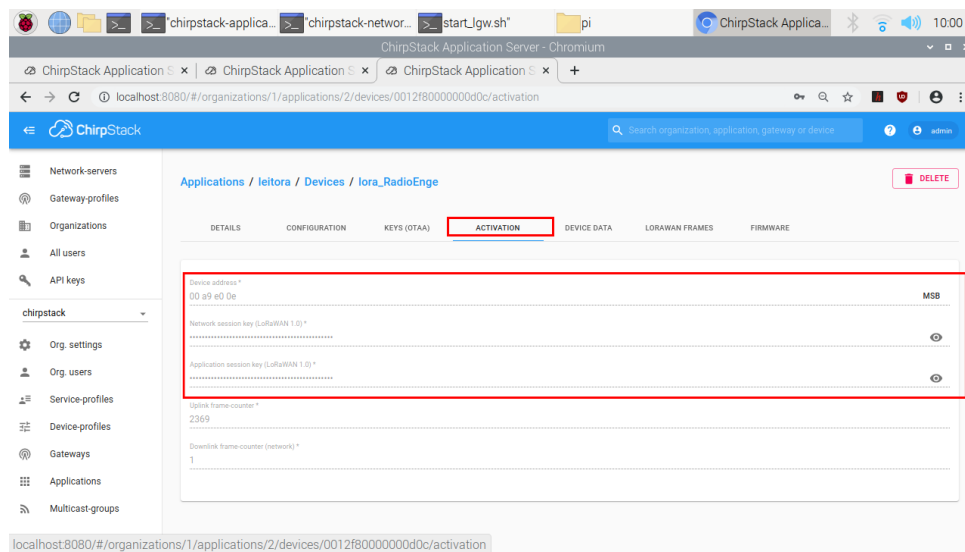


Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Se a autenticação for ABP, na Aba **ACTIVATION** serão exibidas as chaves necessárias, vide Figura 92. Como pode ser visto há mais chaves, uma vez que não há negociação entre *gateway* e módulo. Elas também podem ser inseridas manualmente ou geradas automaticamente.

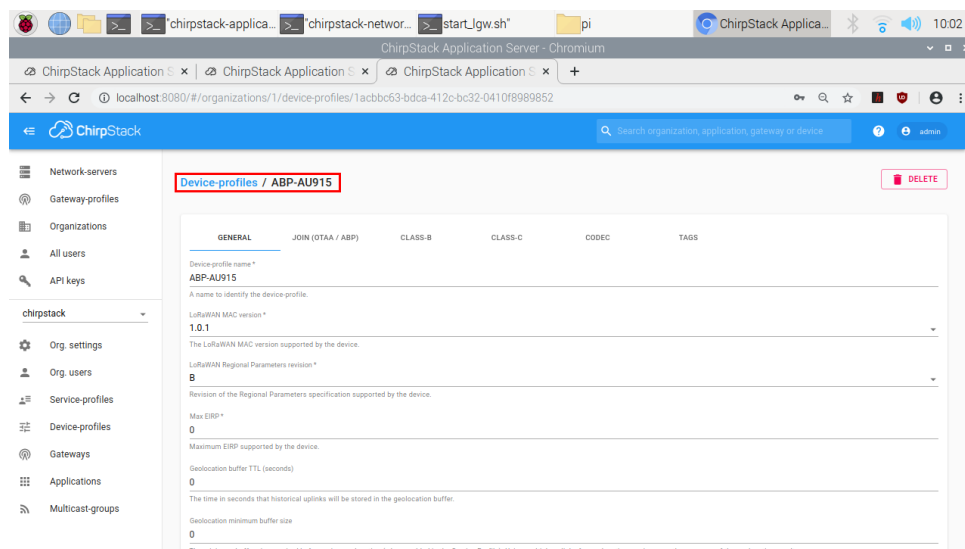
O uso de autenticação ABP ou OTAA é associado a um perfil de dispositivo. Na Figura 93 são exibidas as principais configurações do perfil para autenticação ABP.

Figura 92: Chaves para autenticação ABP do módulo LoRaWAN Radioenge.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 93: Informações gerais do perfil com autenticação ABP.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

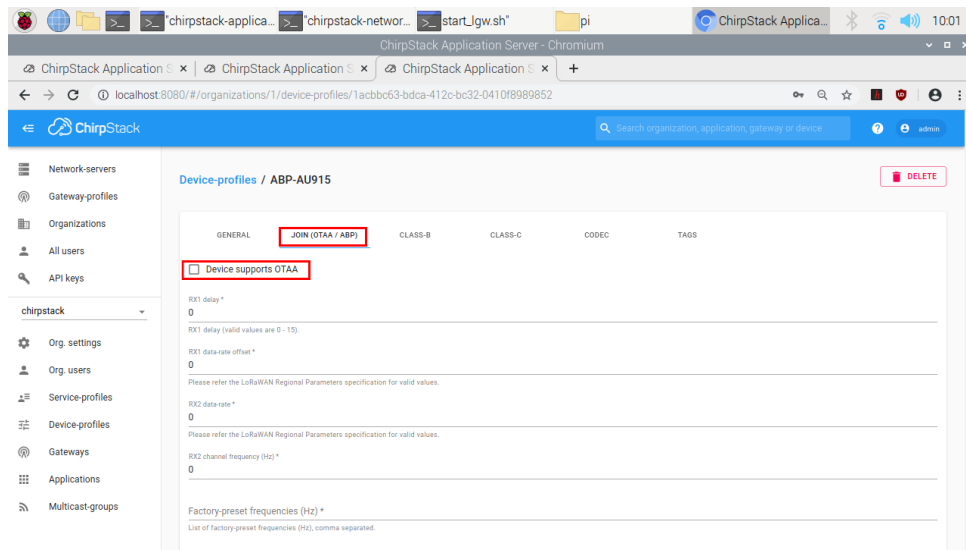
Observa-se na Figura 94, que o checkbox **Device supports OTAA**, na aba JOIN (OTAA/ABP), deve estar desmarcado.

Para autenticação OTAA, as configurações são parecidas, conforme pode ser visto na Figura 95.

Porém na Aba JOIN (OTAA/ABP), o *checkbox* **Device supports OTAA** deve estar marcado, conforme Figura 96.

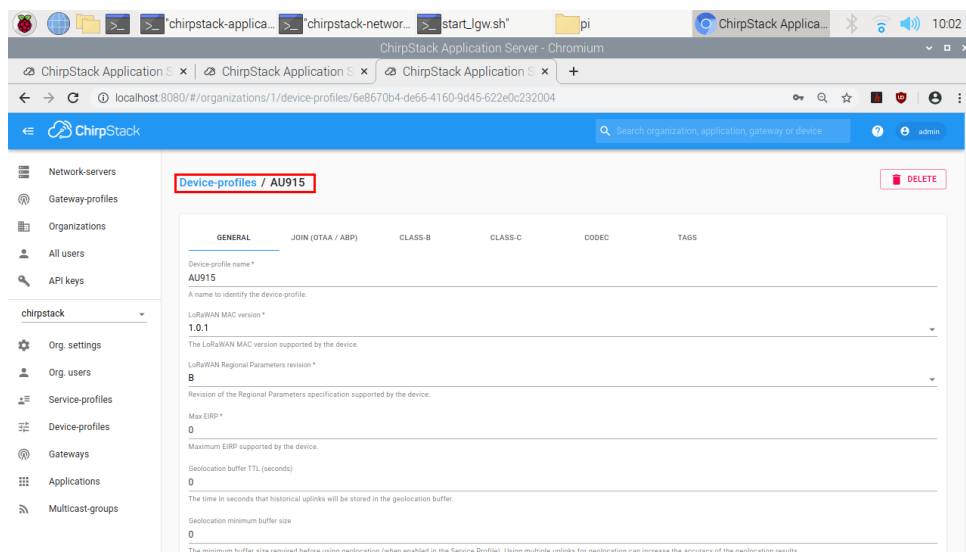
Por fim, na aba INTEGRATIONS é possível adicionar uma integração, permitindo o

Figura 94: Aba JOIN do perfil com autenticação ABP.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

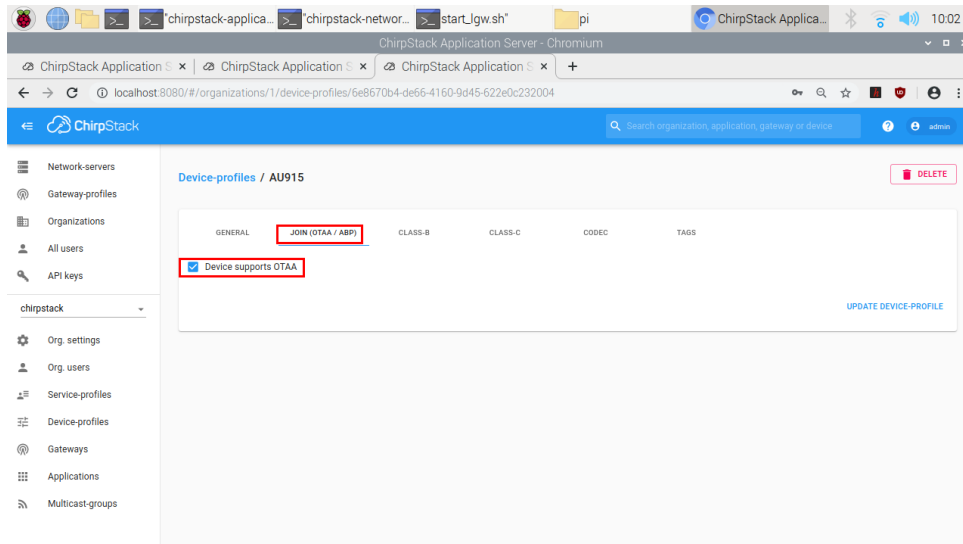
Figura 95: Informações gerais do perfil com autenticação OTAA.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

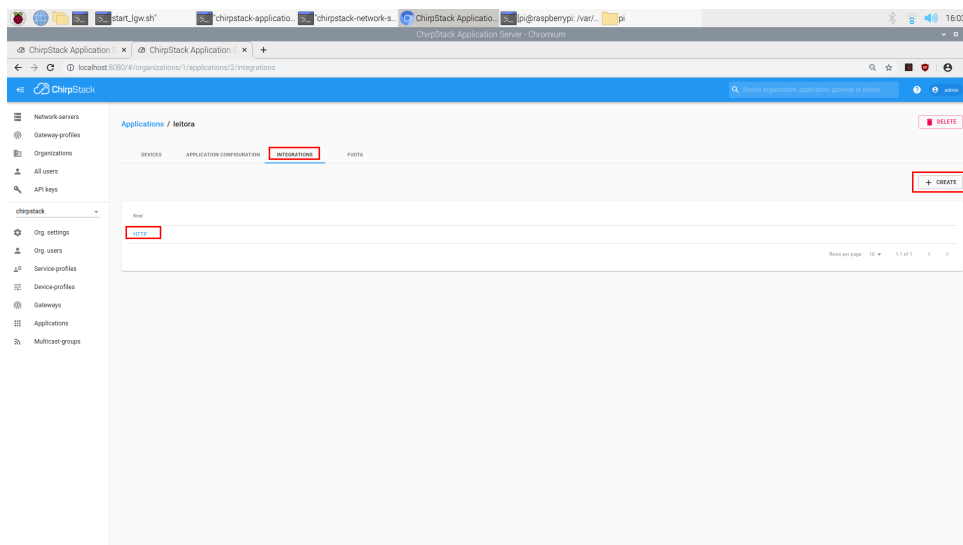
envio de dados para aplicações externas e internas via TCP/IP. Basta clicar em **CREATE** para adicionar uma nova integração. Caso já tenha alguma criada, basta verificar na seção **Kind**, conforme pode ser visto na Figura 97.

Figura 96: Aba JOIN do perfil com autenticação OTAA.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Figura 97: Adicionar/configurar integrações da aplicação.



Fonte: elaborada pelo autor (2021).

D.2 Payload Parser TagoIO

```
1 //Payload Parser para transmissões via LoRaWAN usando Chirpstack
2 //Inicialmente é feita a conversão do JSON recebido para o formato JSON da
   plataforma TagoIO
3 //Payload extraído está em base64
4
5 const ignore_vars = [];
6
7 function toTagoFormat(object_item, serie, prefix = '') {
8   const result = [];
9   for (const key in object_item) {
10     if (ignore_vars.includes(key)) continue;
11
12     if (typeof object_item[key] === 'object') {
13       result.push({
14         variable: object_item[key].variable || `${prefix}${key}`,
15         value: object_item[key].value,
16         serie: object_item[key].serie || serie,
17         metadata: object_item[key].metadata,
18         location: object_item[key].location,
19         unit: object_item[key].unit,
20       });
21     } else {
22       result.push({
23         variable: `${prefix}${key}`,
24         value: object_item[key],
25         serie,
26       });
27     }
28   }
29
30   return result;
31 }
32
33 if (!payload[0].variable) {
34   // Get a unique serie for the incoming data.
35   const serie = payload[0].serie || new Date().getTime();
36
37   payload = toTagoFormat(payload[0], serie);
38 }
39 const payloadChirpstack = payload.find(item => item.variable === 'data');
40 if (payloadChirpstack) {
41   let buff = Buffer.from(payloadChirpstack.value, 'base64');
42   let text = buff.toString('utf-8');
43 }
```

```
44 var splitValues = text.split(';');
45
46 animal = splitValues[0];
47 temperatura = splitValues[1];
48 data_leitura = splitValues[2];
49 hora = splitValues[3];
50 id_leitora = splitValues[4];
51 coordenadas = splitValues[5];
52
53
54 console.log(animal);
55 console.log(temperatura);
56 console.log(data_leitura);
57 console.log(hora);
58 console.log(id_leitora);
59 console.log(coordenadas);
60
61 payload.push({"variable": "animal", "value": animal });
62 payload.push({"variable": "temperatura", "value": temperatura, "unit": "C"
63   });
64 payload.push({"variable": "data", "value": data_leitura });
65 payload.push({"variable": "hora", "value": hora });
66 payload.push({"variable": "id_leitora", "value": id_leitora });
67 payload.push({"variable": "coordenadas", "value": coordenadas });
68 }
```

D.3 Script PHP Local

```
1 <?php
2 function processPayload($payload): string {
3     $data = bin2hex(base64_decode($payload));
4     $string = hex2bin($data);
5     $string .= "\r\n";
6     return $string;
7 }
8
9 $req = json_decode(file_get_contents('php://input'), true);
10
11 if (isset($req['deviceName'])) {
12     $dateTime = new DateTime("now", new DateTimeZone('America/Cuiaba'));
13     $date = $dateTime->format("m-Y");
14     $time = $dateTime->format("d-m-Y");
15     if (!file_exists("./$date")) {
16         mkdir("./$date", 0777, true);
```

```
17     }
18     $arq = fopen("$date/$time.csv", "a");
19     fwrite($arq, processPayload($req['data']));
20     fclose($arq);
21 }
22 ?>
```

D.4 Script PHP Remoto

```
1 <?php
2     function processPayload($payload): string{
3         $data = bin2hex(base64_decode($payload));
4         $string = hex2bin($data);
5         $string .= "\r\n";
6         return $string;
7     }
8
9     $req = json_decode(file_get_contents('php://input'), true);
10
11     if(isset($req['deviceName'])){
12         $dateTime = new DateTime("now", new DateTimeZone('America/Cuiaba'))
13         ;
14         $date = $dateTime->format("m-Y");
15         $time = $dateTime->format("d-m-Y");
16         if(!file_exists("./$date")){
17             mkdir("./$date", 0777, true);
18         }
19         $arq = fopen("$date/$time.csv", "a");
20         fwrite($arq, processPayload($req['data']));
21         fclose($arq);
22     }
23 ?>
```