UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

TRATADOR SEMIAUTOMÁTICO DE BAIXO CUSTO PARA ENGORDA DE BOVINOS

Fábolo Wahlbrinck

Lajeado, novembro de 2017.

UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Fábolo Wahlbrinck

TRATADOR SEMIAUTOMÁTICO DE BAIXO CUSTO PARA ENGORDA DE BOVINOS

Lajeado
2017

Fábolo Wahlbrinck

TRATADOR SEMIAUTOMÁTICO DE BAIXO CUSTO PARA ENGORDA DE BOVINOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Área de Concentração: Automação.

Orientador: Prof. Ms. Henrique Worm.

Lajeado, novembro de 2017.

Fábolo Wahlbrinck

TRATADOR SEMIAUTOMÁTICO DE BAIXO CUSTO PARA ENGORDA DE BOVINOS

A banca examinadora abaixo aprova a Dissertação ao Programa de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, da Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

.

Prof. Ms. Henrique Worm – Orientador

Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES

Prof. Ms. Anderson Antônio Giacomolli

Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Prof. Ms. Ederson Pereira Madruga

Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Lajeado, novembro de 2017.

Dedico este trabalho a minha família, em especial ao meu filho que está para nascer.

AGRADECIMENTOS

À toda a minha família querida, em especial ao meu pai Elton Wahlbrinck por me incentivar e auxiliar no desenvolvimento deste projeto. À minha mãe, Alida Kussler Wahlbrinck pelo carinho, dedicação e motivação recebida ao longo destes seis anos para estudar e concluir a graduação.

Agradeço ao colega de trabalho José Arno Kafer por contribuir com os seus conhecimentos na construção de toda a estrutura mecânica do tratador, possibilitando a conclusão deste equipamento.

À minha noiva Regina Schmitt por saber a hora certa de parar um pouco e espairecer a mente. Renovando as energias para continuar nesta longa batalha.

Ao meu professor orientador Ms. Henrique Worm pelo apoio e tempo dedicado nas sugestões, correções, dicas e visita a propriedade da família. A todos amigos, professores e profissionais que, de uma forma ou de outra, contribuíram para que eu obtivesse sucesso no decorrer da graduação.

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso objetivou o estudo e implantação de um tratador semiautomático móvel de baixo custo para alimentação de bovinos, visando reduzir o esforço físico realizado diariamente pelo proprietário, assim como os desperdícios de matéria prima, além de melhorar a dieta ao rebanho. O equipamento fabricado por meio do projeto foi desenvolvido com uma placa Arduino e instalado na propriedade rural da família Wahlbrinck, localizada no município de Westfália-RS. O sistema realiza a dosagem de dois tipos de ração aos animais em horários previamente cadastrados pelo usuário, através de uma interface amigável. Além disso, através desta interface é possível monitorar os níveis dos reservatórios de ração, acompanhar o processo de dosagem e, através de alarmes visuais e sonoros, monitorar os períodos de vacinação dos animais, bem como gerenciar a manutenção do equipamento. Após os testes realizados, constatou-se que o sistema está operando de forma plena, contemplando todos os requisitos propostos.

Palavras-Chave: Sistema dosagem. Tratador semiautomático. Automação.

ABSTRACT

The present study was aimed at the study and implementation of a low cost mobile semiautomatic handler for cattle feed, aiming to reduce daily physical effort by the owner, as well as raw material wastes, as well as to improve diet to the herd. The equipment manufactured through the project was developed with an Arduino board and installed in the rural property of the family Wahlbrinck, located in the city of Westfalia-RS. The system performs the dosage of two types of feed to the animals at times previously registered by the user, through a friendly interface. In addition, through this interface it is possible to monitor the levels of the feed reservoirs, monitor the dosing process and, through visual and audible alarms, monitor the vaccination periods of the animals as well as manage the maintenance of the equipment. After the tests performed, it was verified that the system is operating fully, contemplating all the proposed requirements.

Keywords: Dosing system. Semiautomatic handler. Automation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Protótipo do tratador semiautomático de ração 16
Figura 2 - Estação de alimentação FSC 40 *DeLaval*.....20
Figura 3 - Equipamento anunciado pela MFR. 20
Figura 4 - Protótipo de alimentação de bovinos e equinos.....21
Figura 5 - Princípio de funcionamento do sensor ultrassom. 23
Figura 6 - Circuito elétrico da ponte de *Wheatstone*. 25
Figura 7 - Célula de carga comercial.....26
Figura 8 - Principio de funcionamento da comunicação RFID.....27
Figura 9 - Motor de indução monofásico 220 V com redutora acoplada. 30
Figura 10 - Motor CC alimentado em 12 V. 31
Figura 11 - Placa de desenvolvimento Arduino MEGA 2560. 33
Figura 12 - Interface homem máquina *Painel View Plus* 6 da *Allen Bradley*.....34
Figura 13 - Cochos de alimentação da propriedade rural. 36
Figura 14 - Protótipo do sistema proposto 40
Figura 15 - Sensor ultrassom HC-SR04 para Arduino. 43
Figura 16 - Balança com célula de carga de 20 kg. 43
Figura 17 - Módulo HX711 44
Figura 18 - *Shield RTC DS 3231* Arduino (frente e verso) 47
Figura 19 - IHM Nextion modelo TFT 4.3”.....48
Figura 20 - Configuração da ponte H com giro horário e anti-horário 49
Figura 21 - *Shield* driver de motor IBT-02 50
Figura 22 - *Shield* relé com 2 canais. 50
Figura 23 - *Shield RFID* MFRC 522 com etiquetas. 51
Figura 24 - Fluxograma com a futura lógica de controle 53

Figura 25 - Montagem do silo com dois compartimentos. 55
Figura 26 - Construção do acoplamento para os motores dosadores. 56
Figura 27 - Construção da estrutura com os motores acoplados. 56
Figura 28 - Construção do sistema de expedição instalado sobre a balança. 57
Figura 29 - Construção do mecanismo de movimentação do tratador. 58
Figura 30 - Apresentação completa do tratador com seus subequipamentos. 58
Figura 31 - Apresentação completa do tratador após pintura. 59
Figura 32 - Vista externa do painel elétrico. 61
Figura 33 - Vista interna do painel elétrico. 62
Figura 34 - Diagrama das ligações elétricas de todos os componentes. 63
Figura 35 - Proteções desenvolvidas para o amplificador da balança. 64
Figura 36 - Proteções para o *Shield* RFID. 64
Figura 37 - Proteções para os sensores ultrassom. 65
Figura 38 - Local de instalação dos fusíveis de proteção. 65
Figura 39 - Diagrama unifilar desenvolvido com *Software Proteus* 66
Figura 40 - *Layout* desenvolvido no *software Proteus*. 67
Figura 41 - Placa de circuito impressa do regulador de tensão. 67
Figura 42 - Placa reguladora de tensão 5 Vcc (acima) e 9 Vcc (abaixo). 68
Figura 43 - Tela principal do tratador de bovinos. 69
Figura 44 - Telas de cadastro para os animais. 70
Figura 45 - Tela de monitoramento de nível dos silos. 70
Figura 46 - Tela de exibição da variável da balança. 71
Figura 47 - Tela de cadastro dos horários de abastecimento. 71
Figura 48 - Tela exibindo os teclados *Qwerty* desenvolvidos. 72
Figura 49 - Telas de alarme para acionamento das chaves fim de curso. 73
Figura 50 - Telas de alarme para notificação de nível baixo nos silos. 73
Figura 51 - Tela de aviso para modificar quantidade de ração. 74
Figura 52 - Tela de aviso para realização de vacinas. 74
Figura 53 - Telas de aviso para manutenções preventivas. 75
Figura 54 - Tela do contato do fabricante. 75
Figura 55 - Adequação realizada na estrutura do galpão. 76
Figura 56 - Guia do condutor elétrico 220 Volts. 77
Figura 57 - Equipamento instalado e operando. 78
Figura 58 - Equipamento dosando ração. 79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre características das placas Arduino. 32
Tabela 2 - Valores diários na alimentação do animal. 37
Tabela 3 - Valor dos materiais adquiridos para o projeto. 81

LISTA DE ABREVIATURAS

EPC	Electronic Produt Code (Código Eletrônico do Produto)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Integrated Development Environment (Placa controladora que permite comunicação e transferência de dados)
IHM	Interface Homem Máquina
NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado
PWM	Pulse Width Modulation (Pulso com largura de modulação)
RAM	Random Access Memory (Memória de Acesso Aleatório)
RGB	Red, Green and Blue (Sistema de cores aditivas formadas por vermelho (R), Verde (G) e Azul (B)).
RFID	Radio Frequency Identification (Identificação por Rádio Frequência)
RTC	Real Time Clock (Relógio de Tempo Real)
SPI	Serial Peripheral Interface (Protocolo de Comunicação Serial)
TFT	Thin Film Transistor (Transistor de Película Fina)
TTL	Transistor Transistor Logic (Lógica Transistor-Transistor)
UID	User Interaction Diagram (Identificador de Usuário)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **15**

2 REFERENCIAL TEÓRICO **18**
2.1 Alimentação de Bovinos **18**
2.1.1 Dieta e Nutrição **19**
2.2 Sensores **22**
2.2.1 Ultrassom **22**
2.2.2 Células de carga **24**
2.2.3 *RFID* **26**
2.3 Motores Elétricos **29**
2.3.1 Motores CA **29**
2.3.2 Motores CC **30**
2.4 Arduino **31**
2.5 Interface Homem Máquina (IHM) **34**

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO **35**
3.1 Local da Instalação **35**
3.1.1 Rotina de alimentação do rebanho antes do sistema proposto **36**
3.2 Melhoria Proposta **38**
3.3 Sensores aplicados **42**
3.3.1 Monitoramento de nível **42**
3.3.2 Sistema de Pesagem **43**
3.4 Atuadores **44**

3.4.1 Motor para Roscas Dosadoras dos Silos 44
3.4.2 Motor para Expedição do Produto 45
3.4.3 Motor para Movimentação do Tratador 45
3.5 *Shields* Arduino 46
3.5.1 Shield *RTC* 46
3.5.2 *Shield* Tela *Touch* 47
3.5.3 *Shield Driver* Motor 48
3.5.4 *Shield* Relé 50
3.5.5 *Shield RFID* 51
3.6 Funcionamento do Protótipo 52

4 RESULTADOS 54
4.1 Histórico do desenvolvimento da estrutura do sistema 54
4.2 Instalações Elétricas 60
4.2.1 Painel Elétrico de Força e Comando 60
4.2.2 Proteções contra influências externas 63
4.2.3 Estabilização da Tensão de Alimentação do Arduino 66
4.2.4 Estabilização da Tensão de Alimentação dos Sensores 68
4.3 Interface Homem Máquina 68
4.3.1 Telas de Operação 69
4.3.2 Telas de Avisos e Alarmes 72
4.4 Adequação da estrutura na estrebaria 75
4.5 Instalação do Sistema 77
4.6 Benefícios com o Equipamento 79
4.6.1 Redução do Esforço Físico 80
4.6.2 Solução de baixo custo 80
4.6.3 Redução no Consumo de Ração 82

5 CONCLUSÕES 83

REFERÊNCIAS 85

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de carne bovina no mundo. Em 2015, a cadeia movimentou R$ 483,5 bilhões na economia. O valor é referente a venda de animais, insumos, manutenções, implementos agrícolas, produtos de limpeza, abate e varejo. Em todo território nacional existem mais de 209 milhões de cabeças de gado distribuídos em 167 milhões de hectares (BEEFPOINT, 2016).

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no terceiro trimestre de 2016 foram abatidos 7,32 milhões de bovinos, com peso médio de 249,6 kg por animal, quantidade 4,1% menor que a registrada no trimestre anterior. Em contrapartida, o estado do Rio Grande do Sul teve o segundo maior aumento de abate, representando cerca de 10.000 cabeças a mais que o trimestre anterior.

Neste cenário, encontra-se a propriedade rural da família Wahlbrinck, situada na localidade de Linha Schmidt Alta, interior do município de Westfália-RS. A chácara tem 8,9 hectares e existe há mais de 70 anos, sendo repassada como herança por várias gerações da família. A produção agrícola por vários anos se baseava na criação de suínos, gado leiteiro e frangos de corte. Atualmente, a propriedade realiza a criação de gado para engorda para o próprio consumo e também plantação de eucaliptos para a venda de lenha.

A necessidade em aumentar o rendimento do trato aos animais, reduzir as despesas, produzir mais, garantir a higiene e qualidade do rebanho, é de fato uma regra geral para manter o negócio particular de forma viável. Com o constante avanço da tecnologia, as tarefas cotidianas rurais necessitam cada vez mais de soluções inteligentes e eficientes. Entretanto, soluções comerciais encontradas no

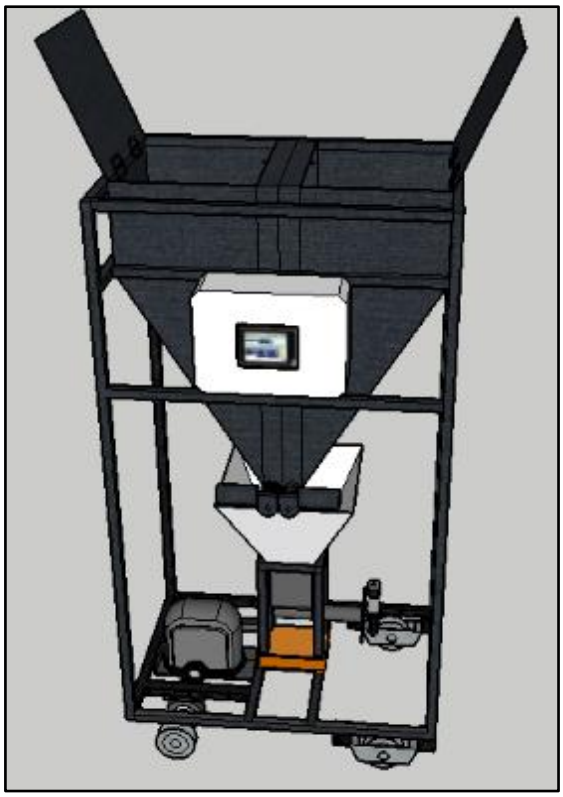
mercado nacional e internacional tendem a ter um valor elevado, tornando o investimento inviável para médios e pequenos produtores.

O trabalho desenvolvido tem por objetivo principal automatizar a dosagem de ração ao gado de corte da propriedade, de modo a reduzir o desperdício de ração distribuída manualmente, bem como padronizar a dieta nutritiva do rebanho. Além disso, reduzir o esforço físico de carregar o recipiente com a ração pelo estábulo, tarefa hoje realizada manualmente de forma repetitiva.

O sistema proposto consiste de uma estrutura metálica móvel, que percorrerá um trajeto com trilhos guia até a baia de alimentação de cada terneiro. A estrutura é composta por um tanque afunilado, com uma divisória ao meio, permitindo a dosagem de dois tipos de ração.

Para certificar que o motor dosou a quantidade correta de cada tipo de ração, o equipamento fará uso de uma balança em formato de funil para conferir a massa medida com a massa desejada. A figura 1 apresenta o protótipo do sistema elaborado em software gráfico.

Figura 1 - Protótipo do tratador semiautomático de ração



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para tanto, o sistema foi desenvolvido de forma a possuir uma interface amigável com o produtor rural, permitindo a ele configurar os quantitativos para criar receitas personalizadas para cada animal no rebanho, além de informar o status do processo e gerar alarmes visuais e sonoros. As dosagens são realizadas em datas e horários pré-determinados, através da interface do sistema.

Aliado a isso, o sistema notifica o produtor rural quando está na hora de realizar vacinas no rebanho, o momento correto para alterar a receita de ração aos animais, e também emite um aviso para realizar manutenções preventivas pelo próprio agricultor, ou pelo fabricante.

Tendo em vista que um dos objetivos deste trabalho consiste em elaborar um sistema automatizado de baixo custo, optou-se por utilizar uma placa Arduino compatível com as necessidades do projeto. Além do Arduino, foi utilizado um conjunto de *shields* (expansões), tudo devidamente acoplado em um painel de comando fixado na estrutura do sistema móvel.

A identificação de cada animal é obtida com a presença de uma etiqueta *RFID (*Identificação por Rádiofrequência*)*, instalada em cada cocho do animal a ser engordado. Com essa informação, o sistema dosará a quantidade de alimento correta através das receitas previamente cadastradas na interface homem-máquina.

O presente trabalho foi dividido em capítulos. O Capítulo dois deste documento apresenta o referencial teórico para embasar os componentes do sistema proposto. O Capítulo três apresenta o cenário atual, a proposta deste trabalho e ainda o princípio de funcionamento do sistema. O Capítulo quatro apresenta os resultados obtidos, validando a proposta. Por fim, o Capítulo cinco apresenta as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento desse sistema, foram estudadas as características do processo de engorda de bovinos, bem como os componentes utilizados na elaboração do equipamento, tais como sensores, atuadores e controladores.

2.1 Alimentação de Bovinos

A alimentação de bovinos é um assunto que vem sendo tratado há muitos anos e, desde então, vem sendo aperfeiçoada. Basicamente, os bovinos exigem uma alimentação que atenda às necessidades nutricionais (vitaminas, fibras, água, minerais e proteínas) para o crescimento, engorda, gestação e lactação, assim como qualquer outro animal (SILVA; LEÃO, 1979).

Em geral, não existe um padrão de alimentação universal, sendo que cada rebanho possui suas particularidades que são estudadas pelo nutricionista responsável. Na grande maioria dos casos, é levado em consideração quais alimentos estão disponíveis no momento, preço ofertado aos suplementos, qual o peso pretendido no abate e quais as características dos animais a serem terminados (sexo, raça, idade e castração) (EMBRAPA, 2015).

2.1.1 Dieta e Nutrição

Em média, cada bovino de corte precisa ter disponível ao longo do dia cerca de 10 a 12 litros de água para cada 100 quilos de peso vivo. É recomendado realizar o trato aos animais no mínimo duas vezes e no máximo três vezes ao dia, de preferência uma no início e outra ao final do dia, permitindo assim o melhor aproveitamento do alimento na dieta do animal.

Dietas com base em ração tem como vantagem a alta eficiência alimentar, alto desempenho, facilidade de manuseio, redução no tempo para engorda e melhor acabamento na carcaça do animal. Porém, aumentam os custos de produção, obrigando muitas vezes o produtor a tomar certos cuidados na formulação e manejo de alimentação para evitar desperdícios ou até mesmo causar problemas digestivos ao animal (EMBRAPA, 2015).

Tendo em vista o sistema proposto neste trabalho, é importante pesquisar as principais soluções automatizadas para alimentação animal encontradas no mercado, conforme apresenta a seção a seguir.

2.1.2 Soluções Automatizadas de Mercado

De modo a dosar as rações na quantidade correta, a multinacional Sueca *DeLaval*, existente no mercado há mais de 130 anos, comercializa uma estação individual de alimentação para bovinos. O equipamento consiste em identificar o animal que se aproximou da estação por meio do sistema embarcado.

O controlador por sua vez, estabelece comunicação com um computador de mesa ou portátil, gerenciando a quantidade de alimento que o animal pode receber, conforme a receita previamente cadastrada, evitando desperdícios e redução de custos com rações (DELAVAL, 2017). A Figura 2 apresenta o sistema.

Figura 2 - Estação de alimentação FSC 40 *DeLaval*

Fonte: *DeLaval* (2017).

Neste mesmo segmento, existe outra solução mais barata no mercado, porém com algumas limitações. O mercado MFR rural tem o anuncio em seu site de um alimentador para equinos e outros animais, denominado AUTO FEEDER. O sistema basicamente é composto por um tanque de armazenamento da ração, nas opções de 25, 50 e 100 kg. O controle do motor dosador é feito através de um relé digital programável, nos horários previamente cadastrados pelo cliente (MFR Rural, 2017). A imagem 3 apresenta o produto anunciado pelo valor de R$ 559,00 reais no site.

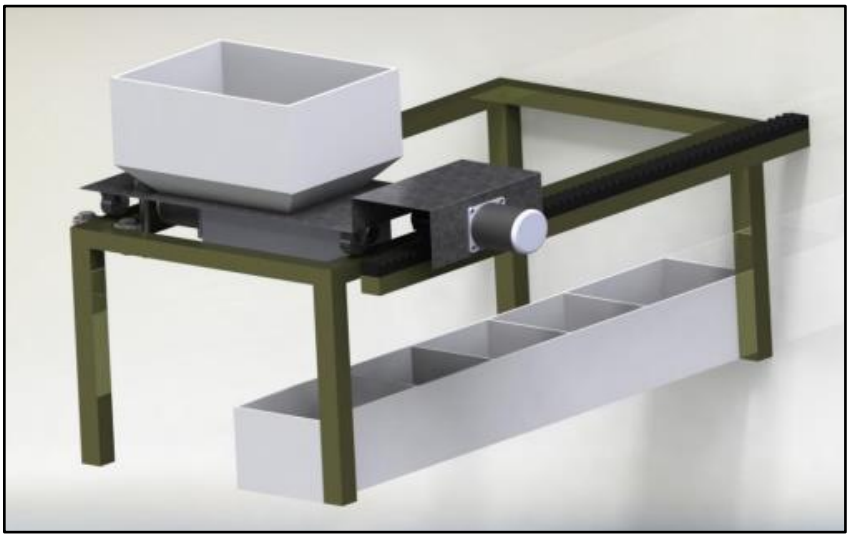
Figura 3 - Equipamento anunciado pela MFR.

Fonte: MFR Rural (2017).

A terceira opção encontrada se resume no desenvolvimento de um protótipo para alimentação de bovinos e equinos. O sistema é composto por uma cuba contendo alimento que se desloca ao longo de uma cremalheira, uma rosca dosadora, interface com possibilidade de ajuste de horários para o funcionamento e cadastro da quantidade de alimento para cada baia. Tudo isso comandado através de um relé programável.

O conjunto possibilita somente a dosagem de uma única matéria prima, e também não é composta por uma célula de carga para certificar a quantidade dosada para cada animal. Além disso, tem algumas limitações na programação e manuseio, dificultando a interação entre agricultor e sistema (CHILA, PLINTA, TAMANINI, 2014). A imagem 4 apresenta o protótipo desenvolvido pelos alunos da Universidade Federal do Paraná, para obtenção do grau de tecnólogo em Mecatrônica.

Figura 4 - Protótipo de alimentação de bovinos e equinos.



Fonte: (CHILA, PLINTA, TAMANINI, 2014).

Para contemplar o desenvolvimento do sistema proposto, se faz necessário estudar, além das soluções de mercado, os componentes que serão adotados na sua concepção. Para tanto, a seção a seguir apresenta a conceituação dos sensores que serão utilizados para esta aplicação.

2.2 Sensores

Segundo Fraden (2004), Bolzani (2004), Thomazini e Albuquerque (2007), Pires (2007), um sensor é um dispositivo que recebe um sinal ou estímulo e o converte em um sinal elétrico que seja compatível com circuitos eletrônicos. O sinal de entrada pode ser uma quantidade, uma propriedade ou um estado, a qual o sensor converte em tensão ou corrente, podendo ser amplificada e modificada por circuitos eletrônicos de aquisição.

Em sistemas automatizados, o principal objetivo de um sensor é comandar eventos, como por exemplo, detectar a chegada de um objeto em uma determinada posição, informar ao controlador que o nível desejado foi atingido, fornecer a medida instantânea da temperatura, entre inúmeras outras funcionalidades (MORAES; CASTRUCCI, 2014).

As seções a seguir apresentam as características dos sensores que serão empregados no sistema.

2.2.1 Ultrassom

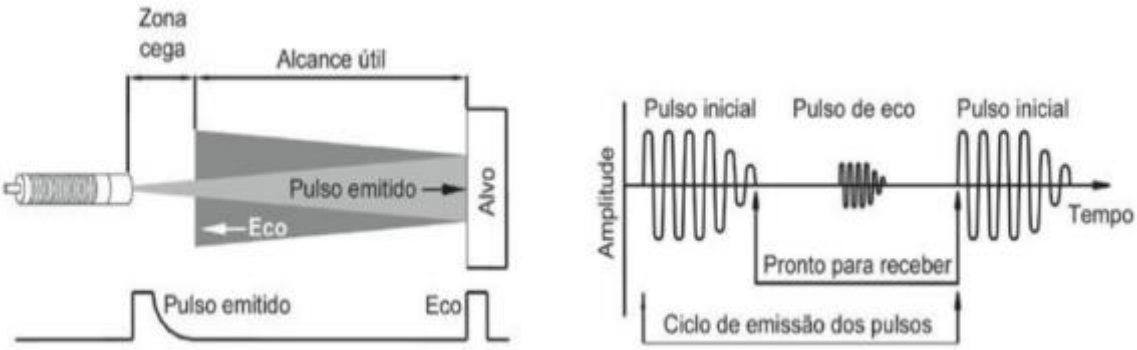
Os dispositivos do tipo ultrassônicos são amplamente utilizados em aplicações industriais, residenciais e comerciais. A utilização deste sensor em medição continua de nível vem se tornando cada vez mais frequente.

Na prática, estes sensores utilizam um emissor e um receptor de ondas sonoras, fixados no mesmo dispositivo ou separados. O princípio de funcionamento consiste de um circuito eletrônico fornecer um trem de pulsos para excitar o sensor piezoelétrico (emissor). Este, por sua vez, gera uma onda sonora que se propaga no ar até atingir o alvo ou objeto.

Neste momento, parte da energia acústica do pulso retorna para a origem em forma de eco. O sensor receptor capta o sinal após certo intervalo de tempo. A figura

5 apresenta o diagrama de funcionamento do sensor ultrassom (MORAES; CASTRUCCI, 2014).

Figura 5 - Princípio de funcionamento do sensor ultrassom.



Fonte: MORAES; CASTRUCCI (2014).

A maioria dos instrumentos ultrassônicos calcula a distância percorrida pela onda de som no ar. Como o som se propaga em velocidade constante de 340 m/s em uma determinada temperatura, o tempo de emissão e recepção da onda refletida é proporcional à distância entre o sensor e objeto que ocasionou a reflexão (BEGA, 2011).

Desta forma, para encontrar a distância pode se fazer uso da seguinte equação:

$$Distância = \frac{Velocidade*(Tempo\ Inicio\ Transmissão - Tempo\ Final\ Transmissão)}{2} \quad (1)$$

Onde: Velocidade é a propagação da onda ultrassônica em um determinado meio (m/s);

Tempo Início Transmissão é o momento em que ocorre o envio dos pulsos elétricos (s);

Tempo Final Transmissão é o momento em que ocorre o eco de parte dos pulsos elétricos (s);

Segundo o padrão IEC 60947-5-2, sensores ultrassônicos são preferencialmente aplicados em locais com pouca variação de temperatura e utilizando objetos metálicos, com espessura mínima de 1 mm (MORAES; CASTRUCCI, 2014).

Conforme Bega (2011), além da medição de nível em reservatórios, os sensores ultrassônicos podem assumir várias outras funcionalidades, como medições de distancias e detecção de objetos ou obstáculos. Sendo assim, os sensores ultrassônicos podem ser utilizados para medição do nível de ração em silos, como proposto neste trabalho.

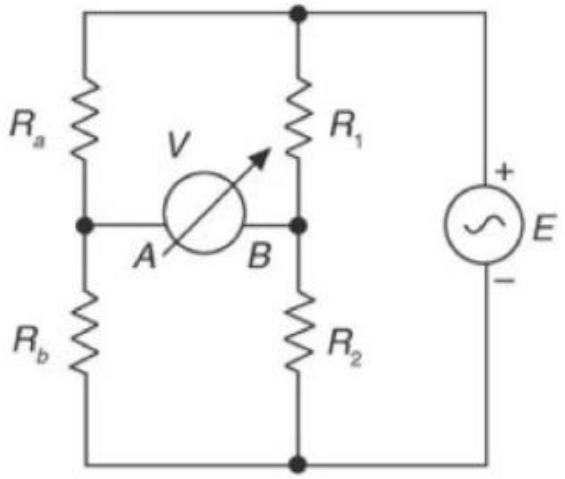
2.2.2 Células de carga

As células de carga são utilizadas em sistemas de pesagem, encontrados facilmente em ambientes comerciais e industriais. A funcionalidade desta é medir a massa dos materiais colocados sobre a sua base de apoio e converter a pressão exercida no elemento mecânico elástico em sinais elétricos (BEGA, 2011).

O princípio de funcionamento baseia-se na piezoresistividade, ou seja, na variação da resistência elétrica de um componente quando submetido a qualquer deformação. O sensor que tem essa característica é denominado extensômetro, também conhecido mundialmente por *Strain Gage* (THOMAZINI et. al., 2007).

Para tanto, utiliza-se uma Ponte de *Wheatstone* que é considerado o meio de medição de resistência simples e preciso. O dispositivo é composto por três resistores padrões, com valores fixos ligados em paralelo. O quarto e último resistor por sua vez é variável de acordo com o dispositivo conectado, podendo ser um sensor resistivo ou um potenciômetro. A resultante dessa variação em um único ponto desequilibra o sistema, como consequência, gerando uma diferença de potencial elétrico entre os terminais de saída (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2010). O diagrama de ligação do circuito pode ser visto na figura 6.

Figura 6 - Circuito elétrico da ponte de *Wheatstone*.



Fonte: BALBINOT; BRUSAMARELLO (2010).

A respeito de extensômetros, Bega (2011, p.43) declara:

> "Os *Strain Gage* fazem parte de uma ponte de *Wheatstone,* na qual se aplica uma tensão, de forma que a pequena corrente que circula pelas resistências ocasione uma queda de tensão e a ponte se equilibre para essas condições. Neste sistema, qualquer variação na pressão do processo moverá o componente metálico, que, por sua vez, variará a posição da alavanca e, em consequência, variará a resistência dos sensores *Strain Gage*, desequilibrando a ponte e fazendo variar o sinal de saída do instrumento".

Sendo assim, quando o extensômetro é esticado ou comprimido, ocorre uma variação da resistência proporcional no próprio extensômetro, ocorrendo o desbalanceamento entre os resistores da ponte de Wheathstone. Com isso, é gerada uma diferença de potencial que pode ser medida em "mV" na saída da célula de carga, necessitando de um circuito para condicionar e amplificar o sinal.

As células de carga, em sua grande maioria, são dotadas de um ou mais extensômetros, aumentando a sensibilidade e diminuindo os erros de medição. Convencionalmente, a estrutura que abriga os extensômetros é capaz de se deformar na direção de cada coordenada cartesiana (x, y e z), com ao menos um extensômetro instalado em cada eixo. A figura 7 apresenta uma célula de carga de 20 kg.

Figura 7 - Célula de carga comercial

Fonte: Tesla (2017).

As células de carga são dispositivos com vasta aplicação em diversos ramos. Dentre as principais razões para a sua utilização estão a resposta confiável, baixo custo e dimensões reduzidas. Sendo assim, este dispositivo pode ser utilizado na medição dos produtos que serão dosados no sistema proposto neste trabalho.

2.2.3 *RFID*

Segundo (OLIVEIRA; PEREIRA, 2006) a tecnologia RFID consiste não em um produto isolado, mas num sistema como um todo, composto basicamente por dois componentes:

a) **Identificador:** também chamado de *transponder*, *tag*, *e-tag, RFID tag,* etiqueta eletrônica ou *smart tag*. É um dispositivo de identificação anexado ao item que se quer rastrear. Basicamente, há 2 tipos de *transponders*, os ativos que fazem uso de fonte de alimentação própria, e os passivos que utilizam a energia proveniente do dispositivo de leitura.

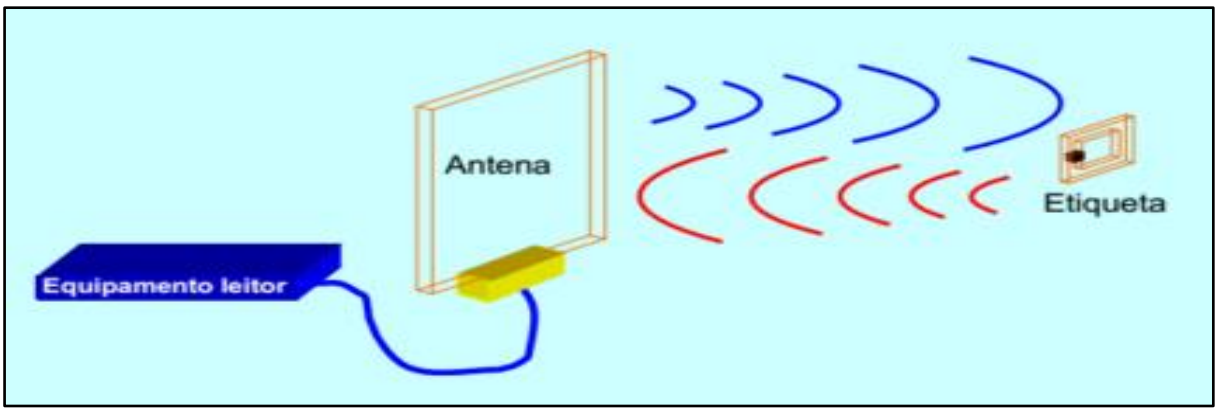
b) **Dispositivo de Leitura:** também chamado de *Transceiver,* é um dispositivo que consegue reconhecer a presença de identificadores RFID (*tags*) e ler as informações armazenadas neles.

A identificação por radiofrequência ou RFID (*Radio-Frequency Identification*), como é conhecido mundialmente, tem o princípio de funcionamento baseado em ondas eletromagnéticas por rádio. A tecnologia envolve a detecção (sensor) e o

transponder (etiqueta, chaveiro, cartão magnético, fita, entre outros) contendo a identificação. O leitor normalmente é um microprocessador ou então um computador capaz de processar os dados contidos no *transponder* e, com base nessas informações, tomar as devidas ações (BHUPTANI; MORADPOUR, 2005).

Basicamente, a comunicação RFID funciona da seguinte forma: O dispositivo leitor emite continuamente ondas eletromagnéticas em uma frequência fixa; a etiqueta, através de sua antena, recebe energia oriunda do leitor e, utilizando esta energia coletada, emite sinais de rádio em reação à incidência das ondas do leitor na mesma frequência (BONSOR; FENLON, 2007). A figura 8 representa a explicação do princípio de funcionamento.

Figura 8 - Principio de funcionamento da comunicação RFID.



Fonte: BHUPTANI; MORADPOUR (2005).

A exata frequência de operação de um sistema de RFID é escolhida conforme a aplicação, de modo que não cause interferência em comunicações sem fio na mesma área. Para os usos mais comuns, estão reservadas as frequências de 135 kHz, 13,56 MHz (padrão da ISO), 900 MHz e 2,45 GHz (BHUPTANI; MORADPOUR, 2005).

A empresa de padronização Auto-ID Center, do Instituto de Tecnologia do Massachussetts (MIT), desde 2003, trabalha em um sistema de padronização denominado EPC (*Electronic Produt Code*). Daí surge a rede EPC Global, uma espécie de cadastro geral de empresas e produtos de forma semelhante aos padrões de códigos de barras.

Quando uma etiqueta é interrogada, os dados de sua memória são recuperados e transmitidos. Quanto à memória das etiquetas, segundo (BHUPTANI; MORADPOUR, 2005), existem diferentes classificações:

- Somente leitura;
- Uma escrita e várias leituras;
- Gravação e leitura;
- Etiquetas sensoras, onde um circuito integrado atualiza as informações da memória de acordo com condições ambientais, por exemplo.

As memórias das etiquetas podem armazenar de 2 kB (passivas) a 32 kB (ativas) de informação, sendo os primeiros 96 bits reservados à especificação EPC Global. A EPC também determina quais frequências são utilizadas em diferentes aplicações.

De forma semelhante ao endereço de um dispositivo *Ethernet*, a especificação EPC é única a cada dispositivo e vem gravada pelo fabricante. Com uma identificação de 96 bits, há combinações para o cadastro de 268 milhões de fabricantes. Cada empresa pode ter 16 milhões de classes de objetos, com 68 bilhões de números de série em cada classe (MCCARTY, 2009).

Conforme (GLOVER; BHATT, 2007; RIBEIRO; SCAVARDA; BATALHA, 2007), há diversas categorias de aplicações RFID, dentre as quais: controle de acesso, registro de pallets e caixas, rastreabilidade, prateleiras inteligentes, etc. Em aplicações de controle de acesso, os identificadores RFID podem estar anexados em para-brisas de automóveis, ou embutidos em cartões e chaveiros, por exemplo.

No caso do controle de acesso de automóveis em garagens, quando o carro se aproxima da porta de acesso, o código do identificador RFID é enviado a um dispositivo de leitura, que por sua vez o encaminha a um computador para que este faça a análise dos dados e decida se a garagem deve ou não ser aberta.

Em virtude dos fatos mencionados, constata-se que a tecnologia RFID pode ser aplicada como ferramenta de identificação de animais, atendendo aos requisitos desta proposta. Explanados os sensores, a seção a seguir apresenta o estudo dos atuadores que serão utilizados na concepção do sistema proposto.

2.3 Motores Elétricos

Motores elétricos são equipamentos capazes de converter energia elétrica em energia mecânica rotacional, utilizando campos magnéticos. São amplamente utilizados em inúmeras aplicações do cotidiano, abrangendo praticamente todas as áreas residenciais, comerciais e industriais. Existem dois tipos básicos de motores: corrente alternada (CA) e corrente contínua (CC). Ambos utilizam as mesmas partes fundamentais, porém podem ser operados com dois tipos diferentes de fonte de alimentação (PETRUZELLA, 2013).

2.3.1 Motores CA

Os motores de indução com alimentação em corrente alternada e rotor gaiola de esquilo são os mais utilizados nas aplicações cotidianas, devido ao reduzido índice de manutenção e baixo custo de fabricação. O motor de indução é assim denominado por não existir aplicação de tensão em seu rotor (PETRUZELLA, 2013).

Basicamente, os motores CA são divididos em duas classes principais: monofásicos e trifásicos. Os motores trifásicos são construídos com três bobinas isoladas umas das outras, distanciadas internamente em 120 graus, produzindo um campo magnético girante. Enquanto que os motores monofásicos com potência de até 10 CV possuem somente uma bobina, sendo que a partida ocorre com o auxílio de um capacitor permanente (CHAPMAN, 2013). A figura 9 apresenta um motor monofásico com caixa de redução.

Figura 9 - Motor de indução monofásico 220 V com redutora acoplada.

Fonte: CHAPMAN (2013).

Para inverter o sentido de rotação em motores monofásicos é necessário apenas trocar a ligação nos terminais de alimentação do motor. Com o circuito desenergizado, deve-se trocar o condutor de alimentação do motor anteriormente ligado com fase pelo condutor neutro. O condutor fase deve ser ligado no terminal do motor anteriormente ligado ao neutro.

2.3.2 Motores CC

As máquinas de corrente contínua são amplamente utilizadas em aplicações onde se deseja variar a velocidade ou aplicar controle preciso no eixo de saída do motor, como por exemplo, aplicações em automóveis, aeronaves, motocicletas, entre outros (CHAPMAN, 2013).

Em virtude da quantidade de componentes ser maior, os motores CC costumam envolver um processo de fabricação mais complexo se comparado aos motores CA. Os motores CC de pequeno porte geralmente utilizam ímã permanente para fornecer campo magnético. O movimento de giro no eixo do equipamento é obtido através da comutação de corrente entre as bobinas no interior do motor (PETRUZELLA, 2013).

O princípio de inversão do sentido de rotação é similar ao procedimento aplicado no motor de corrente alternada. A figura 10 apresenta um motor CC, com alimentação 12 V, convencionalmente utilizado pela indústria automobilística.

Figura 10 - Motor CC alimentado em 12 V.

Fonte: Autor (2017).

Elucidados os sensores e os atuadores do sistema proposto, a seção a seguir apresenta o dispositivo controlador do sistema proposto. Conforme mencionado anteriormente, visando a elaboração de um equipamento de baixo custo para o produtor rural, adotou-se a plataforma Arduino, a qual é elucidada a seguir.

2.4 Arduino

O surgimento da plataforma de desenvolvimento Arduino foi concebida em 2005 e, desde então, foram fabricados e vendidos milhares de exemplares no mundo todo. Por se tratar de um projeto de fonte aberta e de fácil programação, o número de placas não oficiais provavelmente supera 1 milhão de unidades (MCROBERTS, 2013).

O Arduino é uma placa de desenvolvimento que consiste na utilização de um microntrolador para controlar e comandar diversas atividades, como por exemplo, ler entradas (sensores elétricos, sinal de sensores mecânicos, sinais analógicos, comunicação de envio, entre outros) e controlar saídas (acionamento de motores, válvulas, cargas resistivas, instrumentos, comunicação de recebimento, entre outros). As instruções são programadas através do *Software* Arduino IDE (*Integrated*

Drive Electronics) utilizando uma linguagem de programação específica da marca, semelhante a linguagem C/C++ (ARDUINO, 2017). A Tabela 1 apresenta um comparativo entre as placas mais conhecidas e comercializadas.

Tabela 1 - Comparativo entre características das placas Arduino.

Nome da Placa	**UNO**	**MEGA**	**LEONARDO**	**DUE**	**101**	**ZERO**
Entradas/Saídas Digitais	14	54	20	54	14	20
Saídas PWM	6	15	7	12	4	18
Entradas Analógicas	6	16	12	12	6	6
Tensão de Operação (V)	5	5	5	3,3	3,3	3,3
Corrente Máxima (mA)	50	50	50	800	280	140
Velocidade (MHz)	16	16	16	84	32	48
Processador (bits)	8	8	8	32	32	32
Memória flash (kB)	32	256	32	512	196	256
Memória SRAM (kB)	2	8	2,5	96	24	32

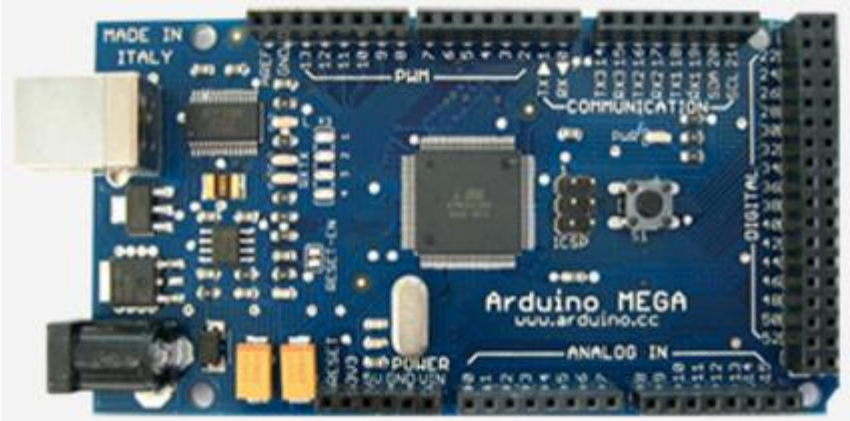
Fonte: Arduino (2017).

Conforme os modelos apresentados na Tabela 1, uma das plataformas mais famosas e utilizadas é o Arduino Mega 2560, que é baseado no microprocessador ATMEL ATMEGA 2560 e possui 54 entradas/saídas digitais e 16 entradas analógicas (podem ser utilizadas também como PWM). Alguns pinos possuem funções especializadas, especificadas a seguir:

- Serial (pino 0 e 1; 14 e 15; 16 e 17; 18 e 19): Aplicabilidade para receber e transmitir dados seriais. São conectados ao circuito conversor USB/Serial;
- Interrupções externas (pinos 2, 3, 18, 19, 20 e 21): podem ser configurados para disparar uma interrupção toda vez que ocorrer a mudança de estado nível alto (5V) para nível baixo (0V), ou vice-versa, priorizando a execução de um determina função no código.
- PWM (pinos 2 a 13 e 44 a 46): fornecem saída analógica com resolução de 8 bits;
- SPI (pinos 50, 51, 52 e 53): conexão utilizada para comunicação.

A figura 11 apresenta uma imagem da placa Arduino MEGA descrita anteriormente.

Figura 11 - Placa de desenvolvimento Arduino MEGA 2560.



Fonte: Arduino (2017).

As principais vantagens da plataforma Arduino são:

- Open *hadware* e *open software*: tanto o *hardware* quanto o *software* estão abertos na internet para quem quiser utilizá-los ou modifica-los;
- Custo/benefício: o valor de aquisição é inferior quando comparado a outras plataformas de desenvolvimento, e ainda pode ser montada pelo próprio usuário;
- Possibilidade de alimentação externa na ordem de 7 VCC a 12 VCC;
- Multiplataforma: o *software* foi elaborado para ser compatível com vários sistemas operacionais (Windows, Macintosh, OSX e Linux);
- Praticidade: ferramenta de fácil interface com o usuário e independente do tipo de microcontrolador/microprocessador utilizado, a forma de programar e transferir os dados para a placa é a mesma.

Sendo assim, a placa Arduino demonstra ser uma solução prática e viável para a implementação do controle proposto neste trabalho, tendo em vista o baixo custo e a disseminação deste produto no mercado, com a possibilidade de implementações futuras.

Entretanto, a placa Arduino por si só não contempla todos os requisitos deste projeto. Sendo assim, faz-se necessário o dimensionamento de placas de expansão com funções definidas, conhecidas como *Shields*, as quais serão especificadas no desenvolvimento deste trabalho.

2.5 Interface Homem Máquina (IHM)

A interface homem máquina (IHM) ou *Human Machine Interface* (HMI), são dispositivos utilizados para o monitoramento e gerenciamento de variáveis de processo. Normalmente são instaladas no chão de fábrica, próximo ao equipamento, em ambientes agressivos (MORAES; CASTRUCCI, 2014).

Uma IHM é composta geralmente por uma tela de cristal líquido sensível ao toque humano ou caneta *touch*, teclas de navegação e protocolo de comunicação estipulado pelo fabricante. A figura 12 apresenta a IHM Painel View Plus 6, desenvolvida pela Allen Bradley.

Figura 12 - Interface homem máquina *Painel View Plus* 6 da *Allen Bradley*

Fonte: *Rockwell Automation* (2017).

Dentre as inúmeras vantagens, as seguintes características enfatizam a sua aplicação:

- Interface amigável entre operador e sistema de automação;
- Eliminação de antigos painéis sinóticos;
- Aumento na capacidade de comando e controle;
- Fácil operação e manutenção.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O presente trabalho propõe o desenvolvimento de um tratador semiautomático de baixo custo para bovinos. O sistema analisado deve realizar a dosagem de rações em quantidades pré-determinadas e horários estabelecidos pelo produtor rural. Para tanto, a seção a seguir apresenta o cenário do local onde foi instalado o sistema proposto, identificando os principais problemas encontrados no trato de animais de forma manual.

3.1 Local da Instalação

A propriedade na qual se aplicou o projeto é composta por um território de 8,9 hectares, com endereço situado na localidade de Linha Schmidt Alta, interior do município de Westfália, Rio Grande do Sul. Dentre a quantidade total do território, 40% da área é coberta por mata nativa.

A agricultura na propriedade tem como foco principal a produção de terneiros de engorda para o consumo próprio. Além disso, a chácara também efetua o plantio e colheita de mato eucalipto, plantação e cultivo de árvores frutíferas, legumes, vegetais, entre outros.

De modo autossustentável, toda matéria prima verde utilizada para alimentar o rebanho, como por exemplo, pasto, milho, cana de açúcar, entre outros, é plantada e colhida ao longo de toda área disponível do local. A plantação é realizada em

lotes, de modo a realizar o revezamento nas áreas, evitando o desgaste e perca das propriedades do solo. A principal vantagem desta metodologia é garantir alimento verde durante as diferentes estações e condições climáticas ao longo do ano.

Salienta-se, contudo, que a energia elétrica disponibilizada pela concessionária ao imóvel é do tipo monofásica, ou seja, o dimensionamento dos componentes elétricos do sistema proposto considerou tal limitação. Além disso, o circuito de alimentação até o galpão é protegido por dispositivo de proteção contra surtos (DPS).

A seção a seguir apresenta a rotina atual de alimentação do rebanho, visando identificar os principais problemas encontrados na dosagem manual de produtos.

3.1.1 Rotina de alimentação do rebanho antes do sistema proposto

Anteriormente a instalação do sistema proposto, o rebanho era constituído por dois terneiros, um deles com dois meses e o outro com cinco meses de idade. Durante o trato os animais eram amarrados através de corrente em baias individuais. Importante salientar que os bovinos desta propriedade são abatidos para consumo próprio de carne. A alimentação dos animais é realizada em dois cochos, conforme ilustra a figura 13.

Figura 13 - Cochos de alimentação da propriedade rural.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O procedimento de alimentação era realizado de forma manual, ou seja, o trato era efetuado com o auxílio de caneca e balde para carregar a ração até os cochos dos dois terneiros, duas vezes ao dia. A primeira dosagem ocorre na parte da manhã, por volta das 07:00 horas e a segunda dosagem é realizada na parte da tarde, a partir das 17:00 horas, todos os dias da semana.

Para manter uma dieta equilibrada ao rebanho, são aplicados quatro tipos de rações: o farelo de trigo misturado com casca de soja, ração inicial, ração de crescimento e ração de engorda. As dosagens de ração representadas na tabela 2 são seguidas rigorosamente na alimentação dos animais presentes na fazenda desde os primeiros dias até o abate.

Os valores estipulados na tabela 2 foram atribuídos e melhorados através do acompanhamento do desenvolvimento dos animais no decorrer de várias terminações ao longo dos anos, sempre levando em consideração a relação custo/benefício e também ganho de peso de cada animal, conforme a raça, sexo e peso pretendido no abate.

Tabela 2 - Valores diários na alimentação do animal.

Descrição	**0 a 1 mês**	**1 a 3 meses**	**3 a 8 meses**	**8 a 18 meses**
Concentrado de leite em pó ou leite cru	5 litros	5 litros	-	-
Farelo de Trigo com casca de Soja	-	-	0,5 kg	1 kg
Ração inicial para terneiros	-	0,25 kg	-	-
Ração crescimento	-	-	0,5 kg	-
Ração de Engorda	-	-	-	1 kg
Silagem de Milho	-	-	4 kg	10 kg
Pasto verde (cana de açúcar, milho, azevém, aveia e capim elefante)	-	2 kg	4 kg	10 kg

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Para bezerros recém-nascidos, comprados de outros produtores, a alimentação é feita à base de leite cru ou concentrado de leite em pó. Diariamente, duas vezes ao dia, geralmente no mesmo horário que é realizado o trato dos demais

animais, cada filhote recebe a quantidade de dois litros e meio por trato, totalizando cinco litros ao dia.

Sem um sistema automatizado, a tarefa requer esforço físico do agricultor, que carrega baldes com os ingredientes várias vezes ao dia em um trajeto de cerca de 300 metros com escada até o galpão, sob as mais variadas condições climáticas ao longo do ano. Quando a família decide tirar férias ou viajar, é necessário contratar uma pessoa para realizar a atividade rotineira, tornando a tarefa com custo elevado.

Os bovinos estão prontos para o abate ao atingirem a idade de 18 meses. O abate é realizado na propriedade e toda a carne é destinada ao consumo próprio. O peso total da carcaça do animal, ou seja, sem os miúdos, couro e patas, permanece em média 245 kg.

Com o intuito de reduzir a atividade manual, o sistema proposto neste trabalho deve controlar a dosagem de ração sólida para bovinos. Sendo assim, conforme a Tabela 2, o produtor irá configurar e atualizar no equipamento as receitas envolvendo os produtos conforme a idade do animal.

3.2 Melhoria Proposta

Nas últimas décadas, o agronegócio vem sendo deixado de lado pelos jovens residentes em propriedades rurais, que na grande maioria das vezes preferem procurar emprego na cidade. Dentre os principais motivos pode-se citar o fato de que a atividade rural exige muito esforço físico, em alguns casos o relevo para cultivo é muito íngreme, as plantações com pouco acompanhamento especializado têm baixa rentabilidade, os custos com insumos absorvem boa parte da fatura, entre outros.

Sendo assim, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de dosagem de ração de baixo custo, comparado com os sistemas comercializados por empresas renomadas do setor. Uma das vantagens deste sistema é a padronização da alimentação, em horários programados, necessitando apenas a intervenção

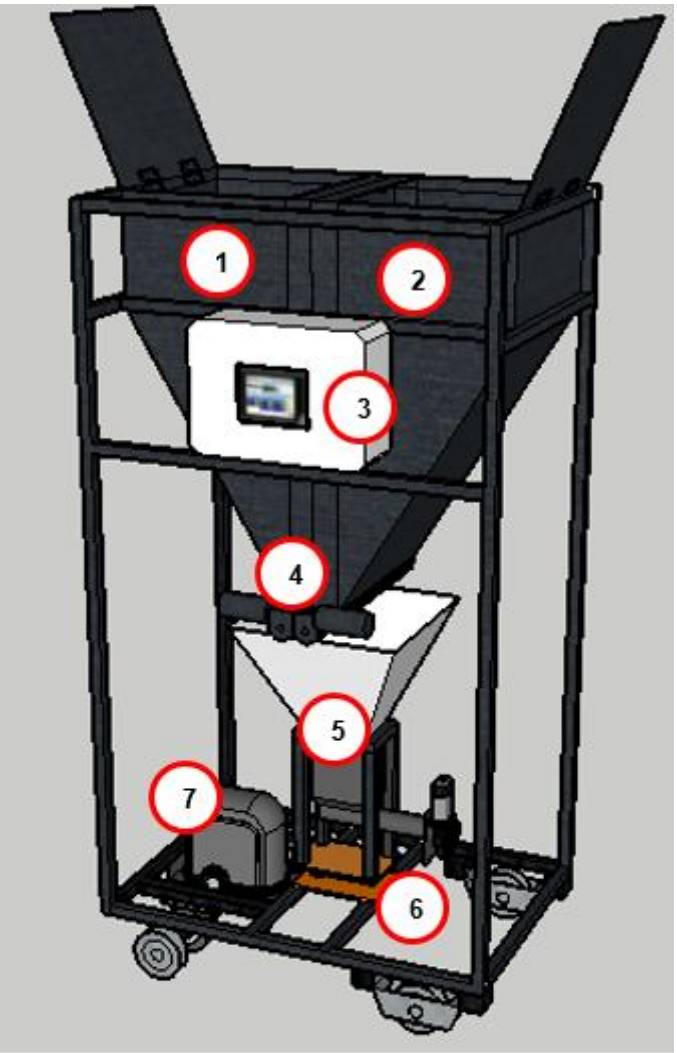
humana para o abastecimento do reservatório com o tipo de ração correspondente com a idade dos animais e a alteração da receita quando necessário.

O sistema deve controlar a alimentação dos bovinos em dois cochos individuais adjacentes. Inicialmente, a intenção era desenvolver uma estação de trato fixa, sendo que a alimentação seria realizada individualmente para cada terneiro através da identificação RFID fixa na orelha do animal.

Entretanto, analisando e planejando o sistema, chegou-se à conclusão de que seria mais viável a construção de uma plataforma móvel, abrigando os silos de dosagem, o motor deslocador, a balança de pesagem e painel de força e comando elétrico. Desta forma, ambos animais podem ser alimentados em curto período de tempo, reduzindo a ansiedade do rebanho, causada pela alimentação individual.

Outra vantagem na alteração do layout é a redução dos desperdícios. Caso o terneiro não consuma todo alimento no horário programado, o resto permanece no cocho no qual o outro terneiro não tem acesso. A figura 14 apresenta o protótipo do sistema proposto, identificando os principais componentes na sequência.

Figura 14 - Protótipo do sistema proposto



Legenda:

Item	Descrição
1	Silo de armazenagem da ração A
2	Silo de armazenagem da ração B
3	Painel elétrico com IHM
4	Roscas dosadoras de produto
5	Recipiente para dosagem
6	Balança (Células de Carga)
7	Sistema de movimentação do tratador

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A estrutura apresentada mostra todos os subequipamentos que compõem o projeto. No topo, existem dois compartimentos metálicos afunilados (1) e (2) que foram fabricados em chapas de ferro com espessura de 2 mm. Ambos os compartimentos possuem tampa de fechamento, tendo por finalidade evitar o acesso

de pragas que podem contaminar o alimento, como por exemplo, roedores, insetos e pombas.

A dieta de bovinos geralmente é composta por mais de um tipo de ração. Para atender essa demanda, optou-se em projetar um recipiente dividido ao meio, possibilitando abrigar dois tipos de rações separadamente. Além de ração, os silos podem, em eventos futuros, abrigar e dosar outros tipos de produtos, como por exemplo, silagem e suplementos.

O painel de comando (3) está instalado na parte frontal da estrutura, tendo por objetivo abrigar os dispositivos de controle e força do equipamento, sendo eles: o *Shield Tela Touch*, os *Shields Driver* de Motor, o *Shield RTC*, o *Shield* Relé de dois canais, a fonte reguladora de tensão 12 Vcc e ainda o Arduino Mega 2560.

A dosagem dos produtos presentes em cada silo de armazenagem é realizada por dois motores CC, um em cada silo (4), acoplados a uma rosca helicoidal direita, com diâmetro de 45 mm. As roscas helicoidais se tornam muito eficientes em aplicações que se deseja transportar rações de um ponto a outro. Neste caso, como a rosca é direita, o motor deve girar no sentido horário, forçando o alimento a se deslocar até o bocal de saída e consequentemente cair no recipiente de pesagem (5).

O recipiente de pesagem tem por finalidade armazenar a ração durante o período de pesagem da balança (6), que está instalada logo abaixo ao funil do recipiente. Nesta etapa, as peças foram dimensionadas utilizando-se materiais leves e resistentes, de modo a evitar que o peso total da tara permaneça acima do limite de peso da célula de carga, que neste caso é 20 kg.

Para contabilizar a quantidade de alimento destinada ao animal, cada ração será dosada, pesada e liberada no cocho individualmente, proporcionando ao produtor uma dieta em quantidades adequadas, evitando desperdícios. A liberação da ração ao cocho será realizada por um motor CC acoplado a um caracol com rosca direita, semelhante ao sistema instalado nos silos, porém com um percurso de rosca menor.

A movimentação de toda a estrutura até os pontos de abastecimento é feita por um motor CA (7) com redução de 1:22, igual ao utilizado em instalações de portão eletrônico. Este motor é uma opção de baixo custo e possibilita o deslocamento do tratador em uma velocidade adequada. Na ponta do eixo da redutora e também no eixo de tração da estrutura foi acoplada uma engrenagem com diâmetro de 80 mm, resultando no encaixe de uma peça sobre a outra, garantindo o avanço e retorno da estrutura sobre as baias dos animais.

A estrutura deve ser fixada sobre quatro rodas metálicas com apoio em formato “V”, sendo que duas delas permanecem apoiadas sobre a estrutura enquanto que as outras duas serão fixas no eixo de tração. A movimentação das rodas será realizada sobre duas cantoneiras metálicas no formato “L”, com diâmetro externo de 35 mm, distanciadas uma da outra em 460 mm.

As seções a seguir apresentam os componentes eletrônicos escolhidos para o desenvolvimento do sistema proposto.

3.3 Sensores aplicados

As seções a seguir apresentam os sensores dimensionados para esta proposta, justificando cada escolha conforme o embasamento teórico exposto.

3.3.1 Monitoramento de nível

Para monitorar o nível de ração presente em cada compartimento dos silos de armazenagem (itens 1 e 2 da figura 14), foram instalados dois sensores ultrassônicos no topo de cada compartimento. Em aplicações com Arduino, o sensor ultrassônico HC-SR04 é uma solução viável.

Conforme dados do fabricante, o componente é alimentado com 5 Vcc, dotado de um receptor e um emissor, instalados um ao lado do outro. A faixa de

alcance varia de 2 cm a 400 cm, com precisão de medição de até 3 mm (ARDUINO, 2017). A figura 15 apresenta o módulo do sensor ultrassônico para Arduino.

Figura 15 - Sensor ultrassom HC-SR04 para Arduino.

Fonte: Arduino (2017).

3.3.2 Sistema de Pesagem

A balança do equipamento é composta por uma célula de carga de 20 kg fixada sobre duas chapas de baquelite, uma na base inferior e outra na base superior, com espessura de 6 mm. O recipiente de pesagem, a estrutura de fixação e o motor elétrico foram instalados sobre a base de apoio da balança. Desta forma sendo pesados junto ao produto e após descontados do valor total, representando a tara de 4,95 kg. A figura 16 ilustra a balança adquirida.

Figura 16 - Balança com célula de carga de 20 kg.

Fonte: DIYmall (2017).

O sinal oriundo da balança, na ordem de 2 mV/V é amplificado pelo *Shield* conversor e amplificador operacional, conhecido como HX 711. O módulo possui um conversor analógico/digital de 24 bits, tendo por característica compensar as mudanças de temperatura. O dispositivo pode operar entre -20ºC até 85ºC, na faixa de tensão de 4,8 a 5,5 Vcc. Em sua saída é gerado um sinal compatível com o Arduino. A figura 17 apresenta o módulo HX 711.

Figura 17 - Módulo HX711

Fonte: DIYmall (2017).

3.4 Atuadores

As seções a seguir apresentam os atuadores dimensionados para esta proposta, justificando cada escolha conforme o embasamento teórico exposto.

3.4.1 Motor para Roscas Dosadoras dos Silos

Buscando uma alternativa eficaz e de baixo custo, optou-se em instalar em cada silo de armazenamento um motor CC acoplado a uma rosca helicoidal. O motor adquirido para o projeto é proveniente do sistema utilizado em limpadores de parabrisas na linha automotiva e tem as seguintes características:

- Tensão de operação 12 V;
- Rotação Nominal de 58 RPM;
- Consumo a vazio de 4,5 A;

- Consumo com carga de 12 A;
- Eixo com rosca M6;
- Redutora acoplada, com redução de 1:15;

3.4.2 Motor para Expedição do Produto

A instalação do motor nessa etapa do projeto requer alguns cuidados especiais. Além do baixo custo envolvido, o equipamento aplicado deve ter peso reduzido, influenciando o mínimo possível na tara da balança. O motor escolhido também opera em corrente continua, proveniente do sistema de movimentação do vidro em portas de automóveis. O equipamento apresenta as seguintes características:

- Tensão de operação 12 VCC;
- Rotação Nominal de 60 RPM;
- Consumo a vazio de 1,3 A;
- Consumo com carga de 4,5 A;
- Torque de 9,12 N/m;
- Redutora acoplada;

3.4.3 Motor para Movimentação do Tratador

O peso total da estrutura do alimentador sem os produtos dentro do silo permanece acima de 50 Kg. Para tanto, optou-se em aplicar a mesma solução utilizada na automação de portões eletrônicos. Trata-se de um motor CA com uma redutora com as seguintes características:

- Tensão de operação 220 VCA;
- Rotação nominal de 80 RPM;
- Consumo de 1,9 A;

- Potência de 420 W;
- Redutora acoplada com redução de 1:22;
- Capacitor permanente de 12 µF;

3.5 *Shields* Arduino

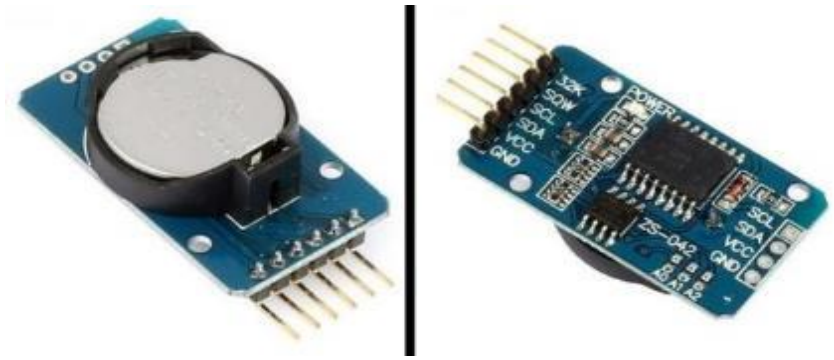
Diante das características apresentadas no capítulo 2.4 e tendo em vista que um dos requisitos deste projeto é o baixo custo, optou-se pela utilização de uma placa de desenvolvimento Arduino Mega 2560.

A placa Arduino possibilita também o acoplamento de periféricos, denominados de *Shields*, ou seja, placas de circuito impresso que aumentam a funcionalidade do Arduino de forma rápida, reduzindo o uso de condutores de interligação, de forma geral, agilizando a elaboração do projeto. Os *Shields* que compõem o desenvolvimento do projeto são explicados nos próximos tópicos.

3.5.1 *Shield RTC*

O *Shield RTC* (*Real Time Clock*), ou modulo de tempo real como é conhecido no Brasil, exibe informações de ano, mês, dia, horas, minutos e segundos. Além disso, comunica-se com o Arduino pelo protocolo I2C e tem internamente memória SRAM de 56 bytes. O layout do *Shield* pode ser observado na figura 18.

Figura 18 - *Shield RTC DS 3231* Arduino (frente e verso)



Fonte: Arduino (2017).

O circuito impresso é constituído de uma bateria de 3,3V que, em caso de falta de energia, armazena as informações mencionadas anteriormente. Correções de anos bissextos e meses com menos de 31 dias ocorrem automaticamente (ARDUINO, 2017).

O dispositivo é útil para garantir que não ocorra a perda da informação dos horários pré-programados em caso de falta de energia elétrica na propriedade.

3.5.2 *Shield* Tela *Touch*

A interface entre usuário e Arduino vem se tornando cada vez mais prática e eficiente, possibilitando controle e visualização entre humano e processo. Um exemplo disto é a IHM TFT 4.3” da empresa Nextion. O *software* gratuito Nextion *Editor* permite ao programador desenvolver uma interface de comando e supervisão na IHM, através de recursos gráficos como botões, textos, barra de progresso (NEXTION, 2017). A figura 19 apresenta a IHM TFT de 4.3” da Nextion.

Figura 19 - IHM Nextion modelo TFT 4.3”

Fonte: NEXTION (2017).

Através dela também é possível se comunicar com o Arduino com uma porta serial, reduzindo assim a quantidade dos condutores entre os hardwares. Além disso, a tela possui as seguintes características:

- Tela resistiva, sensível ao toque, TFT com resolução de 480 x 272 pixels;
- Tamanho 4.3”;
- Coloração RGB 65.000 cores;
- Memória Flash de 16 Mbytes;
- Memória RAM de 2 Kbytes;
- Suporte para cartão micro-SD. Utilizado para guardar informações do supervisório;

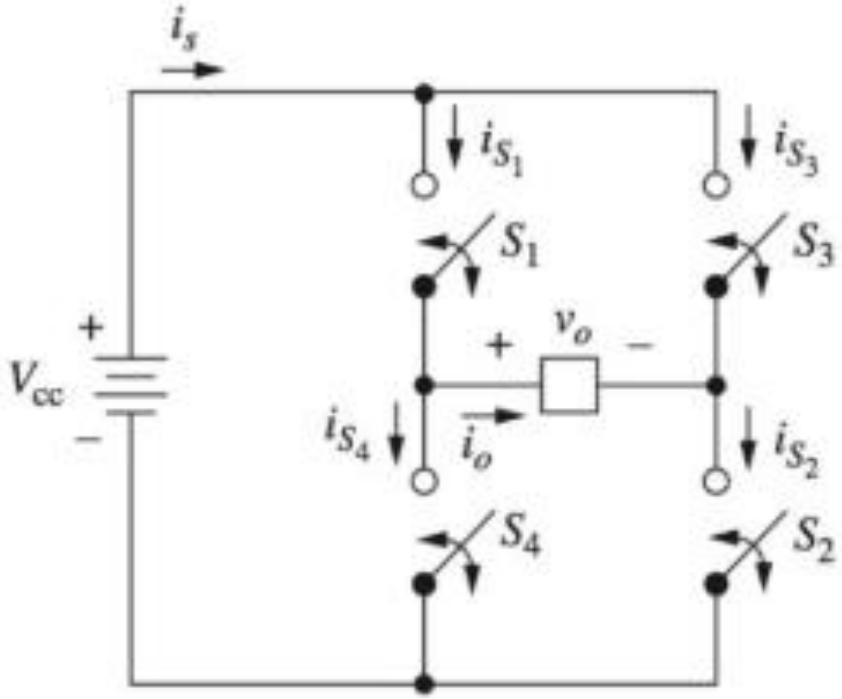
3.5.3 *Shield* Driver Motor

O Arduino MEGA suporta a corrente máxima de 50 mA em suas portas digitais. Os motores de corrente continua convencionalmente utilizados demandam uma corrente superior a esta. Para evitar avarias ou até mesmo a queima do Arduino, utiliza-se um *shield* driver de motor, também conhecido como ponte H.

A ponte H se resume na junção de quatro transistores e recebe esse nome devido ao circuito fazer alusão a letra “H”. O *Shield* realiza o chaveamento simultâneo de dois transistores (S1 e S2), fazendo com que o motor gire para um

lado. Caso deseja-se alterar o sentido de rotação, o circuito deve realizar o desligamento do par de transistores ativos e acionar simultaneamente o outro par (S3 e S4). A figura 20 demonstra princípio de montagem da ponte H junto com sentido da corrente (HART, 2015).

Figura 20 - Configuração da ponte H com giro horário e anti-horário



Fonte: HART (2015).

Os tempos de chaveamento dos transistores precisam ser controlados. A comutação das chaves S1 e S4 não podem ocorrer simultaneamente, nem S2 e S3. Caso forem ligadas em conjunto resultarão num curto circuito, danificando o *Shield*. Este módulo, além de acionar e controlar o sentido de rotação do motor permite o controle de velocidade através de PWM (*Pulse Width Modulation*), ou seja, modulação por largura de pulso em onda quadrada de frequência elevada (HART, 2015).

O *shield* ponte H IBT-2, compatível com Arduino, tem internamente instalado dois drivers BTS 7960 constituindo uma ponte H com capacidade para alimentar um motor DC com consumo de até 43 A. A figura 21 ilustra o driver de motor IBT-2.

Figura 21 - *Shield* driver de motor IBT-02

Fonte: INSTRUCTABLES (2016).

3.5.4 *Shield* Relé

O Shield relé é utilizado em aplicações que requerem o acionamento de cargas com tensão de alimentação de até 220 Vac, como por exemplo, motores, lâmpadas, eletrodomésticos, entre outros. A figura 22 exibe o módulo com dois canais de saída relé.

Figura 22 - *Shield* relé com 2 canais.

Fonte: Arduino (2017).

O módulo é compacto e confiável, com tensão de operação de 5V e corrente máxima de 20 mA. Cada relé é composto por três bornes, sendo eles o comum, normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF), suportando a tensão de 30 Vcc ou 220 Vac. São comercializados conforme a quantidade de relés, variando de um a dezesseis saídas relés.

Além do circuito de comando e força, a placa é composta por proteções: um optoacoplador, um transistor e também um diodo Zenner para cada canal, protegendo as portas do Arduino contra queima por sobre tensão ou até mesmo indução. O sinal de controle é na ordem de 5V, utilizando a lógica TTL.

3.5.4 *Shield* RFID

O *Shield* RFID (Radio Frequency Identification) destinado para aplicações no Arduino é o MFRC 522. A placa é composta por um circuito integrado capaz de realizar leitura e gravação de *transponders* (cartão, chaveiro ou etiqueta). A figura 23 apresenta o *shield* com os *transponders* mais conhecidos.

Figura 23 - *Shield RFID* MFRC 522 com etiquetas.

Fonte: Arduino (2017).

A tecnologia pode ser facilmente embutida em objetos dos mais variados formatos e tamanhos. A capacidade de armazenamento é de 2 Kb, podendo guardar diversas informações do proprietário, como por exemplo, endereço, nome e idade.

O módulo trabalha com a tensão de alimentação de 3.3 V, emitindo um sinal de frequência na ordem de 13.56 MHz. A comunicação entre microcontrolador do Arduino e *shield* é realizada por SPI.

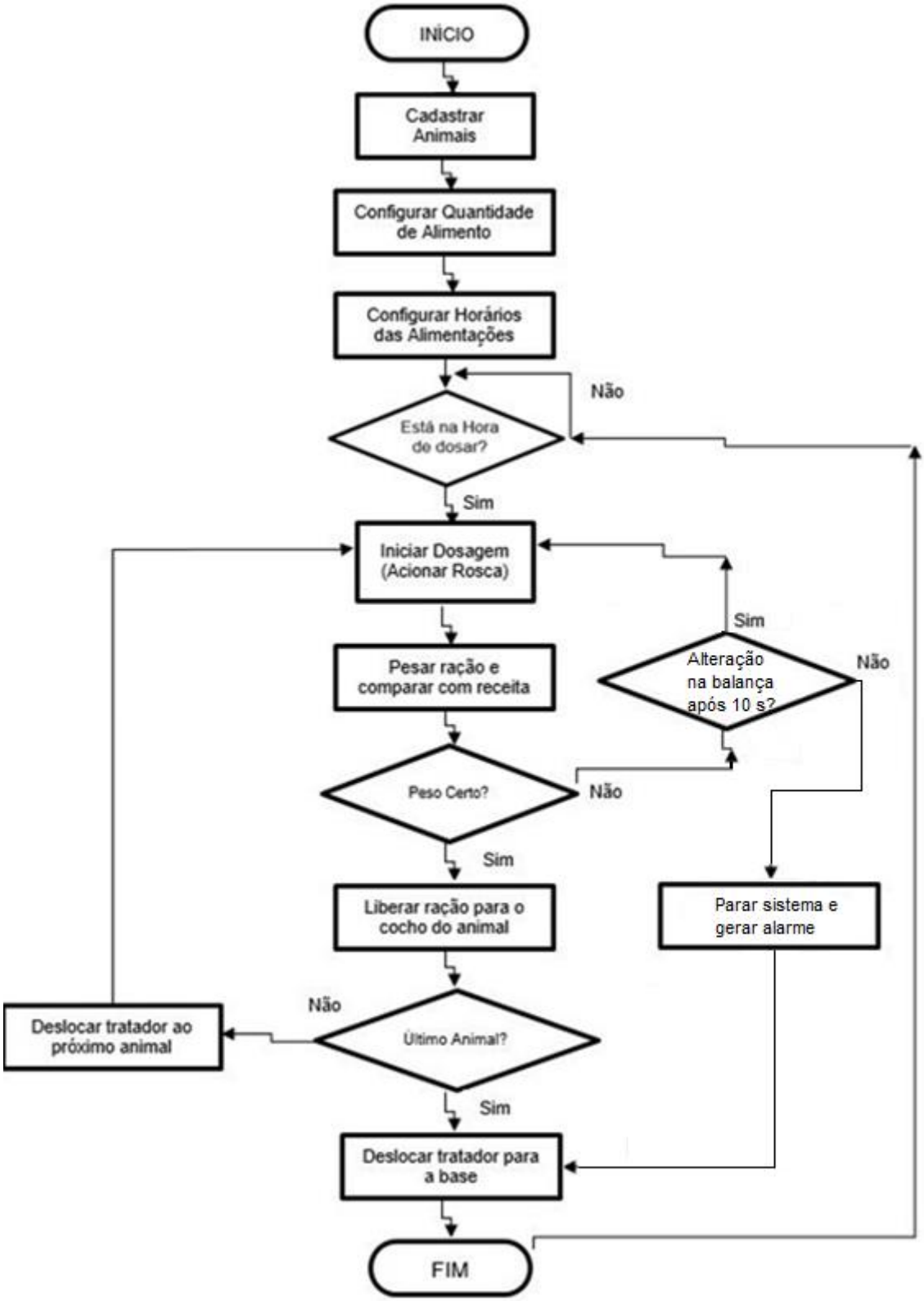
Analisando diversos tipos de sensores presentes no mercado, o *Shield* RFID MFRC 522 é uma solução eficaz e de baixo custo. A leitura do *transponder* é feita pelo *shield* a uma distância aproximada de 4 centímetros, da base do sensor ao objeto.

A aplicação no projeto consiste em comandar a movimentação do carrinho com o sistema de dosagem e pesagem. Além disso, identificar ao controle a baia correspondente aos dois terneiros que necessitam de alimentação. De momento a intenção é fixar o *transponder* com UID na estrutura do cocho, servindo apenas para identificação ao sistema.

3.6 Funcionamento do Protótipo

A sequência de comandos que o protótipo deve realizar através da futura lógica de controle está representada na figura 24.

Figura 24 - Fluxograma com a futura lógica de controle



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos durante a realização do presente trabalho. A seção 4.1 relata o histórico de desenvolvimento do sistema proposto. O item 4.2 apresenta o procedimento aplicado para concluir a instalação elétrica em todo conjunto. O item 4.3 disserta sobre as telas desenvolvidas na IHM. O item 4.4 apresenta as adequações necessárias para o correto funcionamento da estrutura mecânica na estrebaria. A seção 4.5 apresenta o sistema instalado e operante. Por fim, a seção 4.6 discute os benefícios resultantes após instalação e testes do equipamento a campo.

4.1 Histórico do desenvolvimento da estrutura do sistema

A montagem da estrutura mecânica é sem dúvida uma das tarefas mais desafiadoras na execução e implantação deste projeto. Como não existe nenhum equipamento idêntico no mercado, todas as peças precisaram ser dimensionadas e confeccionadas de acordo aos subequipamentos adquiridos para a operação do tratador.

A primeira etapa se resume na montagem do silo de armazenamento com tampas e uma divisória ao meio para abrigar os dois tipos de produtos a serem dosados. A construção foi realizada utilizando chapas de ferro com espessura de 2 mm, cortadas de acordo com as medidas indicadas no projeto.

As chapas adquiridas são “cruas”, ou seja, não possuem nenhum tratamento contra ferrugem. Após a conclusão da etapa de montagem de toda estrutura, torna-se necessário pintar todas as partes metálicas do tratador. A figura 25 apresenta o desenvolvimento inicial da construção da estrutura dos silos.

Figura 25 - Montagem do silo com dois compartimentos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Após concluída a montagem dos compartimentos do silo, a etapa seguinte contemplou a adaptação dos canos das roscas helicoidais no bocal de cada silo. Após fixação dos canos, iniciou-se a etapa de acoplamento das roscas aos motores. A tarefa de acoplamento apresentou algumas dificuldades, como por exemplo, fixação da rosca em forma de espiral na ponta do eixo do motor.

A figura 26 divulga a solução encontrada para acoplar as roscas aos motores DC e ainda fixar o conjunto ao silo, prevendo uma futura retirada das conexões em caso de avaria ou manutenção preventiva.

Figura 26 - Construção do acoplamento para os motores dosadores.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Concluída a tarefa de fixação dos motores, a etapa seguinte foi soldar a estrutura de sustentação de todo o conjunto. A fixação ocorreu por meio de cantoneiras de ferro. Nas barras verticais foram utilizadas cantoneiras de ½" do tipo "L". Na construção da base de apoio foram utilizadas cantoneiras de 1", também do tipo "L". A figura 27 apresenta a estrutura montada com os motores CC fixos no local de operação.

Figura 27 - Construção da estrutura com os motores acoplados.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Com a estrutura principal montada iniciou-se a fabricação da base de apoio para a célula de carga. Sobre ela foi instalada uma chapa de ferro, permitindo a fixação da estrutura de apoio para o recipiente de expedição. No primeiro momento utilizou-se o método de “guilhotina” para liberar a ração ao cocho. Porém, após alguns testes, constatou-se que não houve um escoamento adequado, sendo assim, obrigando a troca do mecanismo projetado por uma solução mais eficiente.

Analisando o funcionamento dos motores acoplados no silo, optou-se por utilizar um motor DC de menor porte acoplado a uma rosca parafuso sem fim. Da mesma forma, como descrito para as roscas dosadoras do silo, foi replicada uma solução semelhante ao recipiente de expedição. A figura 28 apresenta o mecanismo de expedição da ração ao cocho dos animais.

Figura 28 - Construção do sistema de expedição instalado sobre a balança.

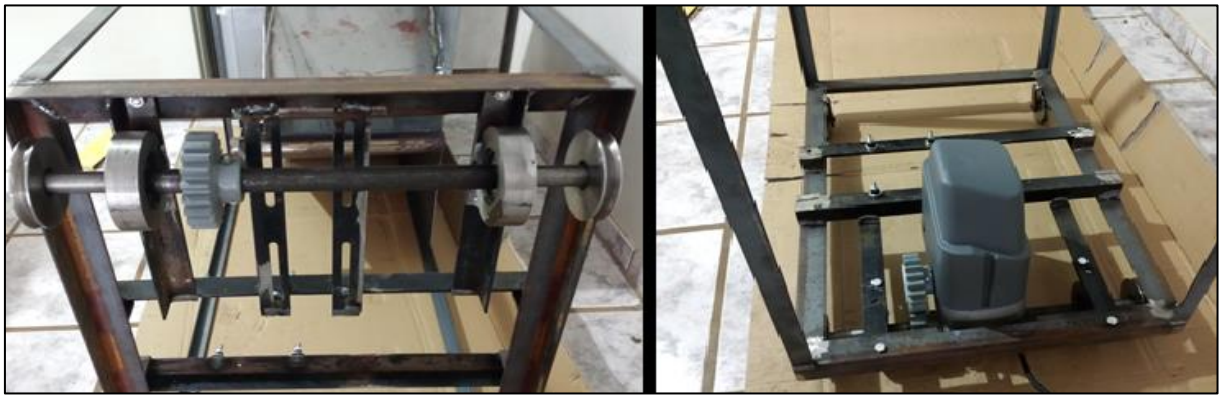
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O sistema de movimentação do tratador é composto por quatro rodas rolamentadas de aço com diâmetro externo de 80 mm em formato “V”. Duas delas têm o eixo fixado na parte frontal do carrinho. Na parte traseira, foram desenvolvidas duas buchas de apoio aos rolamentos, que entram em contato com o eixo maciço responsável pela tração do conjunto. As outras duas rodas foram fixadas no eixo maciço.

O acoplamento entre o motor CA e eixo foi realizada com a utilização de duas engrenagens, uma delas fixada ao eixo do motor e a outra fixada no eixo maciço do tratador. Visando futuras remoções, as peças e acoplamento foram fabricados de

modo a permitir a retirada. A solução desenvolvida para esta etapa pode ser visualizada na figura 29.

Figura 29 - Construção do mecanismo de movimentação do tratador.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Em seguida foi adquirido um painel elétrico para alojar todos os componentes de comando e força do equipamento. O painel foi fixado diretamente sobre o silo de armazenamento. A figura 30 apresenta o tratador semiautomático com todos os seus subequipamentos instalados.

Figura 30 - Apresentação completa do tratador com seus subequipamentos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Antes de receber a instalação das proteções, sensores e cabeamento, o sistema teve de ser todo desmontado para receber a etapa de pintura. Todas as peças foram lixadas e higienizadas para retirar o acumulo de sujidades e poeira. A próxima etapa consistiu em aplicar um fundo anticorrosivo para eliminar e prevenir futuros pontos de ferrugem em toda a estrutura.

Por fim, as peças recebem duas mãos de tinta, aumentando a vida útil das peças metálicas. A figura 31 apresenta o sistema montado após o processo de pintura.

Figura 31 - Apresentação completa do tratador após pintura.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.2 Instalações Elétricas

Para atender a necessidade de monitoramento, controle e atuação dos componentes do sistema, optou-se em realizar todas as ligações elétricas por meio de condutores elétricos com dupla isolação, minimizando assim os ruídos e possíveis interferências prejudiciais ao correto funcionamento do equipamento.

O ambiente onde está instalado o tratador requer cuidados especiais quanto à instalação do painel elétrico e sensores a campo. O principal inimigo aos componentes nesta aplicação é o excesso de poeira, esta que tem origem da movimentação da ração, do pasto dos animais, da limpeza da estrebaria e de demais atividades rotineiras do local.

4.2.1 Painel Elétrico de Força e Comando

No momento da instalação de todos os componentes no painel elétrico, alguns cuidados foram tomados para minimizar efeitos causados por ruídos e também para separar circuitos de comando e força.

Sendo assim, decidiu-se instalar o painel elétrico de comando e força na parte central do tratador, lugar estratégico, que facilita as ligações de comando, sinal e força. Com o intuito de organizar e proteger os componentes, as ligações elétricas de entrada e saída do painel, foram utilizados prensa cabos para fixar e isolar os componentes sensíveis do painel contra a poeira existente no meio externo. A figura 32 apresenta a vista frontal do painel elétrico.

Figura 32 - Vista externa do painel elétrico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

De frente para o painel, o lado esquerdo recebeu um disjuntor termomagnético de 16 A, curva B, para proteger a fonte chaveada contra curto-circuito ou sobre corrente. As ligações na tensão de 220 Vca foram mantidas entre o disjuntor e a fonte, visando separar ao máximo condutor com tensão alternada de condutor com tensão contínua.

Na parte superior do painel estão todas as entradas do tratador, ou seja, alimentação e sinal para os sensores de ultrassom, célula de carga, micros de segurança e sensor RFID. Visando uma solução econômica e prática, foram instalados conectores do tipo sindal, com a função de régua de bornes, facilitando a conexão entre os cabos e microcontrolador Arduino.

A parte inferior do painel recebeu as saídas do protótipo, sendo elas, os motores da rosca esquerda, rosca direita, expedição e motor do deslocador. Da mesma forma como para as entradas, utilizou-se conectores do tipo sindal, facilitando a conexão entre os drivers de motor e S*hield* relé.

Os demais espaços vagos do painel foram ocupados pelo *Shield RTC* e *Buzzer* no lado direito, ao centro está o microcontrolador e no lado esquerdo estão as placas de circuito impresso para estabilizar/reduzir a tensão de alimentação para o Arduino (9 Vcc) e Sensores (5 Vcc). A vista interna do painel elétrico pode ser observada na figura 33.

Figura 33 - Vista interna do painel elétrico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

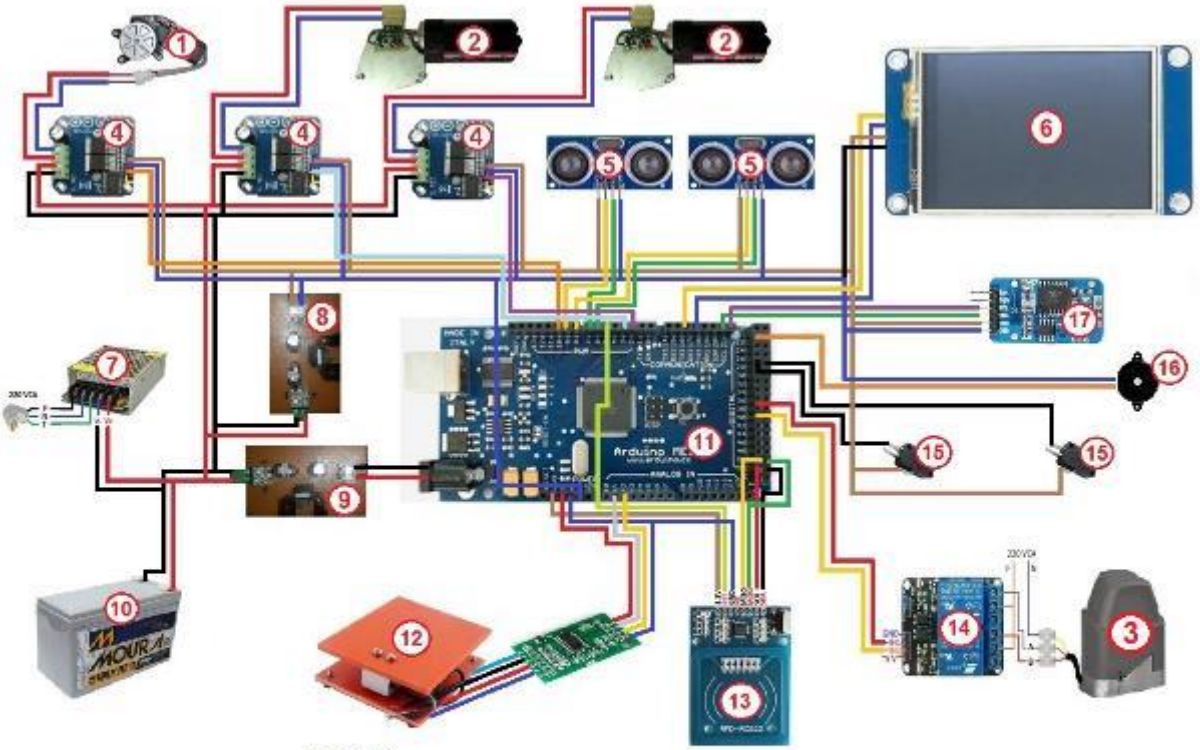
A lógica de programação desenvolvida e IHM possuem diversas variáveis fundamentais para o correto funcionamento do sistema. Notou-se que em eventual falta de energia da concessionária, o protótipo perdia todas as informações previamente cadastradas na IHM. Sendo assim, instalou-se uma bateria 12 Vcc, com capacidade para 7,2 A/h, interligada com os condutores de alimentação para as placas estabilizadoras/redutoras de tensão.

Conforme as simulações de queda de energia realizadas, a bateria manteve energizado o microcontrolador e todos os sensores do processo, garantindo o correto funcionamento após a retomada de energia da concessionária. Para manter a bateria sempre carregada, a tensão na fonte chaveada foi ajustada para 14 Vcc. O consumo medido para a tela, microcontrolador e sensores se manteve em 400 mA.

Nestas condições, uma bateria contendo 7.200 mA/h tem capacidade para manter os componentes energizados por até 18 horas. Além disso, a bateria auxilia ainda na estabilização da tensão. Em contrapartida, devido ao seu tamanho e peso, a bateria teve que ser instalada na base inferior do tratador.

Finalizada a instalação elétrica, iniciaram-se os testes e programação do código na plataforma de desenvolvimento Arduino. A figura 34 apresenta o diagrama completo com todas as ligações entre sensores, microcontrolador, *Shields*, micros, fonte, bateria, entre outros.

Figura 34 - Diagrama das ligações elétricas de todos os componentes.



Legenda:

Item	Descrição	Item	Descrição
1	Motor de Expedição	10	Bateria 12 Vcc
2	Motores das Roscas Dosadoras	11	Arduino Mega
3	Motor de Deslocamento	12	Balança 20 kg
4	*Drivers* de Motor	13	Sensor RFID
5	Sensores Ultrassom	14	Shield Relé
6	IHM	15	Chaves Fim de Curso
7	Fonte Chaveada	16	*Buzzer*
8	Estabilização/redução tensão 5 Vcc	17	Shield RTC
9	Estabilização/redução tensão 9 Vcc		

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.2.2 Proteções contra influências externas

Para o amplificador, instalado próximo a célula de carga, houve a necessidade de construção de uma proteção metálica, composta de uma tampa de inspeção no topo, fundo emborrachado e entrada e saída com prensa cabos. A figura 35 apresenta a solução desenvolvida para isolar o componente eletrônico da poeira.

Figura 35 - Proteções desenvolvidas para o amplificador da balança.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Para o leitor de cartões RFID, instalado no canto inferior direito do tratador, inseriu-se uma proteção em acrílico revestida com PVC flexível para isolar o sensor. Devido ao sensor trabalhar com tensão de 3.3 V, muito susceptível a ruídos, utilizou-se um cabo de 7 vias isoladas (sinal e alimentação) com malha de aterramento e isolação externa. A figura 36 demonstra a solução projetada e aplicada.

Figura 36 - Proteções para o *Shield* RFID.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os sensores de monitoramento de nível por Ultrassom também tiverem que receber uma proteção contra poeira. A solução encontrada se resume em deixar somente o emissor e receptor no ambiente, sendo que os demais componentes eletrônicos permanecem protegidos dentro de um encapsulamento de metal, com a entrada do cabo com os condutores fixa por um prensa cabos. A figura 37 exibe a proteção instalada.

Figura 37 - Proteções para os sensores ultrassom.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O motor CA utilizado nesta aplicação tem três condutores em seu enrolamento, sendo um deles o neutro, permanecendo sempre conectado ao motor. Os outros dois condutores definem o sentido de rotação para o motor, sendo energizados individualmente por meio do *Shield* Relé. Nestas condições, nunca pode ocorrer o acionamento simultâneo dos dois relés. Caso isso ocorrer, o motor pode sofrer danos sérios ou até mesmo queimar.

Mediante isto, foram inseridos fusíveis nos três condutores para proteger o motor contra danos causados pelo acionamento acidental durantes os testes. A figura 38 revela o local de instalação dos fusíveis de proteção para o motor CA.

Figura 38 - Local de instalação dos fusíveis de proteção.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

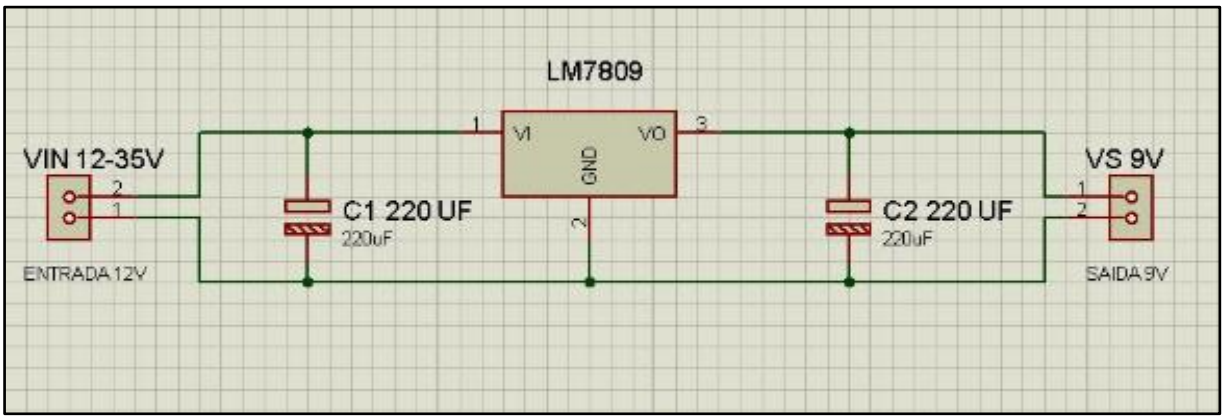
4.2.3 Estabilização da tensão de alimentação do Arduino

Nas proximidades de onde será instalado o sistema existe um picador de pasto, composto por um motor monofásico de 3 CV, alimentado por condutores com diâmetro de 4 mm². Do ramal de entrada da propriedade até o ponto de consumo deste motor são mais de 50 metros, ocasionando queda de tensão quando colocado em funcionamento nos horários de pico.

A placa de desenvolvimento Arduino suporta tensões de alimentação externas na ordem de 7 Vcc a 12 Vcc. Como os motores CC necessitam da tensão de 12 Vcc para operação, foi adquirida uma fonte chaveada alimentada com a tensão 110/220 Vca com saída em 12 Vcc, corrente máxima de 30 A.

De modo a precaver reinicializações do Arduino devido a possíveis oscilações na tensão, optou-se em implantar um circuito impresso com um regulador de tensão, alimentado na tensão de 12 Vcc com saída em 9 Vcc. Foram inseridos dois capacitores de 220 µF ao circuito, um antes do regulador e outro depois dele, ambos com a finalidade de criar um filtro de linha. A figura 39 apresenta o diagrama do circuito elaborado no *software* Proteus.

Figura 39 - Diagrama unifilar desenvolvido com *Software Proteus*

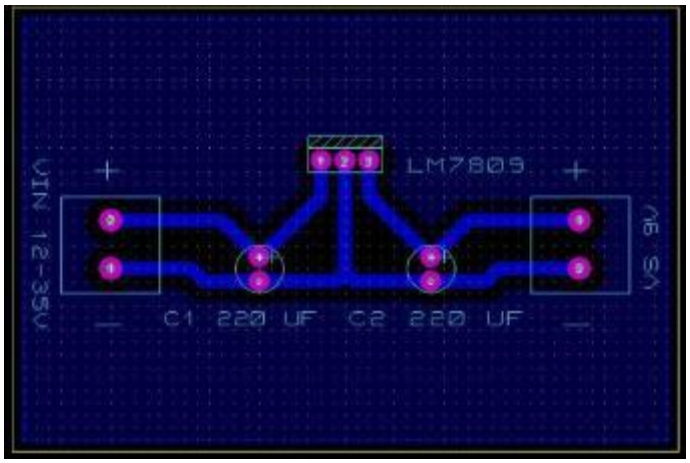


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

De modo a acomodar todos os componentes eletrônicos, foi definido o tamanho físico da placa de circuito impresso. Em seguida, a placa com as medidas reais foi desenhada no *software Proteus*. Este por sua vez se encarregou de posicionar automaticamente os componentes na área da placa e ainda posicionar as

trilhas de cobre de acordo com o diagrama unifilar elaborado após receber o comando “*auto router*”. A figura 40 ilustra o *layout* desenvolvido.

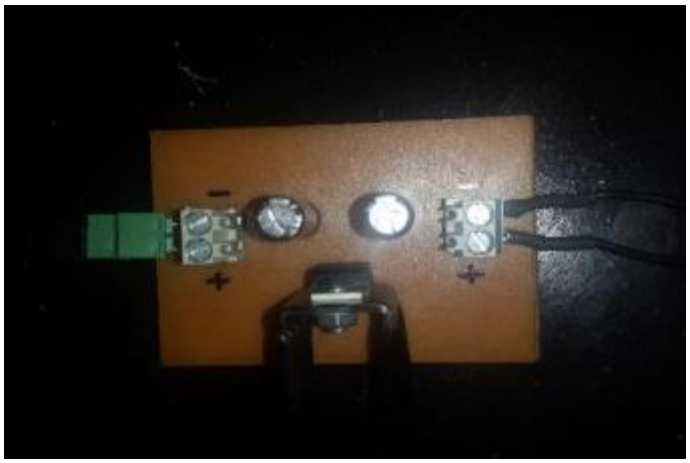
Figura 40 - *Layout* desenvolvido no *software Proteus*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A figura 41 revela a placa concluída após o processo de dimensionamento, impressão, corrosão e soldagem dos componentes na placa de circuito impresso. Conforme *datasheet* do regulador LM 7809, a corrente máxima suportada é 1 A, atendendo aos requisitos mínimos da placa de desenvolvimento.

Figura 41 - Placa de circuito impressa do regulador de tensão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

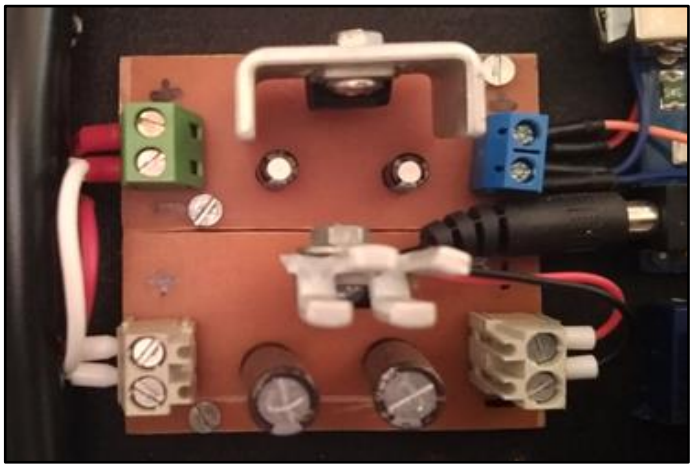
Após montagem, os resultados obtidos nos testes foram satisfatórios, sendo que a tensão se manteve estabilizada em 9 Vcc, garantindo o perfeito funcionamento do Arduino operando em conjunto com o picador de pasto.

4.2.4 Estabilização da tensão de alimentação dos sensores

Com o objetivo de atender a tensão 5 Vcc e corrente máxima de 1A para todos os sensores e IHM, optou-se em implantar um circuito impresso com um regulador de tensão LM 7805, alimentado na tensão de 12 Vcc com saída em 5 Vcc. Foram inseridos dois capacitores de 100 µF ao circuito, um antes do regulador e outro depois dele, ambos com a finalidade de criar um filtro de linha.

Da mesma forma como foi descrito na etapa 4.2.3, o circuito de estabilização para a tensão de alimentação dos sensores 5 Vcc também foi dimensionado e simulado no *software* Proteus. Após, foi desenvolvida a placa de circuito impresso e, finalizada a soldagem dos componentes, a placa foi testada em bancada. A figura 42 apresenta as duas placas finalizadas e instaladas no painel elétrico.

Figura 42 - Placa reguladora de tensão 5 Vcc (acima) e 9 Vcc (abaixo).



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.3 Interface Homem Máquina

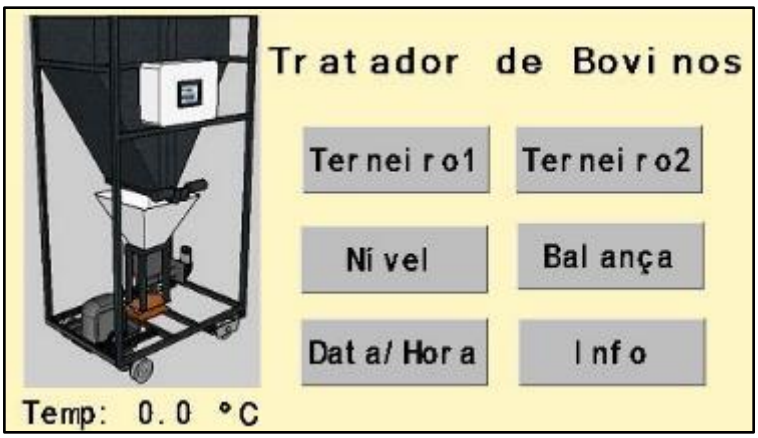
Em conjunto com a elaboração do código de programação em Arduino, criou-se a plataforma de comunicação entre produtor rural e máquina, denominada de IHM. O desenvolvimento ocorreu por meio do *Software Nextion Editor V0.50*, disponibilizado gratuitamente no site do fabricante ITEAD. A ferramenta permite

inserir botões, gráficos, figuras, textos, barra de progresso, entre outros. Além disso, é possível compilar e simular a parte gráfica e funcional elaborada.

4.3.1 Telas de Operação

No primeiro momento foi elaborado o menu principal, contendo botões de acesso para as telas de cadastro para os dois terneiros, o nível em cada silo, a medição de massa na balança, o cadastro dos horários de dosagens e, por último, o contato do responsável pelo projeto. A figura 43 apresenta a tela do menu principal.

Figura 43 - Tela principal do tratador de bovinos.

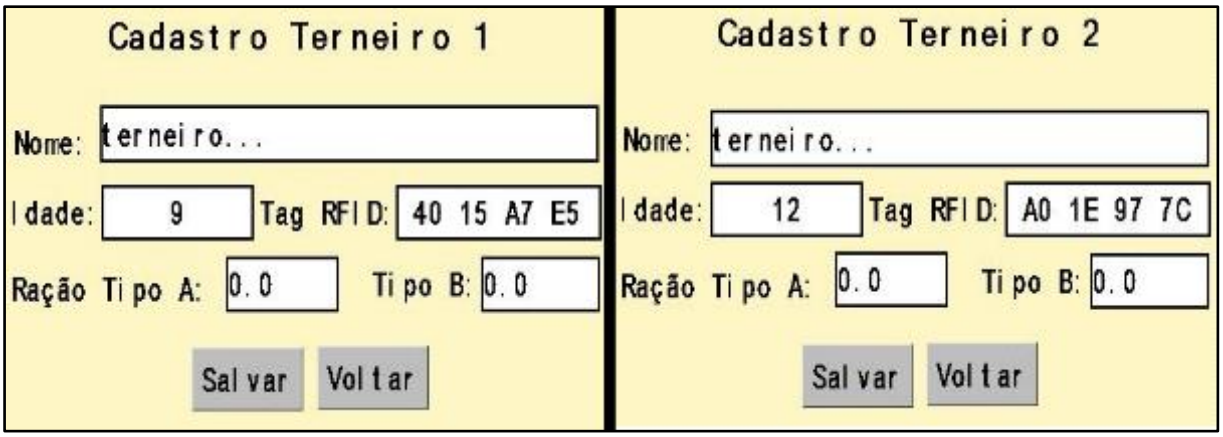


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A tela de cadastro para o Terneiro 01 e Terneiro 02 contém informações importantes de cada animal, sendo elas: nome e idade do animal, o tag RFID presente em seu cocho e ainda a quantidade em kg das rações do silo A e silo B.

Foram inseridos dois botões nesta tela. O primeiro denominado “Salvar”, tem a função de armazenar todos os dados inseridos nos campos de preenchimento da tela na memória do microcontrolador Arduino. O segundo botão denominado “Voltar”, tem a função de retornar ao menu principal da IHM. A figura 44 apresenta a tela de cadastro de ambos os terneiros.

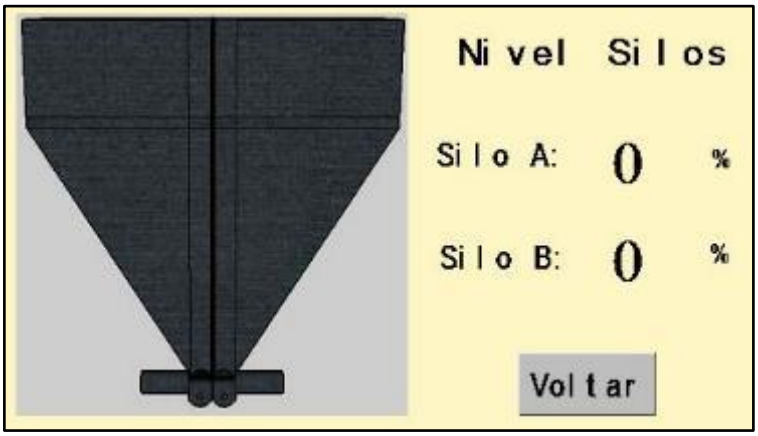
Figura 44 - Telas de cadastro para os animais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A próxima seção elaborada foi a tela denominada de Nível, possibilitando ao produtor rural monitorar o nível de ração presente em cada silo do tratador. A representação da unidade é em porcentagem. A figura 45 ilustra a parte gráfica desenvolvida.

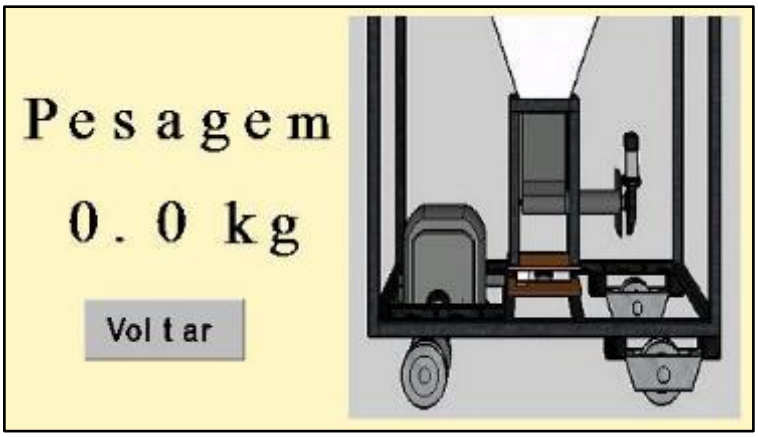
Figura 45 - Tela de monitoramento de nível dos silos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Da mesma forma, criou-se uma tela para monitorar a quantidade de ração presente no funil acoplado a célula de carga do equipamento. A unidade de medida é kg e o valor da tara é descontado automaticamente pela calibração inicial atribuída. A figura 46 ilustra a tela de monitoramento da massa presente.

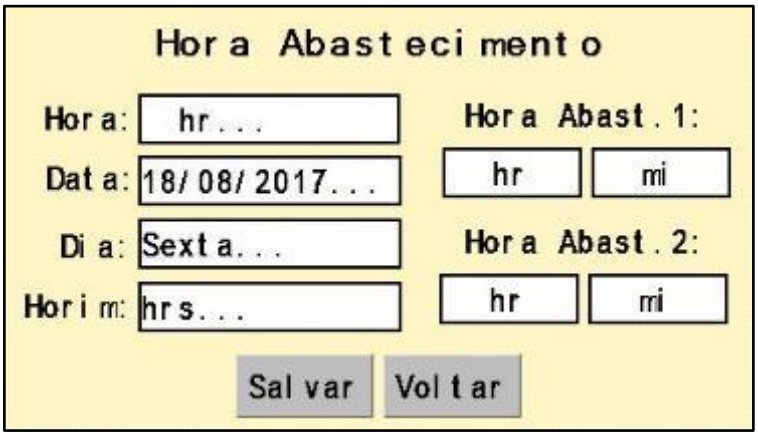
Figura 46 - Tela de exibição da variável da balança.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A tela de cadastro dos horários de dosagem exibe as informações de data, hora, dia da semana e horímetro. Além disso, contempla os campos de preenchimento para os dois horários de abastecimento para o rebanho. A figura 47 apresenta a tela finalizada.

Figura 47 - Tela de cadastro dos horários de abastecimento.

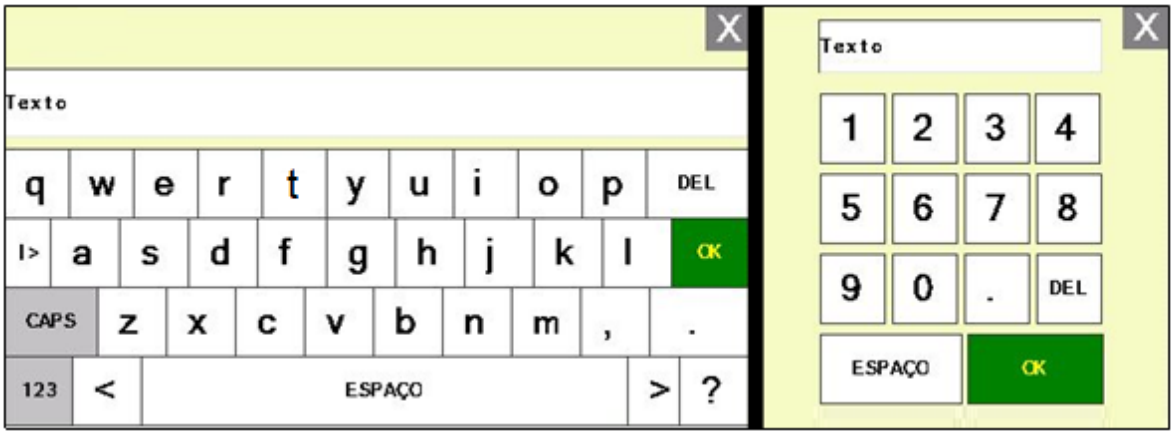


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Em toda aplicação gráfica desenvolvida, existem ao todo 14 campos de edição, ou seja, locais onde o usuário deve inserir informações para o tratador funcionar corretamente. Para os campos que requerem apenas números, foi elaborado um teclado numérico. Em campos de edição, onde é permitido uma mensagem contendo texto e números, foi elaborado um modelo de teclado contendo ambos caracteres.

Os campos de edição possuem ainda uma limitação de quantidade e tipo de caracteres, evitando erros de digitação do usuário. A figura 48 exibe os dois tipos de teclados presentes na solução.

Figura 48 - Tela exibindo os teclados *Qwerty* desenvolvidos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

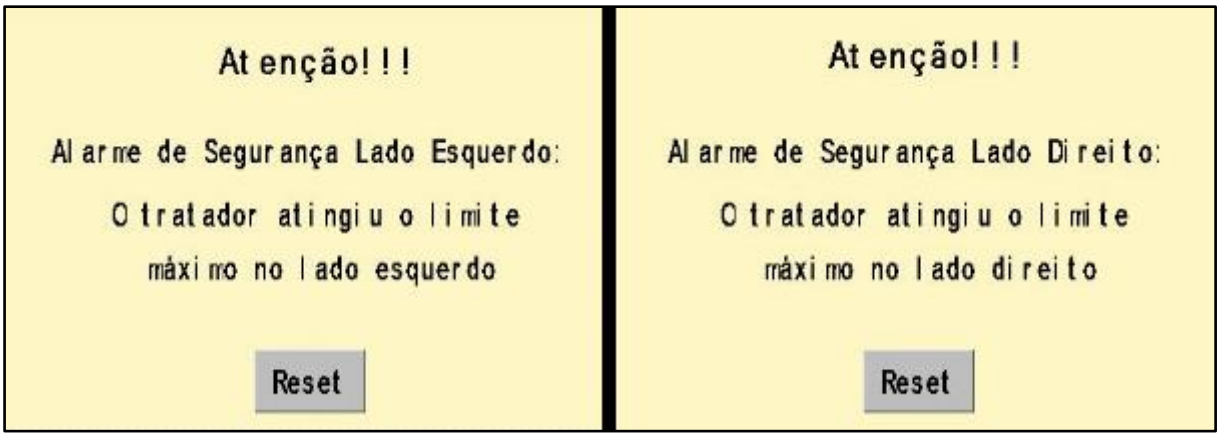
4.3.2 Telas de Avisos e Alarmes

Para facilitar o entendimento de alguma possível falha no sistema, foram criadas telas especificas para cada evento que possa ocorrer. Quando necessário, as telas são chamadas pelo programa presente no Arduino e exibidas na IHM.

Com o intuito de garantir a segurança, o sistema desenvolvido possui chaves fim de curso de segurança instalados na frente (direita) e na traseira (esquerda) da estrutura. Caso o *shield* RFID não detectar nenhuma etiqueta durante o deslocamento do equipamento, as chaves fim de curso limitarão o percurso, gerando um alarme e invertendo o sentido de rotação do motor CA, fazendo com que a estrutura volte à base.

Caso o sistema não detecte a base no retorno, o sistema será interrompido, gerando um novo alarme e obrigando uma intervenção do usuário. A figura 49 apresenta as telas de exibição durante a ocorrência destes eventos citados.

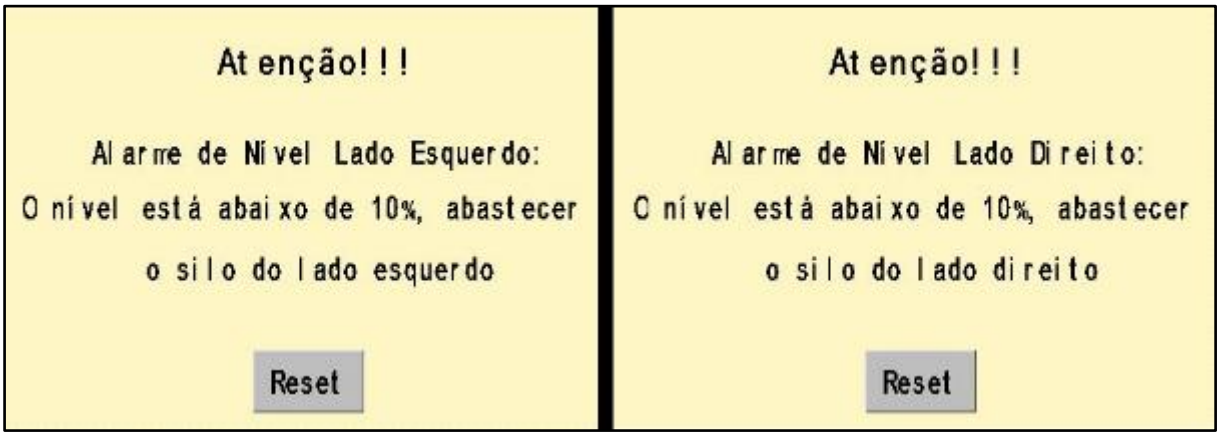
Figura 49 - Telas de alarme para acionamento das chaves fim de curso.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Da mesma forma, foram criadas telas de alarme para o nível baixo nos reservatórios do lado esquerdo (silo A) e também lado direito (silo B). O alarme é gerado quando o compartimento apresentar nível igual ou inferior a 10%. A figura 50 apresenta a tela de notificação para ambos os casos.

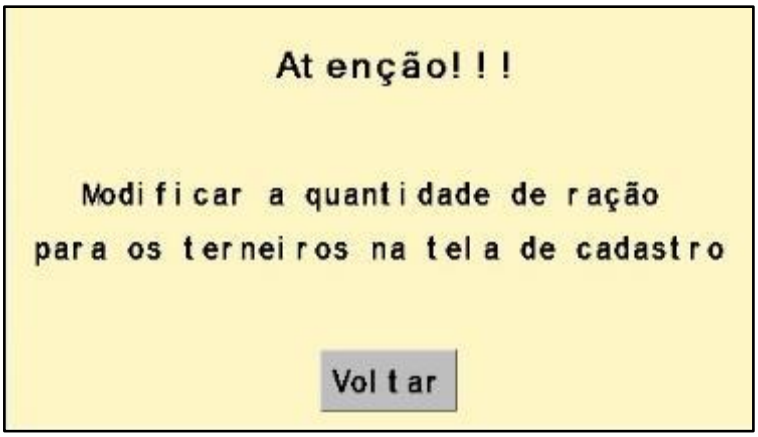
Figura 50 - Telas de alarme para notificação de nível baixo nos silos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Conforme os animais vão envelhecendo, existe a necessidade de aumentar a quantidade de ração a ser dosada por cada compartimento durante os horários de alimentação. Para isso, foi criada uma tela de aviso para o produtor modificar as quantias de ração para os animais cadastrados. A figura 51 apresenta a tela desenvolvida.

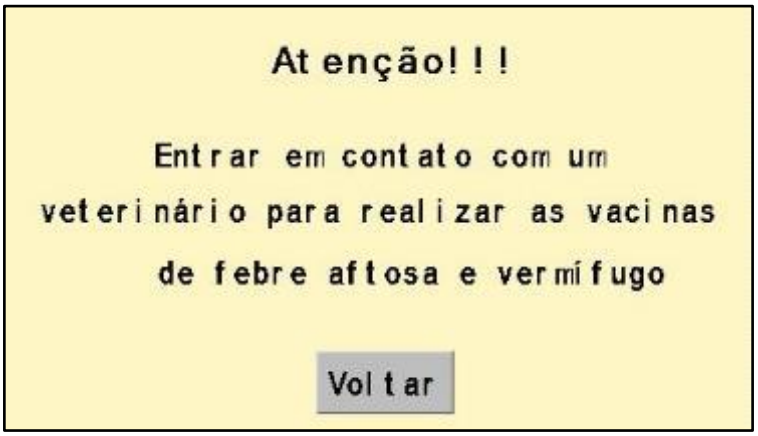
Figura 51 - Tela de aviso para modificar quantidade de ração.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Outro aviso importante que a interface apresenta ao produtor é sobre a necessidade de programar as vacinas para o rebanho. Anualmente, é necessário aplicar a vacina de febre aftosa e ainda a vacina vermífuga para cada animal. A figura 52 apresenta a tela desenvolvida para esta ocasião.

Figura 52 - Tela de aviso para realização de vacinas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Visando a importância de um plano de manutenção preventiva, foram elaboradas duas telas de aviso, uma delas de verificações no sistema e a segunda de revisão preventiva no conjunto. As verificações podem ser realizadas pelo próprio produtor rural. A revisão é uma manutenção mais complexa, e o aviso sugere que o produtor entre em contato com o fabricante para a realização. A figura 53 apresenta as telas de aviso para ambas às manutenções.

Figura 53 - Telas de aviso para manutenções preventivas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A última tela do sistema, acessada através do menu principal, contém as informações do fabricante e telefone de contato, possibilitando suporte técnico ao produtor durante o horário comercial. A figura 54 apresenta a tela desenvolvida.

Figura 54 - Tela do contato do fabricante.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.4 Adequação da estrutura na estrebaria

Para receber o tratador semiautomático, algumas alterações precisaram ser realizadas na estrutura da estrebaria. Com o objetivo de suportar o peso do tratador, foram instaladas duas travessas de madeira na horizontal, abrangendo o comprimento total do percurso que é de 6 metros. Uma das travessas foi fixada nos

pilares centrais do galpão, a outra foi fixada nas escoras de sustentação das divisórias de cada cocho dos animais.

Além disso, foram pregadas tábuas ao longo de todo o curso do tratador e também limitadores de posicionamento da cabeça dos ruminantes em cada baia. Estas, com a finalidade de evitar contatos acidentais dos animais atraídos pela curiosidade. Na figura 55 podem ser observadas as alterações feitas no local.

Figura 55 - Adequação realizada na estrutura do galpão

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os cartões RFID, que são utilizados para identificar o animal presente no cocho, foram fixados nas tábuas laterais através de suportes ajustáveis em aço inox. Estas peças fixam o cartão no local e permitem ajustes para encontrar a posição ideal para o leitor RFID detectar o cartão e parar o tratador acima da baia do animal correspondente.

Apesar de todos os cuidados tomados com ruído, surgiram alguns problemas no meio de comunicação SPI (*Serial Protocol Interface*), utilizado pelo *Shield* Cartão SD e também pelo *Shield* RFID. Devido à distância entre o microcontrolador e módulo ser acima de 1 metro, ambos dispositivos não funcionaram em conjunto no

modo mestre/escravo. Sendo assim, decidiu-se utilizar somente o *Shield* RFID, que é fundamental para o processo.

Pelo fato do tratador se mover nos trilhos, houve a necessidade dos condutores de alimentação 220 Vca do sistema acompanharem o equipamento em seu deslocamento horizontal. A solução implementada consiste em fixar uma das extremidades do cabo de aço em um olhal metálico fixo na estrutura do galpão. Na outra extremidade do cabo está fixo um esticador parafusado em outra estrutura da estrebaria.

Confeccionaram-se dez olhais metálicos com dois diferentes diâmetros. A parte superior de cada peça, com diâmetro maior, é inserido o cabo de aço. Na parte inferior, de menor diâmetro, é atravessado e fixado o cabo elétrico. Após esta etapa, foi realizada a fixação do cabo de aço no esticador e feito o seu tensionamento. O guia tensionador e também o condutor elétrico preso nele podem ser observados na figura 56.

Figura 56 - Guia do condutor elétrico 220 Volts.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.5 Instalação do Sistema

Após realizar todas as adequações no local, testar os componentes mecânicos e elétricos e analisar o comportamento do sistema, com base na lógica

desenvolvida, o equipamento foi fixado na estrebaria. A Figura 57 apresenta o equipamento instalado e operante.

Figura 57 - Equipamento instalado e operando.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A Figura 58 apresenta o momento em que um dos produtos é dosado no primeiro cocho de alimentação. Nesta imagem é possível constatar que o animal está protegido de qualquer contato com o equipamento, além de comprovar a eficácia do sistema de dosagem.

Figura 58 - Equipamento dosando ração.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A seção a seguir apresenta os benefícios obtidos a partir da utilização do sistema proposto neste trabalho. Os testes foram realizados nos meses de outubro e novembro de 2017, validando a sua utilização por parte do produtor rural, o qual recebeu um breve treinamento de configuração e operação por parte do desenvolvedor.

4.6 Benefícios com o Equipamento

As seções a seguir apresentam todos os benefícios alcançados após a validação do sistema proposto neste trabalho.

4.6.1 Redução do Esforço Físico

O principal objetivo que alavancou a construção do tratador de bovinos foi a redução do esforço físico de carregar o balde contendo a ração pelo agricultor de 70 anos até as baias de cada animal, duas vezes ao dia, em dois horários, um deles pela manhã e outro ao final do dia.

Após concluída a etapa de testes e ajustes, os resultados obtidos foram satisfatórios, pois o equipamento realiza as dosagens nos horários previamente cadastrados, de forma automática. Eliminando o esforço físico e também a necessidade do produtor estar presente no galpão na primeira hora do dia ou então ao anoitecer, como era feito na rotina anterior.

A única tarefa que ainda requer esforço físico é a reposição de ração aos silos do tratador, que pode ser feito pelos filhos ou então com o auxílio de uma talha manual. Recomenda-se colocar no máximo 15 kg de ração em cada compartimento do equipamento. A autonomia do tratador pode ser calculada de maneira bem simples. Por exemplo, se a quantia total presente no silo for de 15 kg e cada dosagem representar 0,5 kg, o sistema possui autonomia de 14 dias. Outra forma de descobrir o momento exato de abastecer é acompanhar o nível de ração dos silos na IHM.

4.6.2 Solução de baixo custo

Um dos objetivos iniciais deste projeto foi desenvolver uma solução de baixo custo ao produtor rural de média/baixa renda. Tendo em vista as soluções semelhantes existentes no mercado, citadas no capítulo 2.1.2, o projeto executado atendeu as necessidades, proporcionou diversos conhecimentos e teve um custo relativamente baixo.

Com o constante avanço da tecnologia e também com o aumento da qualidade de vida do homem do campo, o produto desenvolvido tem grande possibilidade de ser produzido em escala futuramente. Oportunidade que pode ser

observada através do interesse demonstrado pelas pessoas que em algum momento viram ou acompanharam as etapas de construção deste projeto.

De modo a organizar e prever os valores gastos com a construção, instalação e mão de obra terceirizada, a Tabela 3 apresenta a descrição, quantidade, valor unitário e total de todos os materiais e equipamentos designados para utilização na execução do trabalho proposto.

Tabela 3 - Valor dos materiais adquiridos para o projeto.

Descrição	**Qde**	**Valor Unitário (R$)**	**Valor Total (R$)**
Motor DC 12 Vcc, 1.3 A, 9,12 N.m	1	R$ 35,00	R$ 35,00
Arduino MEGA 2560	1	R$ 23,60	R$ 23,60
Motor DC 12 Vcc, 4,5 A, 58 RPM	1	R$ 50,00	R$ 50,00
Fonte chaveada 220/12 Vcc, 30 A	1	R$ 69,00	R$ 69,00
Chapas, estruturas metálicas e pintura	-	-	R$ 797,15
Eixo maciço Φ 22 mm x 60 cm	1	R$ 9,00	R$ 9,00
Engrenagem para portão Φ 80 mm	2	R$ 15,00	R$ 30,00
Motor portão eletrônico 220 Vca	1	R$ 211,80	R$ 211,80
Painel Elétrico	1	R$ 134,75	R$ 134,75
Materiais elétricos (cabos, prensa cabos)	-	-	R$ 74,30
Shield RTC	1	R$ 3,07	R$ 03,07
Shield RFID	1	R$ 9,47	R$ 09,47
Ponte H IBT-2 de 43 A	3	R$ 28,96	R$ 86,88
IHM Nextion 4.3”	1	R$ 129,22	R$ 129,22
Célula de carga 20 kg com amplificador	1	R$ 86,87	R$ 86,87
Shield Relé 2 canais	1	R$ 12,90	R$ 12,90
Bateria 12 Vcc	1	R$ 93,50	R$ 93,50
Sensor Ultrassônico HC-SR 04	2	R$ 9,90	R$ 19,80
		TOTAL R$	**1.876,31**

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.6.3 Redução no Consumo de Ração

Conforme o método manual de dosagem de ração aos terneiros, cada animal recebia duas canecas cheias de cada alimento: uma delas era de ração de engorda ou crescimento e outra de farelo de soja ou trigo. O produtor considerava, na teoria, que esta quantia representava 500 gramas de cada produto na dieta do rebanho.

Na prática, efetuou-se a pesagem destas canecas e constatou-se que o recipiente contendo a ração de engorda/crescimento tem massa de 600 gramas. O outro recipiente contendo o farelo de soja ou trigo tem massa de 400 gramas. Esta diferença é decorrente da densidade dos produtos não ser igual. O erro estipulado no *datasheet* do fabricante da célula de carga é de apenas ± 0,1% sobre o valor medido.

O farelo de trigo ou soja não impacta tanto na alimentação dos animais, tendo em vista que ao longo de vários anos, o trato de 500 gramas, que na verdade sempre foi 400 gramas, não interferiu na engorda dos animais. Portanto, decidiu-se manter 400 gramas deste complemento nutritivo a partir da data de ativação do sistema.

Para o produto de maior valor aquisitivo, neste caso a ração de engorda ou crescimento, optou-se em programar a quantidade de 500 gramas, como era previsto anteriormente. Considerando que a média de abate para cada animal é de 18 meses, atribuindo a diferença de 100 gramas na dosagem, duas vezes ao dia, a economia representa o total de 108 kg no final do período de vida do animal.

O montante contabiliza o total de 4,32 sacos de ração na quantia de 25 kg neste intervalo de tempo. O preço médio de cada saco de ração se mantém em torno de R$ 30,00 reais. Com o tratador dosando a ração na quantidade certificada pela balança, a economia ao final do ciclo de engorda de cada animal do rebanho é, em média, R$ 129,60 reais.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho objetivou o desenvolvimento de um sistema automatizado de baixo custo para alimentação de bovinos. Após o desenvolvimento, o mesmo foi testado durante duas semanas, até o momento da entrega do trabalho em si. Com base nos testes realizados, constatou-se que o sistema desenvolvido atendeu as necessidades e contemplou os objetivos previamente estipulados com êxito.

O sistema funcionou de forma plena, dosando diariamente nos horários estipulados e com precisão. Sendo assim, através do advento deste equipamento, garantiu-se uma dieta equilibrada ao rebanho, reduzindo o esforço físico do produtor e elimininou-se a necessidade de comparecer ao galpão todos os dias da semana em horários fixos.

Feito o acompanhamento dos resultados obtidos durante o desenvolvimento deste trabalho e também visando à melhoria contínua do equipamento, algumas alterações podem ser realizadas em futuros projetos deste protótipo. Para produções em grande escala, sugere-se utilizar um controlador lógico programável com respectiva IHM, ao invés do microcontrolador e tela de contato resistiva.

Além disso, o sistema desenvolvido com a tecnologia RFID deixou a desejar devido à grande distância presente entre o microcontrolador e leitor, resultando na incompatibilidade entre o *Shield RFID* e módulo cartão SD no modo mestre/escravo. Sugere-se, futuramente, utilizar outro meio físico para identificar as baias dos animais.

Tendo em vista que o trabalho de conclusão é destinado a aplicação dos conhecimentos adquiridos no decorrer da graduação, conclui-se que este projeto atendeu a diversas áreas da Engenharia de Controle e Automação, dentre elas: dimensionamento, projeto e construção da estrutura mecânica; programação do comando e controle em C/C++; desenvolvimento de aplicação gráfica em IHM; dimensionamento das instalações elétricas e proteções aos sensores e atuadores; utilização de técnicas para minimizar os efeitos causados pelo ruído e influências externas, entre outros.

O resultado mais gratificante é poder aplicar os conhecimentos agregados da Engenharia de Controle e Automação em soluções que visam aumentar a qualidade de vida das pessoas e facilitar a execução de atividades rotineiras, buscando soluções modernas com a melhor relação custo/ benefício ao usuário.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Arduino Board Mega 2560**. 2017. Disponível em: < https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>. Acesso em: 22 mar. 2017.

ARDUINO. **Real Time Clock: DS1302 and DS3231: SR04**. 2017. Disponível em: < https://playground.arduino.cc/Main/DS1302>. Acesso em: 31 mar. 2017.

ARDUINO. **Relay module: 2 channel**. 2017. Disponível em: < https://playground.arduino.cc/Main/Relay>. Acesso em: 24 abr. 2017.

ARDUINO. **RFID MFRC522**. 2017. Disponível em: < https://playground.arduino.cc/Learning/MFRC522>. Acesso em: 15 mai. 2017.

ARDUINO. **Ultrasonic sensor models: SR04**. 2017. Disponível em: < http://playground.arduino.cc/Code/NewPing>. Acesso em: 24 mar. 2017.

BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, J. V. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas - Vol. 1**, 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2011. E-book [Minha Biblioteca]. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-1921-5/>. Acesso em: 30 abr. 2017.

BECK, J.C.P. **Projeto, construção e análise de células de carga de placa e de anel.** Dissertação Mestrado em Engenharia Metalúrgica. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1983.

BEEFPOINT, Giro do Boi. **Perfil da Pecuária no Brasil: Relatório Anual de 2016**. Disponível em:<http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/giro-do-boi/perfil-da-pecuaria-no-brasil-relatorio-anual-2016/>. Acesso em: 30 abr. 2017.

BEGA, E. A.; et. al. **Instrumentação Industrial**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Inerciência: IBP, 2011. ISBN 978-85-7193-245-6.

BHATT, Himanshu.; GLOVER, Bill. **Fundamentos de RFID**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Altas Books, 2007. ISBN 978-8576081395.

BHUPTANI, Manish; MORADPOUR, Shahram. **RFID:** implementando o sistema de identificação por radiofrequência. São Paulo: IMAM, 2005.

BOLZANI, C. A. M. **Residências Inteligentes: Domótica, Redes Domésticas, Automação Residencial**. 1ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004. ISBN 85-88325-25-X.

BONSOR, Kevin; FENLON, Wesley. **How RFID Works**. HowStuffWorks, Tech High Tech Gadgets, 2007. Disponível em: < http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/rfid9.html>. Acesso em: 25 abr. 2017.

CHAPMAN, Stephen J., **Fundamentos de Maquinas Elétricas,** Porto Alegre, AMGH, 2013. ISBN 978-8580552065.

CHEMIN, Beatris F. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos:** planejamento, elaboração e apresentação. 3. ed. Lajeado: Univates, 2015. E-book. Disponível em: <http://www.univates.br/biblioteca>. Acesso em: 15 mar. 2017.

CHILA, E.F.; PLINTA, R.; TAMANINI, V. H. **Máquina para alimentação automática de bovinos e equinos confinados.** 2014. 51 p. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial) – Obtenção do título de Tecnólogo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979.

DELAVAL, Group. **Technical Data: FeedStation FSC40 and FSC400**. Tetra Laval International SA, Sweeden, 2015. Disponível em:< http://www.delaval.co.kr/ImageVaultFiles/id_199/cf_5/Feedstation_FSC40_and_FSC400.PDF>. Acesso em: 22 abr. 2017.

DIYMALL. **Load cell 20 kg**. 2017. Disponível em: < https://pt.aliexpress.com/item/DIYmall-Load-Cell-20KG-Weight-Sensor-Weighting-Bracket-Scale-HX711-AD-Module-Amplifier-Kit-for-Arduino/32776242940.html?spm=2114.13010608.0.0.hhRPrQ>. Acesso em: 20 mar. 2017.

HART, Daniel W. **Eletrônica de Potência: Análise e Projetos de Circuitos.** 1ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2012. E-book [Minha Biblioteca]. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580550474/>. Acesso em: 15 abr. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE:** estatística da produção pecuária. São Paulo, 2016. E-book. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201602caderno.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2017.

INSTRUCTABLES, M. R. **Motor Driver BTS7960 43A**. 2016. Disponível em: < http://www.instructables.com/id/Motor-Driver-BTS7960-43A/>. Acesso em: 24 mar. 2017.

ITEAD. Nextion Intelligent Display. **Display TFT Nextion 4.3”**. 2015. Disponível em: < https://nextion.itead.cc/index.html#home>. Acesso em: 05 abr. 2017.

MCCARTY, Darren. **RFID Technology and Testing**. Tektronix, Beaverton, Óregon, EUA, 2009. Disponível em:<http://www.sbnpe.com.br/revista/rbnc_22-2.htm>. Acesso em: 14 abr. 2017.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2011. ISBN 978-85-7522-274-4.

MEDEIROS, S.R.; GOMES, R.C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. EMBRAPA, 2015. Disponível em:< https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120040/1/Nutricao-Animal-livro-em-baixa.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.

MFRURAL, Mercado Rural. **Anúncio: Alimentador para equinos e outros animais**. AUTOFEEDER, 2017. Disponível em:< http://www.mfrural.com.br/detalhe/alimentador-automatico-para-equinos-e-outros-animais-136893.aspx>. Acesso em: 21 abr. 2017.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2013. ISBN 978-85-216-1532-3.

OLIVEIRA, A.S.; PEREIRA, M.F. **Estudo da tecnologia de identificação por radiofrequência – RFID.** 2006. 94 p. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Elétrica) – Obtenção do título de Engenheiro Eletricista, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

PETRUZELLA, F. D. **Motores Elétricos e Acionamentos**. 1ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. ISBN 978-85-8055-257-7.

RIBEIRO, P.; SCAVARDA, A.; BATALHA, M. **RFID in the international cattle chain: traceability, context and legislation**. Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/265378425_RFID_IN_THE_INTERNATIONAL_CATTLE_CHAIN_TRACEABILITY_CONTEXT_AND_LEGISLATION>. Acesso em: 01 mai. 2017.

ROCKWELL, Automation. **Technical Data: PainelView Plus 6 Specifications**. Allen Bradley, South Second Street, Milwaukee, EUA, 2017. Disponível em:< http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/2711p-td005_-en-p.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2017.

TESLA. Produtos Industriais. **Célula de carga HBM SP4MAC3**. 2017. 1 fotografia, color. Disponível em:< http://teslacomercial.com.br/index.php?option=com_virtuemart&view=productdetails&virtuemart_product_id=213&virtuemart_category_id=51&Itemid=290>. Acesso em: 14 abr. 2017.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U. B. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Erica, 2007.