

MEDIDOR ELETRÔNICO DA PRODUÇÃO LEITEIRA POR ANIMAL PARA SISTEMA DE ORDENHA BALDE AO PÉ

Eduardo Kaginski Bevilaqua¹

Jacson Luiz Matte²

RESUMO

A produção de leite é uma importante atividade agrícola e muito comum no estado de Santa Catarina, novas tecnologias para esse setor estão mais comuns. Entretanto, a muitas pequenas propriedades que possuem poucas tecnologias aplicadas e pouco controle sobre suas produções. Acompanhar a produção de uma vaca-leiteira é uma tarefa importante para garantir a qualidade e reduzir os gastos na propriedade, dado que ao identificar grandes variações na produção há possibilidade ser um indicativo de doença bovina. Para fornecer ao agricultor um maior controle sobre sua produção e com um baixo custo, foi desenvolvido um sistema embrancado capaz de realizar a medição do leite produzido por animal e um Dashboard para visualização dos dados. As ordenhadeiras mais comum nessas pequenas propriedades é o sistema Balde ao Pé, assim, foi definido que a melhor forma de realizar a medição seria no tarro de leite, calculando a quantidade de leite no interior do recipiente. Como sensor foi escolhido as células de carga isso, pois são de fácil instalação no sistema de ordenha e possui uma boa precisão. Todas as informações coletadas são processadas por um microcontrolador ESP32, que processará os dados e enviará para o dashboard. A validação do protótipo foi quantitativa, no qual foram realizados testes em bancada com análises para definir a precisão do sistema, o resultado foi uma margem de erro máxima de 4%. Também teve uma validação qualitativa realizada junto a um produtor de leite que teve como objetivo avaliar a usabilidade do sistema, para essa avaliação foi aplicado um questionário e avaliado a partir da escala likert, obtendo o resultado de 4,2. Com isso o sistema atingiu o objetivo de realizar a medição do leite produzido por um animal, gerando as informações necessárias para que o produtor possa acompanhar o desempenho de produção e ter um melhor gerenciamento sobre rebanho no que tange os aspectos da produção leiteira.

Palavras-chave: Medidor eletrônico de leiteiro, sistemas embarcados, produção leiteira, esp32, célula de carga.

¹ Grau de formação; Instituição; Cidade e E-mail do aluno

² Grau de formação; Instituição; Cidade e E-mail do professor

1 INTRODUÇÃO

A região oeste de Santa Catarina é destaque na produção de leite no estado e está em constante melhoramento buscado o aumento da produção e qualidade do leite (JOCHIMS et al., 2016). No ano de 2006 santa catariana possuía 66.226 produtores que vendiam leite e em 2017 esse número caiu para 38.613 (DEBONA, 2019), porém vale destacar que apesar disso a produção de leite cresceu e principalmente aumentou a média de produção por animal (SEBRAE, 2021). Isso é fruto de novas tecnologias que aumentam a eficiência das propriedades agrícolas, porém muitas dessas propriedades possuem poucas tecnologias o que prejudica diretamente e indireta na produção e qualidade do produto (RODRIGUES, 2015).

Um dos pontos mais críticos em uma propriedade leiteira é a falta de controle e gestão. Geralmente em pequenas propriedades nem um tipo de dado é coletado, sejam eles sobre rebanhos, quantidade de produção, insumos, entre outros diversos dados que auxiliam o produtor na gestão de sua propriedade (RODRIGUES, 2015). Uma pesquisa realizada pelo Sebrae-SP (2016) aponta que 65% dos produtores entrevistados não realizam nem um tipo de controle em sua propriedade, dos 35% que realizam o controle é importante destacar que 43% fazem o controle em agendas ou cadernos e 34% fazem o controle de cabeça.

Controlar a produção de leite de uma vaca é importante, pois a quantidade de leite produzido por um animal possui forte relação com a saúde deles. Caso uma vaca apresente uma queda brusca na produção, pode apontar que ela está com algum problema de saúde ou está passando por um estresse calórico. Além disso, o controle da produção também pode auxiliar na nutrição dos animais, identificando possíveis necessidades de mudança na alimentação (QUINTÃO et al., 2011).

Com base nessas informações e com a finalidade de aumentar a precisão na aquisição dos dados, esse trabalho visa desenvolver um sistema embarcado capaz de aferir a quantidade de leite produzido por uma vaca em lactação, a medição ocorrerá através de células de carga instaladas no tarro do leite e funcionará somente em ordenhas do tipo balde ao pé. Todos os sinais dos sensores foram controlados por um microcontrolador ESP 32 que é o responsável por coletar os sinais gerados pelos sensores, processar os dados, exibir a quantidade de leite produzido por cada animal e posteriormente enviar esses dados para um servidor web.

Possui também uma aplicação web, onde ficam disponíveis para visualização todos os dados colhidos pelo sistema embarcado. Após a conclusão do protótipo foram realizados testes de campo, onde o agricultor irá avaliar se a precisão do sistema de medição é aceitável e capaz de aumentar o controle da produção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORDENHA

O processo realizado para extrair o leite de um animal é denominado ordenha, para que esse processo aconteça é necessário realizar estímulos externos no animal, esses estímulos podem ser a mamada de um bezerro ou até a simples presença do bezerro. Ao receber esse estímulo a vaca libera na sua corrente sanguínea um hormônio chamado ocitocina e assim o leite começa a ser expelido (SENAR, 2016).

É essencial que o processo de ordenha seja executado com o máximo de higiene possível, a fim de melhorar a qualidade do leite e evitar perdas na produção (BEHMER, 1999, p. 31 apud ALBA, 2018). Dessa forma é necessário realizar toda uma preparação antes de iniciar a ordenha, segundo Zanela et al. (2011) os passos recomendados para realizar a ordenha são:

1. Realizar a condução das vacas de forma calma e silenciosa, para não deixar as vacas estressadas.
2. Caso o ubre esteja muito sujo, é recomendado lavá-lo.
3. Realiza a limpeza dos tetos com alguma solução desinfetante. As soluções mais utilizadas são a base de iodo.
4. Realizar a secagem dos tetos com papel toalha descartável.
5. Realizar o teste da mastite.
6. Realizar a ordenha, mantendo o ambiente tranquilo e sem barulho excessivo.
7. Após terminar a ordenha e retirar as teteiras, mergulhar os tetos em uma solução desinfetante.
8. Libera o animal para comer.
9. Realizar a limpeza dos equipamentos utilizados.

Realizando os passos mencionado acima de forma correta, as chances de contaminação no leite são muito menores, garantindo a qualidade do leite e a saúde do animal (AGROLINE, 2020).

A ordenhas mecânicas aonde o processo de extração do leite é realizado com o auxílio de equipamentos, são divididas em duas categorias, são elas: ordenha balde ao pé e ordenha canalizada (BETTERO, 2020).

2.1.1 Ordenhadeira balde ao pé

As ordenhadeiras do modelo balde ao pé são consideradas o modelo mais simples de ordenha mecânica, é recomendada para pequenos produtores e possui um baixo custo de implementação. Nesse modelo as vacas são ordenhadas individualmente e de forma automática, por meio de um sistema de vácuo (PICCOLI, 2019). Esse sistema é caracterizado por possuir uma fácil instalação, um funcionamento simples e ainda um baixo custo de manutenção (MILKPARTS, 2020).

O leite ordenhado por uma ordenha desse modelo vai para um reservatório chamado taro, que é colocado do lado no animal. Após concluir a ordenha ou o taro encher é necessário levar o mais rápido possível o leite até o refrigerador, a fim de evitar contaminação e exposição a temperatura acima do recomendado (SILVA, 2014).

2. 2 SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL E VOLUME

A medição de nível é utilizada na indústria para calcular a quantidade de produto que contém no interior de um reservatório, dependendo do sensor utilizado é possível obter dados contínuos do nível, aonde a medição é constante e linear, esses também podem ser aplicados em diversos tipos de reservatórios, como: tanques abertos, tanques fechados ou pressurizados, silos, entre outros (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011, p. 130).

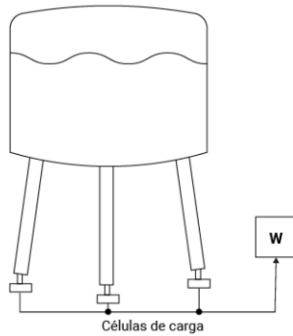
2.2.1 Medição por célula de carga

O sistema de medição por célula de carga é um sistema simples, que consiste basicamente por instalar transdutor na parte inferior do recipiente a ser medido. É um sistema de medição indireta, ou seja, não possui contato com o conteúdo a ser mensurado (ROURE, 2018). Quando o líquido começar a entrar no recipiente a carga aplicada sobre os transdutores também aumenta e dessa forma é possível identificar o nível (SILVEIRA, 2020).

Entre as diversas aplicação para células de carga seu principal uso é em balanças comerciais e podem ser utilizadas individualmente ou em conjunto de duas, três ou quatro células, dependendo da carga que será medida. (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011, p. 117) Mas além de serem capazes de medir o nível do recipiente uma vantagem desse tipo de medição é a capacidade de realizar a medição do volume do recipiente de forma direta. Para isso basta conhecer a fórmula da densidade, segundo César, Paoli e Andrade (2018) a densidade é a

relação entre a massa e o volume. Logo tendo conhecimento sobre a massa e a densidade é possível descobrir qual o volume do líquido ou sólido. Na Ilustração 1 é possível observar um sistema com células de cargas instaladas em um tanque.

Ilustração 1 - Modelo de instalação de células de carga



Fonte: Roure (2018)

2.3 SISITEMAS EMBARCADOS

É possível definir um sistema embarcado como um software e um hardware agrupados em um único dispositivo, esse dispositivo possui seus recursos dimensionados e são construídos para executar somente uma ou várias tarefas já definidas no início do projeto. Dessa forma em um sistema embarcado o objetivo final é menor e bem definido, diferente do que acontece em um computador convencional, onde um computador é construído com o intuito de ser utilizado para múltiplos objetivos (DELAI, 2013).

2.3.1 Esp32

No ano de 2016 a Espressif lançou o ESP32, o microcontrolador é o sucessor do ESP8266 que foi um chip revolucionário por já conter WIFI embutido, ser versátil e de baixo custo. Para manter o sucesso do seu antecessor alguns recursos foram adicionados entre eles o Bluetooth, mais memória RAM e ROM e uma capacidade de processamento maior, tudo isso mantendo o preço acessível (MURTA, 2018).

O ESP32 possui um total de 38 pinos, contendo pinos de alimentação e GPIOs (General Purpose Input/Output). Esses pinos de GPIO podem ser configurados para funcionar como entrada ou saída de dados, além de que cada porta possui a capacidade de aceitar um tipo de comunicação, entre esses formatos de comunicação se destacam sinal digitais, sinal analógico e comunicação I2C (FERNANDO K, 2018).

2.3.2 Conversores ADC

Um conversor ADC também denominado conversor analógico/Digital ou conversor A/D, são dispositivos que possuem a capacidade de converter uma amostra de sinal analógico em um sinal digital. Esses conversores são utilizados para diversas aplicações e estão mais comuns na eletrônica atual, isso em razão do aumento do uso que componentes digitais (VASCONCELLOS, 2011).

O HX711 é um conversor de 24 bits que será utilizado na célula de carga, esse conversor irá medir a saída da ponte de Wheastone, amplificando o sinal de entrada e retornado uma saída binária corresponde. Esse sensor é recomendado para a aplicação de células de carga, pois possui capacidade de medir pequenos valores e já possuiu filtro integrado, fazendo com que o nível de ruído seja amenizado (JESUS JUNIOR; SEGUNDO,2019).

2.3.3 Sensores

Atualmente existem diversos modelos de células de cargas, com capacidades que variam de gramas para toneladas. Entre esses modelos a Ilustração 21 mostra o modelo genérico da sparkfun, uma célula relativamente barata com capacidade de pesar até 50 kg por células (SPARKFUN, 2021).

Essas células possuem 3 fio de saída, sendo preto, vermelho e branco, além da possibilidade de ser ligadas individualmente ou em conjunto de duas, três ou quatro células. Para a ligação de 4 células é necessário montar uma ponte de Wheatstone entre as células conforme a Ilustração 22. Aonde os fios brancos e pretos realizam as ligações entre as células e os fios vermelhos são conectados ao ADC (LOCATELLI, 2019).

2.4 SISTEMAS WEB

O desenvolvimento de um site normalmente é dividido entre o front-end e o back-end. O back-end é responsável por desenvolver aquilo que o usuário final não consegue enxergar, como a lógica do sistema, a estrutura de dados e as funções. Já o front-end é responsável por desenvolver aquilo que o usuário final vê, que é o layout do sistema (LEDUR *et al.*, 2019, p.75).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a elaboração desse trabalho que visa a aplicação em pequenas propriedades rurais que possuem poucas vacas e utilizam o sistema de ordenha balde ao pé. Tendo como área de estudo uma propriedade de agricultura familiar que possui 14 vacas e produz uma média de 130 litros de leite por dia utilizando uma ordenhadeira do tipo balde ao pé.

A pesquisa se caracteriza com uma pesquisa de natureza aplicada, pois ao final do trabalho foi gerado um produto aplicado resolvendo um problema em uma área específica. De acordo com Silva e Menezes (2005) a pesquisa de natureza aplicada tem como finalidade de desenvolver uma aplicação prática e solucionando problemas específicos. O trabalho possui uma abordagem híbrida, ou seja, quantitativa pois foram analisadas as informações numéricas obtidas pelos sensores. Sendo uma abordagem quantitativa definida como um tipo de pesquisa onde os resultados podem ser quantificados (FONSECA, 2002). E qualitativa pois foi avaliada a utilização do sistema pelo produtor. Sendo definida como uma abordagem que apresenta informações descritivas do ambiente natural.

Alguns procedimentos técnicos foram utilizados no desenvolvimento desse trabalho, são eles: Pesquisa bibliográfica, pois foram utilizadas com referências materiais já publicados em livros, artigos científicos e materiais publicados em mídias digitais (FONSECA, 2002). Pesquisa documental, pois, foram utilizados materiais de diversas fontes e não apenas materiais publicados oficialmente. Pesquisa experimental porque foram realizados experimentos modificando variáveis e parâmetros (GIL, 2008). Pesquisa de campo é caracterizada por utilizar como fonte de dados entrevistas ou questionários realizados com pessoas ligadas diretamente com a área de estudo (FONSECA, 2002). E por último estudo de caso tendo como objetivo obter um conhecimento amplo sobre um determinado assunto.

O desenvolvimento do trabalho foi dividido em 10 etapas, sendo a primeira delas pesquisas em livros, artigos, publicações e sites com a finalidade de adquirir conhecimento sobre o assunto abordado no trabalho e até mesmo para aprimorar conhecimentos já adquiridos. Na sequência dessa etapa pesquisando em sites, revistas e vídeos foi realizada uma pesquisa com o intuito de conhecer na prática o processo realizado por um produtor na ordenha de uma vaca.

Na terceira etapa foi realizada uma entrevista a um agricultor produtor de leite, aonde de forma pessoal um questionário foi respondido com o objetivo de aprofundar os conhecimentos sobre o processo prático e analisar uma forma adequada de realizar a medição.

Em seguida na etapa 4 após analisar os dados obtidos na entrevista definir qual a melhor forma para se realizar a medição da quantidade de leite produzido por cada bovino leiteiro.

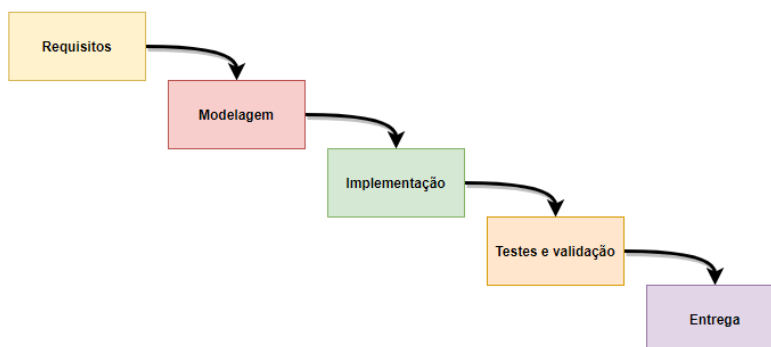
Com base na forma de medição definida na etapa 4, a etapa 5 constituirá em uma pesquisa mais aprofundada e específica para identificar quais sensores podem ser utilizados para realizar a medição. Na etapa seguinte com base na pesquisa realizada foi determinado quais os sensores ideais para a aplicação e como eles serão instalados no sistema de ordenha, juntamente nessa etapa foram realizados testes práticos em laboratório para medir a eficiência desses sensores. Com base nesses testes foi decidido qual o melhor sensor para realizar devida medição.

Na etapa 7 foi realizada a montagem do protótipo do sistema com base nas definições e requisitos determinados nas etapas anteriores, essa parte engloba todo o processo de desenvolvimento desde a modelagem até o produto pronto para os testes. Após concluir a montagem do protótipo na etapa 8 foram realizados testes na propriedade produtora de leite utilizando o sistema de ordenha para verificar se a medição do sistema proposto está apropriada e se o operador da ordenha aprova o produto.

A nona etapa é uma validação que ocorrerá com o produtor de leite, essa validação tem como objetivo identificar se o protótipo do sistema funciona na prática. Caso a validação falhe o projeto avança para a etapa 11 aonde são definidas melhorias e adequações a serem realizadas para melhorar o funcionamento do sistema, após isso volta para sétima etapa montando um novo ou adequando o protótipo já existente. Caso a validação da etapa 10 seja concluída com êxito o projeto é determinado como concluído.

Para o desenvolvimento do foi escolhido o modelo cascata, conforme a Ilustração 2.

Ilustração 2 - Modelo de desenvolvimento



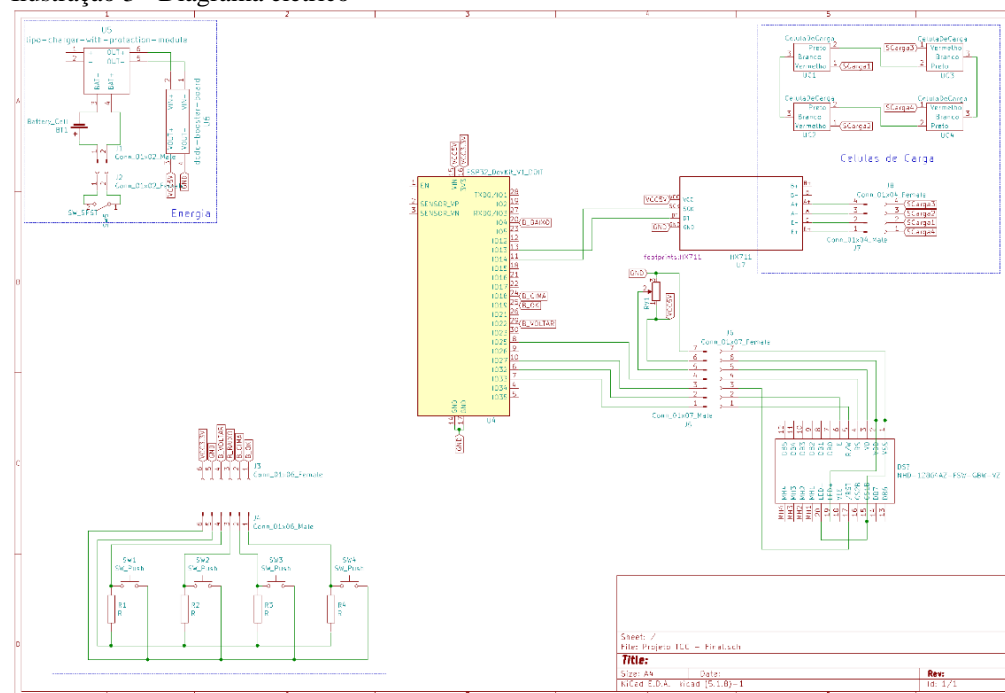
Fonte: Autor (2021)

Também conhecido como modelo clássico, o modelo cascata é um modelo de desenvolvimento aonde cada etapa do projeto ocorre de forma sequencial, dessa forma só após concluir uma etapa é possível avançar para a próxima. (PRESSMAN; MAXIM, 2016, p.42). Esse projeto foi iniciado com o levantamento de requisitos, no qual junto com o produtor foram levantados quais seriam os requisitos funcionais e não funcionais.

Após definir os requisitos foi realizada a modelagem da aplicação web e do sistema embarcado, na parte da aplicação web foram modelados o banco de dados, os diagramas de caso de uso, os Wireframes do sistema.

Para a parte do sistema embarcado sistema embarcado foram projetados os esquematicos eletricos do sistema, a Ilustração 3 demonstra o esquemático elétrico com a ligação de todos os componentes utilizados para desenvolver a solução.

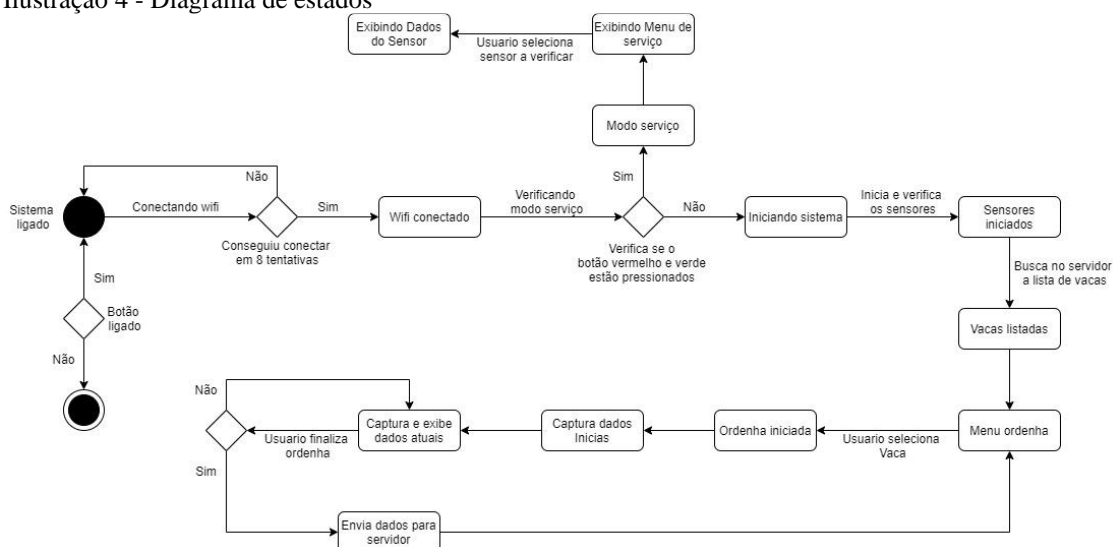
Ilustração 3 - Diagrama elétrico



Fonte: Autor (2021)

Também foi definido o diagrama de estados da solução, a Ilustração 4 apresenta esse diagrama, mostrando todos os estados possíveis do sistema e quais os passos necessários para utilizá-lo.

Ilustração 4 - Diagrama de estados



Fonte: Autor (2021)

A eficiência do protótipo foi avaliada de duas maneiras. A primeira delas com sistema em laboratório foi executado uma avaliação para determinar a eficiência do medidor. Também foi realizada uma verificação se a integração entre o hardware e o software estava funcionando de maneira correta. Para o teste de medição foi analisado a margem de erro do sistema em porcentagem, para isso bastou comparar o valor medido com a quantidade adicionada executando a seguinte equação: $Erro\ em\ \% = (Medição\ do\ sistema - Litros / Litros) * 100$.

Quando o protótipo do sistema embarcado e a aplicação web estiverem prontos e testados em laboratório, serão realizados os testes e validação do sistema junto ao produtor de leite. Para isso o sistema foi colocado em funcionamento na propriedade e utilizado por dois dias seguidos em duas vacas. Essa validação de caráter qualitativo foi composta por perguntas no formato escala Likert, tendo como objetivo avaliar o protótipo perante o seu usuário.

4 ANÁLISE DOS DADOS

Para realizar a validação do protótipo o primeiro teste foi o quantitativo, no qual foi adicionado uma quantidade conhecida de água no recipiente e essa quantidade foi comparada com o valor medido. A medição foi realizada duas vezes para cada animal, simulando as duas ordenhas que são realizadas diariamente. A Tabela 1 demonstra os resultados obtidos nesse processo, sendo que no campo “Quantidade Adicionada” contém a quantidade que foi colocada no recipiente e o campo “Quantidade Medida” refere se a quantidade que foi medida pelo sistema. Já o campo

“Erro %” é o erro em porcentagem que a mediação obteve, esse valor foi obtido utilizando a fórmula $Erro\ em\ \% = (Medição\ do\ sistema - Litros / Litros) * 100$.

Tabela 1 - Tabela resultado obtidos na validação de laboratório

Ordenha 1				
Nome	Quantidade Adicionada	Quantidade Medida	Diferença	Erro %
Princesa	4,00	4,10	0,10	2%
Morena	5,00	5,12	0,12	2%
Mimosa	3,50	3,42	-0,08	2%
Ordenha 2				
Nome	Quantidade Adicionada	Quantidade Medida	Diferença	Erro %
Princesa	3,50	3,65	0,15	4%
Morena	4,00	4,12	0,12	3%
Mimosa	3,00	3,06	0,06	2%

Fonte: Autor (2021)

Analisando os dados da tabela 9, é possível observar que o erro máximo do sistema foi de 4%. Sendo esse considerado pelo agricultor um valor baixo, logo que essa porcentagem é equivalente a 0,150L ou 150mL. A Ilustração 5 apresenta a tela do Dashboard após esse processo com os dados já computados, e os resultados expostos nos gráficos.

Ilustração 5 - Tela dashboard com os resultados obtidos no teste de laboratório



Fonte: Autor (2021)







Após todo o sistema validado em bancada foi efetivado um teste prático na propriedade do Senhor José, nesse teste foi realizado a ordenha de três animais no período vespertino. A Ilustração 78 é uma foto tirada na propriedade durante o processo de ordenha. O primeiro passo

no local foi apresentar o sistema para o agricultor, mostrando os passos e como deve ser a utilização do sistema e após isso as ordenhas foram iniciadas.

No início da ordenha os tetos eram pendurados no suporte e nesse momento a ordenha era iniciada no sistema. No momento em que a vaca parava de dar leite os tetos eram retirados e pendurados novamente no suporte, nesse momento a ordenha era finalizada no sistema. Esse processo foi realizado com o intuito de amenizar o erro causado pelo peso das teteiras.

No final da ordenha das três vacas o leite foi retirado do tarro e despejado em um balde no qual iria para o resfriador, esse era um balde de 18 litros no qual contia $\frac{3}{4}$ de leite em seu interior. Com o auxílio de uma balança comercial esse balde foi pesado e o resultado foi de 14,5 kg de leite, descontando o peso do balde. Utilizando a equação $Litros = \frac{Peso}{1,032 \text{ Kg/L}}$, obtemos que dentro do balde contia um total de 14,05 Litros, foi então realizada uma análise com os dados obtidos no sistema. A Ilustração 6 demonstra a imagem do sistema após as ordenhas.

Ilustração 6 - Lista animais com os dados obtidos no teste de campo

ANIMAIS						
Cod	Nome	Raça	Data Nascimento	Qtd Media por Ordenha	Quantidade Total	Ações
1	Princesa	Jersey	06/05/2016	4.8 Litros	4.8 Litros	 
2	Morena	Jersey	08/02/2017	5.7 Litros	5.7 Litros	 
3	Mimosa	Jersey	08/08/2017	4.2 Litros	4.2 Litros	 

Fonte: Autor (2021)

Somando o total das 3 ordenhas obtemos o total de 14.7 litros, valor próximo da quantidade que estava dentro do recipiente. Também foi aplicada no produtor a pesquisa disponível no “Apêndice B”, essa com o intuito de avaliar a usabilidade do sistema.

Tabela 2 - Resultado questionário de avaliação

Questionário de Avaliação					
Pergunta	1	2	3	4	5
O sistema acoplado no tarro possui uma utilização intuitiva e de fácil utilização.				X	
O sistema de medição em um todo (embarcado + Aplicação Web) traz benefícios no controle da produção.					X
As alterações realizadas para utilizar o sistema não afetarão consideravelmente o processo de ordenha.				X	
O sistema de medição em questão é mais atrativo que os sistemas convencionais.				X	
Você usaria o sistema em sua ordenha.				X	

Fonte: Autor (2020)

A Tabela 2 contém as respostas obtidas, que foram quatro respostas em concordo e uma em concordo totalmente. Somando a média das respostas na escala likert foi obtido 4,2. Além da escala likert foi perguntado ao agricultor críticas e sugestões para o projeto e a resposta dele foi:

- O sistema é atrativo, porém ele acredita que se o valor for muito alto não compensa o investimento para um agricultor do porte dele.
- Também comentou que o sistema é atrativo por já disponibilizar os dados e salvar para visualização posterior.
- Por último ele comentou que seria interessante se não houvesse a necessidade do processo de retirar as teteiras e pendurá-las a cada ordenha. Seria mais prático se pudesse tirar de uma vaca e já colocar em outra, iniciando o sistema nesse meio tempo.

5 CONCLUSÃO

A proposta desse trabalho era desenvolver um sistema embarcado com a capacidade de medir a quantidade de leite ordenhado por animal em uma ordenha do tipo balde ao pé. Para atingir o objetivo foram realizadas pesquisas bibliográficas e visitas técnicas com o intuito de conhecer o processo de ordenha, para assim poder definir qual a melhor forma para realizar a medição.

Nessas pesquisas foram encontrados alguns modelos existentes de soluções para medições, porém esse contém um custo elevado e são feitos para instalação em sistema de ordenha canalizada. Foi definido então que a melhor forma de medição seria medindo a quantidade no tarro de leite e então, foram selecionados alguns sensores que pudessem ser instalados no recipiente.

O sistema de medição com a célula de carga, apresentou um funcionamento semelhante a uma balança, e para realizar a medição basta ser colocado sob o tarro de leite. A medição ocorre de forma simples e calcula a quantidade de litros de leite considerando a sua densidade e a massa que é o atributo medido com sensor. O sistema se mostrou eficiente nos testes chegando a margens de erro máxima de 4% em testes de laboratório.

Além disso, o sistema dispensa qualquer modificação no tarro de leite, o que possibilita a instalação em diversos modelos de tarro, diminui os custos e não possui o risco de causar flutuações no vácuo da ordenha.

Contudo, apesar de o projeto ter alcançado os objetivos algumas melhorias e ajustes podem ser aplicados no sistema, ficando como sugestão para trabalhos futuros a análise do

padrão de ordenha. Com o intuito de tornar o sistema automático, identificando o início e o final da ordenha sem a necessidade de interação nessas etapas.

REFERÊNCIAS