

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO SUL - *CAMPUS* ERECHIM  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA MECÂNICA

Mateus Geremia

**Desenvolvimento de um protótipo automatizado para aleitamento de leitões**

Erechim

2023

Mateus Geremia

**Desenvolvimento de um protótipo automatizado para aleitamento de leitões**

Trabalho de Conclusão de Curso realizado no *Campus* Erechim do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Alisson Dalsasso Corrêa de Souza

Coorientador: Luciano Kempinski

Erechim

2023

## RESUMO

O atual cenário é marcado por indústrias e produtores que utilizam máquinas, equipamentos e genética de alta tecnologia capazes de aumentar suas produtividades. Visto que o avanço genético fez as unidades produtoras de leitões desmamados produzirem muito mais leitões anualmente, porém ao mesmo tempo a mortalidade e a perda de leitões foi aumentada. Fato explicado principalmente ao fato de que os números de tetos das matrizes não suportam a quantidade de leitões nascidos vivos. Buscando eliminar ou reduzir a mortalidade de leitões por falta de leite. Empresas criaram e lançaram os chamados sucedâneos, correspondendo a um leite artificial com capacidade de substituir o leite da matriz. A utilização deste leite ainda é muito limitada, pois necessita de maior mão de obra, precisa ser fornecido ao leitão cerca de vinte e duas vezes por dia, na temperatura certa. Tendo isso em vista, o presente trabalho teve como principal objetivo a criação de um protótipo para o fornecimento automatizado do leite aos leitões em fase de maternidade para posterior fabricação. O desenvolvimento do projeto da máquina e do protótipo foi elaborado conforme a metodologia do Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, iniciando na fase informacional, onde foi levantamento das necessidades a serem atendidas e das especificações que o protótipo e máquina deveriam possuir. Posteriormente, foi realizada a etapa de projeto conceitual onde algumas partes da máquina foram modeladas em ambiente virtual e algumas partes foram dimensionadas, também se definiu o sistema de automação. Na etapa seguinte, de projeto preliminar iniciou-se a fabricação do protótipo. O protótipo apresentou resultados satisfatórios, consegui fornecer um leite homogêneo com uma boa temperatura, na faixa entre 36° c a 40° c. O sistema de dosagem ficou satisfatório, mas consegui cumprir seu objetivo. O quesito automatizado foi perfeitamente atingido no protótipo.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento de produto. Projeto de máquina. Protótipo. Sucedâneo. Leitões.

## ABSTRACT

The current scenario is marked by industries and producers using machinery, equipment and high technology genetics capable of increasing their productivity. Since the genetic advance has made the weaning piglets production units produce many more piglets annually, but at the same time the mortality and piglet loss has increased. This is mainly explained by the fact that the number of sows' teats do not support the number of piglets born alive. Seeking to eliminate or reduce piglet mortality due to lack of milk. Companies have created and launched the so called substitutes, which is nothing more than an artificial milk that can replace the sow's milk. However, the use of this milk is still very limited, as it requires more labor, needs to be supplied to the piglets about twenty-two times a day and needs to be at the right temperature. Having this in mind, the present work had as main objective the creation of a prototype for the automated supply of milk to the piglets in the maternity phase for later manufacture of the machine. The project development of the machine and the prototype was elaborated according to the methodology of the Integrated Product Development Process, starting in the informational phase, where the needs to be met and the specifications that the prototype and machine should have were gathered. Later, the conceptual design stage was carried out, where some parts of the machine were modeled in a virtual environment and some parts were dimensioned, and the automation system was also defined. In the next stage, of preliminary design, the prototype manufacturing was started. The prototype presented excellent results, I was able to supply a homogeneous milk with a good temperature, the dosing system was satisfactory, but I was able to fulfill its objective. The automated aspect was perfectly achieved in the prototype.

**Keywords:** Product development. Machine design. Prototype. Successor. Piglets. Dies.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Representação gráfica da produção mundial de carne suína em toneladas.....	17
Figura 02 – Representação em fluxograma do ciclo da suinocultura.....	19
Figura 03 – Representação dos ciclos das granjas.....	20
Figura 04 – Representação gráfica do modelo do processo de desenvolvimento integrado de produtos – PRODIP.....	22
Figura 05 – Fluxograma da metodologia adotada.....	28
Figura 06 – Local de medição da largura da cabeça do leitão.....	34
Figura 07 – Local de medição de localização da maior largura cabeça do leitão.....	34
Figura 08 – Projeto conceitual.....	37
Figura 09 – Divisão da circunferência.....	38
Figura 09 – Nova divisão da circunferência.....	39
Figura 10 – Tanque.....	40
Figura 11 – Sistema de transferência de calor do tanque.....	44
Figura 12 – Componentes de um transportador helicoidal.....	46
Figura 13 – Modelamento eixo helicoidal.....	52
Figura 14 – Modelamento da carcaça do transportador.....	52
Figura 15 – Modelamento do sistema de agitação.....	53
Figura 16 – Motor.....	54
Figura 17 – Reservatório do leite em pó.....	55
Figura 18 – Controlador lógico programável.....	56
Figura 19 – Boia de nível.....	56
Figura 20 – Válvula solenoide.....	57
Figura 21 – Termopar do tipo PT-100.....	58
Figura 22 – Controlador de temperatura Novus.....	58
Figura 23 – Resistencia elétrica.....	59
Figura 24 – Disjuntores.....	60
Figura 25 – Disjuntor diferencial bipolar.....	61
Figura 26 – Fonte chaveada.....	61
Figura 27 – Rele de interface.....	62

Figura 28 – Contatora.....	62
Figura 29 – Botoeira on/off.....	63
Figura 30 – Tanque do protótipo.....	64
Figura 31 – Bicos.....	64
Figura 32 – Fixação das mamadeiras.....	65
Figura 33 – Rosca helicoidal utilizada.....	65
Figura 34 – Conjunto reservatório e rosca helicoidal.....	66
Figura 35 – Parte interna do transportador.....	66
Figura 36 – Montagem da máquina.....	67
Figura 37 – Local de posicionamento dos equipamentos.....	68
Figura 38 – Montagem do quadro de comando.....	69
Figura 39 – Local de montagem do protótipo.....	70
Figura 40 – Leite produzido pela máquina.....	71
Figura 41 – Leitões fazendo uso da máquina.....	71

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Temperatura X Potência.....	42
Gráfico 02 – Tempo de aquecimento do leite.....	43
Gráfico 03 – Perda de temperatura do leite.....	73
Gráfico 04 – Perda de temperatura na faixa de operação.....	74

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Requisitos do cliente.....	30
Tabela 02 – Casa da Qualidade.....	31
Tabela 03 – Volume do tanque.....	33
Tabela 04 – Capacidade de armazenamento do leite em pó.....	35
Tabela 05 – Especificações do projeto.....	36
Tabela 06 – Resultados da taxa de transmissão de calor.....	45
Tabela 07 – Componentes do transportador helicoidal.....	47
Tabela 08 – Dimensões iniciais do transportador helicoidal.....	48
Tabela 09 – Características do material a ser transportado.....	49
Tabela 10 – Valores de coeficiente de enchimento.....	50
Tabela 11 – Valores de coeficiente de inclinação.....	50
Tabela 12 – Resultados dos cálculos da rosca transportadora.....	51
Tabela 13 - Componentes elétricos.....	60

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal

PRODIP – Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos

DFA – Desmamados Fêmea Ano

USDA – *United States Department of Agriculture*

UPD – Unidade Produtora de Leitões Desmamados

UPL – Unidade Produtora de Leitões

## LISTA DE SÍMBOLOS

VCA – Tensão em corrente alternada

VCC – Tensão em corrente contínua

°C – Graus Celsius

mm – Milímetros

m – Metros

kg – Quilogramas

v – Volts

m<sup>2</sup> – Metro ao quadrado

m<sup>3</sup> – Metro ao cubo

kg/m<sup>3</sup>– Quilograma por metro cubico

j/kgK – Joule por quilogramas vezes Kelvin

Cp – Calor especifico

W – Watts

w/mk – Watts por metro Kelvin

W/m<sup>2</sup>k – Watts por metro ao quadrado Kelvin

K/m – Kelvin por metro

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
3.1 SUINOCULTURA BRASILEIRA .....	17
3.1.1 <i>Ciclo da suinocultura Brasileira</i> .....	18
3.2 USO DE SUCEDÂNEO PARA ALEITAMENTO DE LEITÕES.....	20
3.3 METODOLOGIA DE PROJETOS DE PRODUTOS .....	22
3.3.1 <i>Projeto informacional</i> .....	23
3.3.2 <i>Projeto conceitual</i> .....	23
3.3.3 <i>Projeto Preliminar</i> .....	24
3.3.4 <i>Projeto detalhado</i> .....	24
3.4 NORMAS REGULAMENTADORAS .....	24
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>29</b>
5.1 CONHECIMENTO DA GRANJA .....	29
5.2 PROJETO INFORMACIONAL.....	29
5.2.1 <i>Visita ao cliente</i> .....	29
5.2.2 <i>Requisitos do cliente</i> .....	30
5.2.3 <i>Requisitos de projeto</i> .....	31
5.2.4 <i>Especificações do projeto</i> .....	32
5.3 PROJETO CONCEITUAL.....	37
5.3.1 <i>Concepção inicial</i> .....	37
5.3.2 <i>Dimensões do tanque</i> .....	37
5.3.3 <i>Seleção da resistência elétrica</i> .....	41
5.3.4 <i>Análise de troca térmica do tanque</i> .....	43
5.3.5 <i>Sistema do dosador</i> .....	45
5.3.6 <i>Sistema de agitação</i> .....	52

5.3.7 Seleção de motores .....	53
5.3.8 Dimensionamento depósito de leite em pó.....	54
5.3.9 Sistema de automatização .....	55
5.3.10 Componentes do quadro elétrico .....	60
5.4 PROJETO PRELIMINAR.....	63
5.4.1 Construção do protótipo .....	63
5.4.2 Montagem no cliente .....	69
5.4.3 Resultados obtidos com o protótipo .....	70
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>75</b>
<b>7 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O homem sempre buscou meios de facilitar seu trabalho e melhorar sua qualidade de vida. Uma das primeiras invenções automática produzida pelo homem foi o relógio d'água desenvolvido em meados do século II a.C., que tinha como objetivo facilitar a medição do tempo (LIMA, 2003). Com o advento da revolução industrial surgem as primeiras máquinas a vapores e James Watt desenvolve o primeiro controlador automático em busca de controlar a velocidade da máquina a vapor. O advento da automação no século XVIII proporcionou o desenvolvimento de máquinas automatizadas, produzindo mudanças e modificando processos. Tornando-os mais precisos, efetivos e com maior qualidade. (LIMA, 2003)

Neste contexto, a inovação tecnológica na Agricultura está em constante evolução. A mesma é analisada pela lógica concorrencial e schumpeteriana, em que os agricultores buscam, selecionam e adotam novas tecnologias com propósito de aumentar a participação no mercado, se destacar a concorrência e obter maiores lucros (SANTOS; SANCHEZ, 2014). Segundo a FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), para suprir a demanda mundial de alimentos será necessário um aumento de 60% na produção agrícola até o ano de 2050. Espera-se que 90% deste aumento venha do ganho na produtividade e 10% na expansão das áreas de cultivo. Dentro de todo este panorama está presente a criação de suínos, conhecido como suinocultura. Mundialmente o Brasil é 4º colocado em produção de suínos, com 5 milhões de toneladas produzidas. (ABPA, 2022).

No cenário atual os desafios enfrentados na suinocultura são imensos. Variabilidade nos preços de matéria prima, pressões do mercado interno e externo e alta taxas de mortalidade em fase de maternidade, geram muitas circunstâncias em que produtores e empresas acabam amargando com baixas margens de lucros. Em busca de se manter competitivo no mercado e sustentar sua produção, buscam o aumento da produtividade.

Hoje, as matrizes estão com uma capacidade de nascimento de leitões vivos absurdamente grande, chegando a um valor médio geral de 13,75 por parto, representando um aumento de 20,2% comparado ao ano 2008, que a média geral era de apenas 11,44 (AGRINES, 2021). Este fato excedeu a quantidade média de tetos nas matrizes (MARTINEAU, 2009). Visto que o melhoramento genético não

acompanhou a demanda de maior produção de leite e de número de tetos viáveis para garantir que todos os leitões nascidos vivos pudessem ser desmamados (CABALLER, 2017). Tal fato demonstra que o número de mortalidade de leitões no período entre 2008 a 2021 foi acrescido em 23,3%. No ano 2008 tinha uma mortalidade de 1,03 leitões por matriz e em 2021 foi acrescido para 1,27 leitões por matriz (AGRINES, 2021).

Não obstante, a mortalidade de leitões em período de amamentação é considerada a de maior índice, representando 18,6% concentrada nos primeiros sete dias de vida dos leitões. Gerando impacto diretamente na economia da produção (Abrahão et. Al,2004). Ainda segundo England, a fome é a principal causa direta ou indireta de 50% da mortalidade na primeira semana de vida de um leitão. Essa alta taxa ocorre principalmente devido à falta de ingestão de colostro e alta competitividade entre ninhada na hora da amamentação. Como consequência são gerados os leitões conhecidos como refugos. Segundo Teixeira, os refugos não apresentam um bom desenvolvimento pela circunstância de não conseguir competir com leitões maiores na disputa pelos tetos durante a amamentação. A interferência humana nestes casos é necessária para que estes animais tenham acesso ao leite e para que exista uma chance de sobrevivência. A granja em estudo trabalha com dois manejos, o de desmames precoce de animais e o fornecimento de leite processado em mamadeiras

A realização de desmames precoce, traz uma série de desafios aos animais principalmente na dificuldade de adaptação ao consumo de dietas sólidas (Santos, 2020). As funções digestivas são incompletas, tornando o aproveitamento dos nutrientes baixos principalmente em dietas a base de milho e farelo. (HUANYNATE, R, A, R et al., 2003). Obviamente esse desafio precisa ser superado, pois o desempenho neste período afeta diretamente nas fases de crescimento e terminação. Causando um atraso no tempo requerido para atingir o peso de abate, gerando impacto econômico sobre a atividade (SOARES, 2004).

O uso de leite processado (sucedâneo) surge para diminuir tais impactos, auxiliando na nutrição de leitões em que a matriz não tem capacidade suficiente para atender a necessidade da leitegada. O aleitamento artificial deve ser o mais semelhante possível ao aleitamento natural e fornecido a uma temperatura de entre 37° e 40° (CESERO, 2020). Demonstrando a importância de um sistema automatizado para o fornecimento do sucedâneo, segundo Wolter et al. (2002) a suplementação

com sucedâneo lácteo foi capaz de produzir leitões mais pesados ao desmame e um aumento no número de desmamados.

Tal fato mostra o quanto importante é garantirmos que o leitão tenha acesso ao leite desde seus primeiros dias de vidas. Na granja em estudo desse trabalho se fazem manejos totalmente manuais, com uso de mamadeiras e desmame precoce de animais. Em ambas as situações não é possível obter um bom desenvolvimento, gerando os chamados refugos. O uso de mamadeira demanda excesso de mão de obra e não garante um consumo uniforme, principalmente devido aos horários de fornecimento. O manejo de desmame precoce não permite que os animais tenham um consumo de nutrientes efetivamente eficaz. Situações que impactam diretamente na economia da granja.

De tal modo, esse trabalho busca produzir um protótipo automatizado para fornecer o leite artificial aos leitões durante a fase de maternidade. Buscando reduzir a taxa de mortalidade de leitões, reduzir a mão de obra, gerar aumento econômico na granja e reduzir os refugos. A partir do protótipo serão coletados dados para verificar a viabilidade da máquina, para futuramente ser projetada e fabricada.

## **2 OBJETIVOS**

Nesta seção são apresentados os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

### **2.1 Objetivo Geral**

Projeto e desenvolvimento de um protótipo automatizado para realizar o aleitamento artificial dos leitões em fase de maternidade.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos do trabalho são:

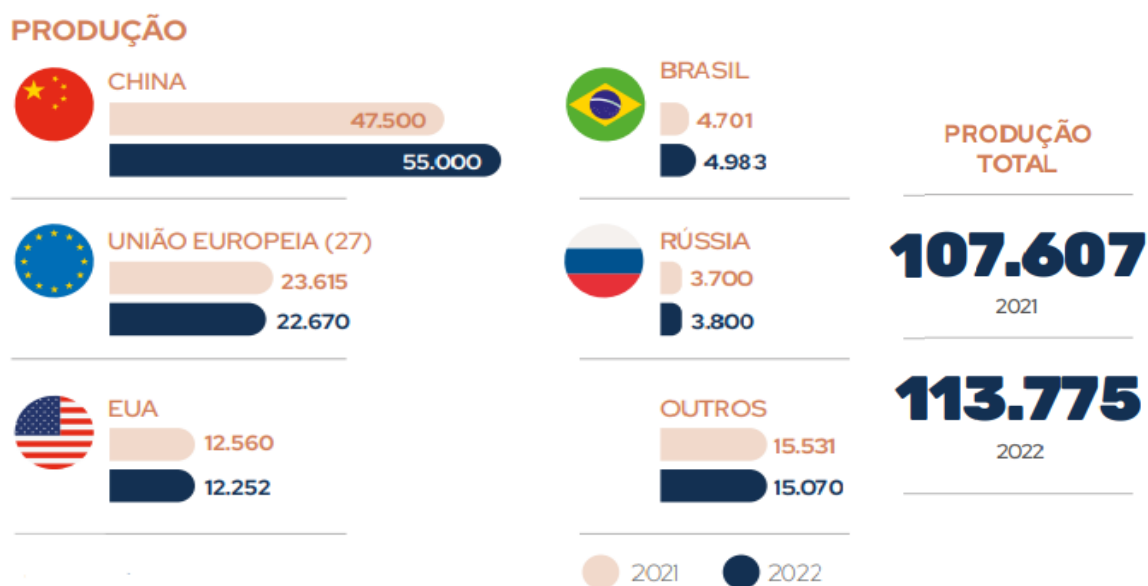
- Levantar os requisitos do cliente;
- Obter requisitos de clientes, e transformar em requisitos de projeto;
- Elaborar projeto conceitual da máquina;
- Elaborar o projeto de automação da máquina;
- Dimensionar os principais componentes;
- Construir o protótipo;
- Obter resultados com o uso do protótipo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Suinocultura Brasileira

A carne suína é umas das fontes de proteína animal mais importante no mundo, com produção de mais 100 milhões de toneladas por ano. Os principais produtores da proteína é a China apresentando 48%, União Europeia e Reino Unido representando 20% e os Estados Unidos com 10,76%, os mesmos são responsáveis por 78,76% da produção global. O Brasil está presente em quarto lugar representando 4,38% da produção global (ABPA, 2023).

Figura 01 – Representação gráfica da produção mundial de carne suína em toneladas



Fonte: USDA, ABPA (2022)

A demanda por proteína animal vem em elevado crescimento. Até o ano de 2050 é esperado que o consumo de carne no mundo dobre, devido ao crescimento populacional e ao aumento da renda per capita (FAO, 2023). Junto com este grande

salto vem grandes desafios que precisarão serem superados, desafios que envolvem biossegurança, sanidade, o bem-estar animal, o uso racional de antimicrobianos, falta de mão de obra, desenvolvimento de medidas de segurança sanitária, investimentos em ambiência dentre outros. A busca por um alimento seguro também está se mostrando uma tendência do consumidor, a mesma afeta os sistemas de produção, pois exige a retirada de antibióticos, geração de novas estratégias e a criação de novos manejos (EMBRAPA, 2018).

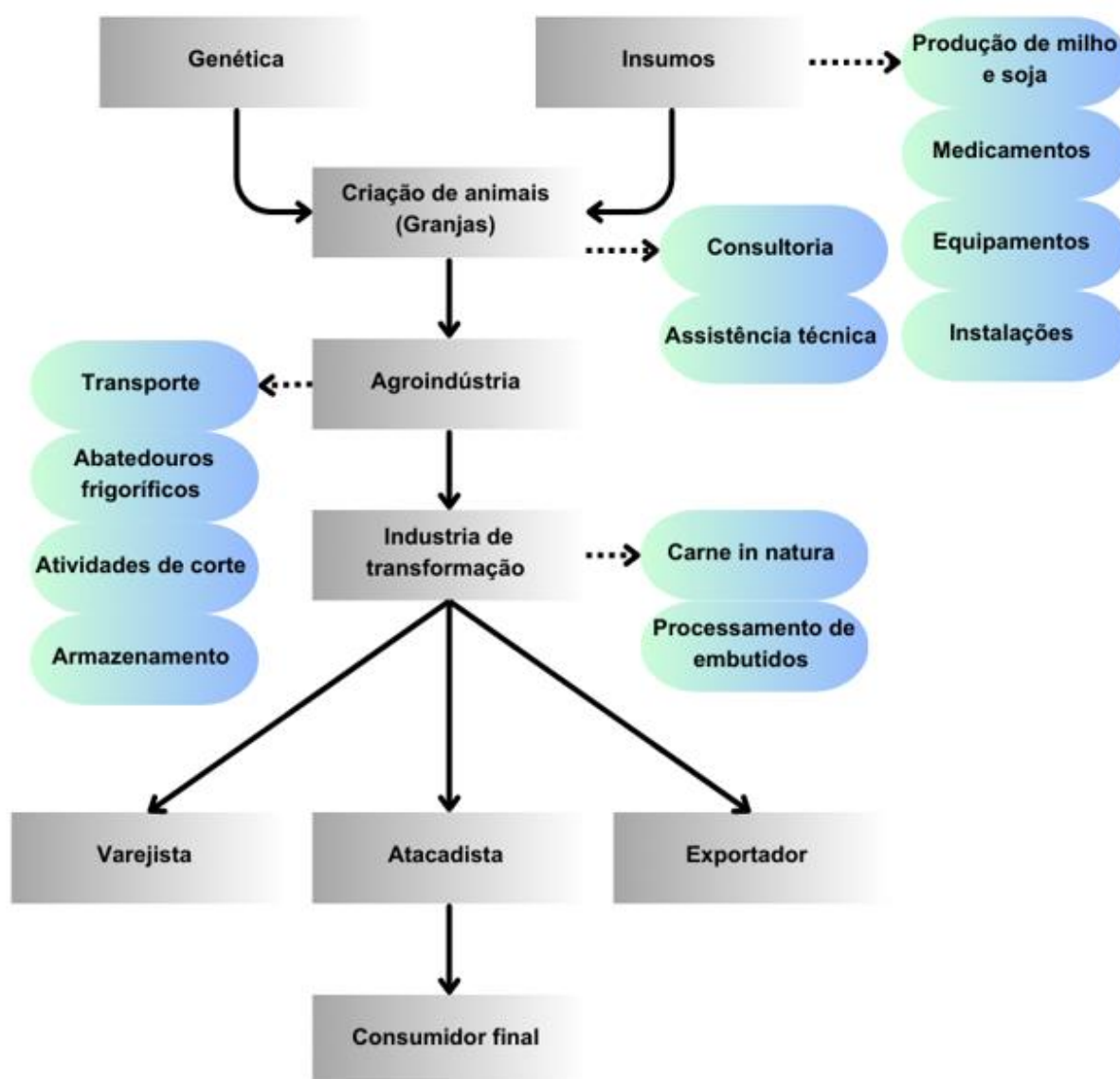
Um dos maiores desafios da suinocultura Brasileira é falta de mão de obra qualificada, a mesma representa entre 10% a 15% do custo de produção, principalmente em granjas com sistema de produção de leitões desmamados. A alta escassez e o custos alto faz com que produtores comprem e investem em equipamentos e instalações automatizadas, objetivando reduzir e otimizar a mão de obra (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2016).

Nas granjas com ciclo UPD (Unidade Produtora de Leitões Desmamados) o maior desafio fica demandado para a alta taxa de mortalidade e a dificuldade de manejar altas quantidades de leitões nascidos. Visto que o melhoramento genético teve uma evolução muita grande em quesito de leitões nascidos vivos porem a mesma não foi acompanhada pela capacidade da matriz em produzir toda a quantidade de leitões (CABALLER, 2017).

### 3.1.1Ciclo da suinocultura Brasileira

A suinocultura tem muitos passos e ciclos até a obtenção do produto final. A mesma é definida por Santana *et al.* (2008), parte que envolve a criação dos suínos, que seriam as granjas, a transferência, as atividades de corte, de armazenamento e transporte e por final a de consumo e as atividades de venda de carne in natura e de embutidos. Ainda a cadeia de produtiva de suínos envolve a indústria de ração com a produção de milho e soja, a indústria de saúde animal, os agentes encarregados do material genético, fabricantes de equipamentos, consultoria e assistência técnica (MOTA, 2013). O ciclo pode ser resumido pelo fluxograma representado na Figura 02.

Figura 02 – Representação em fluxograma do ciclo completo da suinocultura.

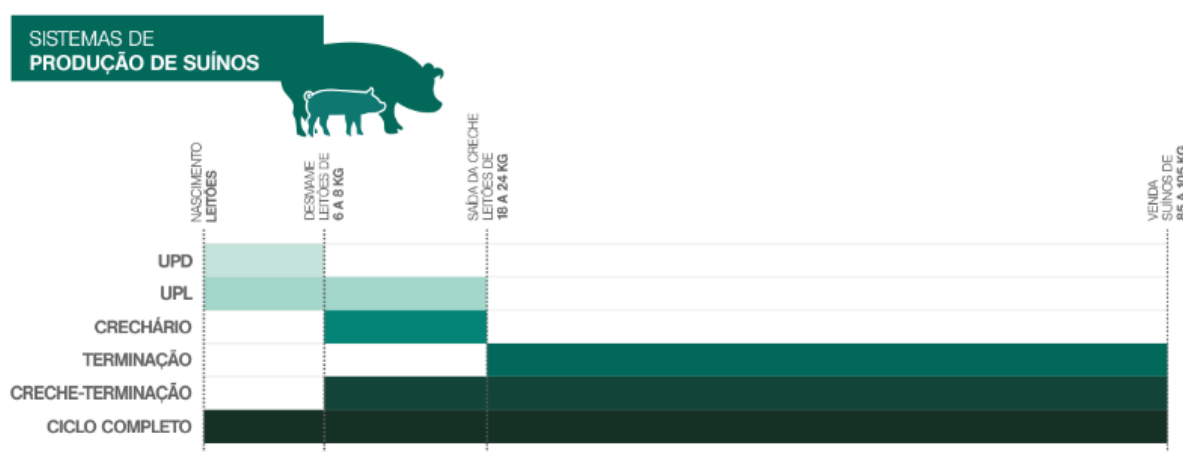


Fonte: Autor (2023)

Segundo Pereira (2018) a divisão da criação de suínos em granjas pode ser subdividida em quatro ciclos diferentes, as granjas de ciclo completo, granjas com ciclo UPD, granjas com ciclo UPL (Unidade Produtora de Leitões) e granjas com ciclo de terminação. As granjas com ciclo completo têm todas as fases de criação de suínos fixado em apenas um local, apresenta os ciclos de gestação, UPD, UPL e terminação. Neste ciclo o leitão nasce e permanece na mesma granja até obter um peso médio de

95 kg, após atingir o peso o mesmo é transferido para a agroindústria. Granjas com ciclo UPD produz apenas leitões desmamados, os mesmos têm a saída da granja com 6 kg a 8 kg, aproximadamente 28 dias após seu nascimento sendo transferidos da maternidade para as unidades UPL. As granjas com ciclo UPL é responsável por receber os leitões recém desmamados das UPD e mantém os mesmos até atingir um peso médio de 25 kg. O último ciclo é a terminação, recebe os leitões das granjas com ciclo UPL e tem sua saída com peso aproximado de 95 kg. Estes ciclos podem ser entendidos pela Figura 03.

Figura 03 – Representação dos ciclos das granjas.



Fonte: Embrapa (2018)

### 3.2 Uso de sucedâneo para aleitamento de leitões

Segundo Cessaro (2020), o avanço da produtividade e a alta fertilidade das matrizes, o mercado busca investir em produtos que podem melhorar a produção e até mesmo substituir as mães de leite. Concluindo que o uso do sucedâneo aumenta o ganho de peso, aumenta o consumo de ração e pode contribuir para um menor desgaste corporal das matrizes. O fato da maternidade ser uma fase com alto índice de mortalidade é necessário atentar-se e praticar um bom manejo para obter

resultados satisfatórios, aprimorar a alimentação dos leitões efetuando práticas como uniformização, uso de mães de leite, fornecimento de suplementos orais e sucedâneos faz com que aumente a taxa de sobrevivência na granja.

O sucedâneo tem a capacidade de fornecer uma nutrição adequada para leitões excedentes, leves, órfãos ou aqueles em que a porca tem produção ineficiente de leite (CESSARO, 2020). O uso do sucedâneo se mostra um promissor manejo para o aumento de produtividade de uma granja.

Segundo Mores *et al.* (1998) um aleitamento artificial deve ser procedido o mais semelhante possível ao aleitamento natural. O leitão mama cerca de 20 a 22 vezes por dia, a cada 60 a 70 minutos, conforme seu crescimento aumenta a frequência diminui. O requisito mais importante é a manter o fornecimento a uma temperatura entre 37°C e 40°C, fornecido à vontade para os leitões.

O estudo realizado por Wolter *et al.* (2002) o sucedâneo foi capaz de produzir leitões mais pesados ao desmame e um aumento no número de desmamados. No experimento de Vergauwen *et al.* (2017), os leitões foram retirados das matrizes com 3 dias de idade, a única fonte de alimento foi o sucedâneo, os autores relatam que até aos 19 dias de idade os leitões criados com sucedâneo tiveram um peso menor comparados com leitões deixados nas matrizes, porém a partir dos 19 dias os leitões criados com o sucedâneo tiveram um peso maior que os leitões com aleitamento natural.

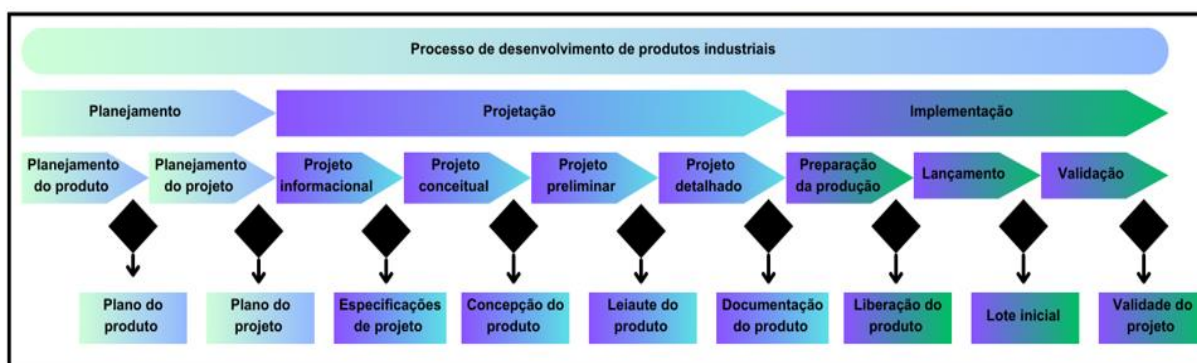
Tais estudos demonstram o efetivo potencial do uso do sucedâneo para os leitões. O mesmo pode permitir a eliminação de desmames precoces, eliminar geração de refugos, tem a possibilidade de eliminar o manejo de mães de leite, se o mesmo for fornecido em sistemas automatizados o custo com mão de obra é reduzido e como consequência a economia da granja é elevada.

### 3.3 Metodologia de projetos de produtos

Segundo a metodologia proposta por Back *et al.* (2008), o desenvolvimento de um produto e para todas as etapas do seu ciclo de vida é um processo baseado em tomadas de decisões com base nas informações. Desenvolver um produto de maneira efetiva e eficaz, necessita definir o que fazer, pra quem fazer, quando fazer, com que fazer e como fazer. A metodologia de projeto, ou metodologia de desenvolvimento de produtos é um conjunto de conhecimentos, métodos e ferramentas utilizados para desenvolver o produto.

O modelo proposto por *Back et al.* (2008) é o “Processo de desenvolvimento integrado de produtos – PRODIP -, o mesmo é baseado em pesquisas e experiências desenvolvidas pelo núcleo de desenvolvimento integrado de produtos (NeDIP), contribuindo para as empresas executarem o desenvolvimento dos produtos mais formal e sistemático, fornecendo meios para que as empresas inovem e desenvolvam novos produtos. O modelo PRODIP é baseado em três macrofases, podendo ser divididas em oito fases, como apresentado na Figura 04.

Figura 04 – Representação gráfica do modelo do processo de desenvolvimento integrado de produtos – PRODIP



Fonte: Adaptado de Back, *et al.*, (2008)

### 3.3.1 Projeto informacional

Na fase de projeto informacional é estabelecido as especificações de projeto. São identificadas as necessidades dos clientes e feito o levantamento dos requisitos de projeto, que consistem nos parâmetros que o produto projetado deve atender. Considerando atributos: funcionais, ergonômicos, de segurança, confiabilidade, legais, dentre outros. Esta etapa serve para análise de tomadas de decisões ao decorrer do desenvolvimento do projeto. Um projeto informacional feito de maneira não adequada resultara em um produto que não satisfaça o cliente o final (BACK, *et al.*, 2008).

### 3.3.2 Projeto conceitual

O projeto conceitual é o desenvolvimento da concepção do produto por meio da definição das funções executadas pelo produto. Definido a as funções se busca estruturas funcionais alternativas, buscando escolher a solução mais adequada. Para isso, Back, *et. al* recomendam o uso de métodos ou procedimentos que permitem obter de forma rápida um conjunto de soluções possíveis e inovadoras. As mesmas podem ser organizadas por meio de uma matriz morfológica, listando na primeira coluna as funções, e na mesma linha os princípios de soluções encontrados ou gerados.

Segundo Back *et al.* o método da matriz morfológica consiste na realização de uma pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros. Diferentes combinações geram concepções distintas que serão analisadas e escolhidas. A escolha da melhor concepção pode ser auxiliada por meio do método de Pugh ou Método da Matriz de Decisão. O método consiste na comparação de diferentes concepções a uma concepção base, criando uma concepção mais forte e eliminando as concepções inferiores. A concepção padrão recebe o valor de zero em todos os critérios comparados. As demais concepções recebem um valor positivo caso

sejam melhores ou negativo caso sejam piores. Todos os dados são colocados em uma matriz e somados, a concepção que tiver maior pontuação é escolhida (ROZENFELD, *et al.*, 2006).

### 3.3.3 Projeto Preliminar

Na fase de projeto preliminar a solução conceitual é desenvolvida, determinando componentes, formas, geometria, viabilidade técnica e econômica e estabelecido o leiaute final. Modelos de análise, simulação e otimização da solução são empregados nesta etapa, bem como a construção e testes de protótipos, o que agiliza o processo além de reduzir custos (BACK, *et al.*, 2008).

### 3.3.4 Projeto detalhado

Na fase de projeto detalhado ocorre a construção, testagem e aprovação do protótipo e a finalização das especificações dos componentes. Concluindo os testes de protótipos a solução é revisada em detalhes, obtendo a aprovação do protótipo são elaborados o plano de manufatura detalhado, manual de instruções, manual de assistência técnica e o catalogo de peças. Ao final, a solicitação de investimento é submetida à aprovação. Obtendo a aprovação o projeto passa para a fase de produção (BACK, *et al.*, 2008).

## 3.4 Normas regulamentadoras

As normas regulamentadoras têm como objetivo orientar e regulamentar procedimentos obrigatórios no ambiente de trabalho, garantindo a segurança dos trabalhadores. “Consistem em obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos por empregadores e trabalhadores com o objetivo de garantir trabalho seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho.” (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 2023).

Máquinas e equipamentos devem seguir a normas regulamentadoras vigentes, dentre as principais estão a NR-12 (SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS) que define referências técnicas e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores, estabelece requisitos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho desde da fase de projeto até a utilização da máquina.

A norma ainda diz referente aos circuitos elétricos de comando e potência das máquinas, que os mesmos devem ser projetados e mantidos prevenindo por meios mais seguro possíveis de descargas elétricas, incêndios, explosões e outros tipos de acidentes. Devem ser aterrados carcaças, invólucros, blindagens ou parte condutoras. Ficando proibido o uso de chave geral como dispositivo de partida e parada. Os dispositivos de partida, acionamento e parada não podem estar localizados em zonas perigosas, possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência e operar em extra baixa tensão de até 25 VCA ou até 60 VCC (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 2023).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Em busca de conhecer a granja, será efetuado um levantamento de dados, levando em consideração números referentes a produção tipos de manejos abordados dentro da granja e também suas limitações. Estes dados serão informados pelo cliente durante a visita à granja.

O projeto do protótipo será desenvolvido segundo a metodologia de projeto de produto apresentada por Back, *et al.* (2008), descrita de forma brevemente no item 2.4 Não será abordada a macrofase de planejamento, a implementação de lote inicial será feita pelo uso do protótipo, avaliando os resultados para depois ser possível realizar as melhorias no produto final. A Figura 05 apresenta um fluxograma com as etapas a serem realizadas.

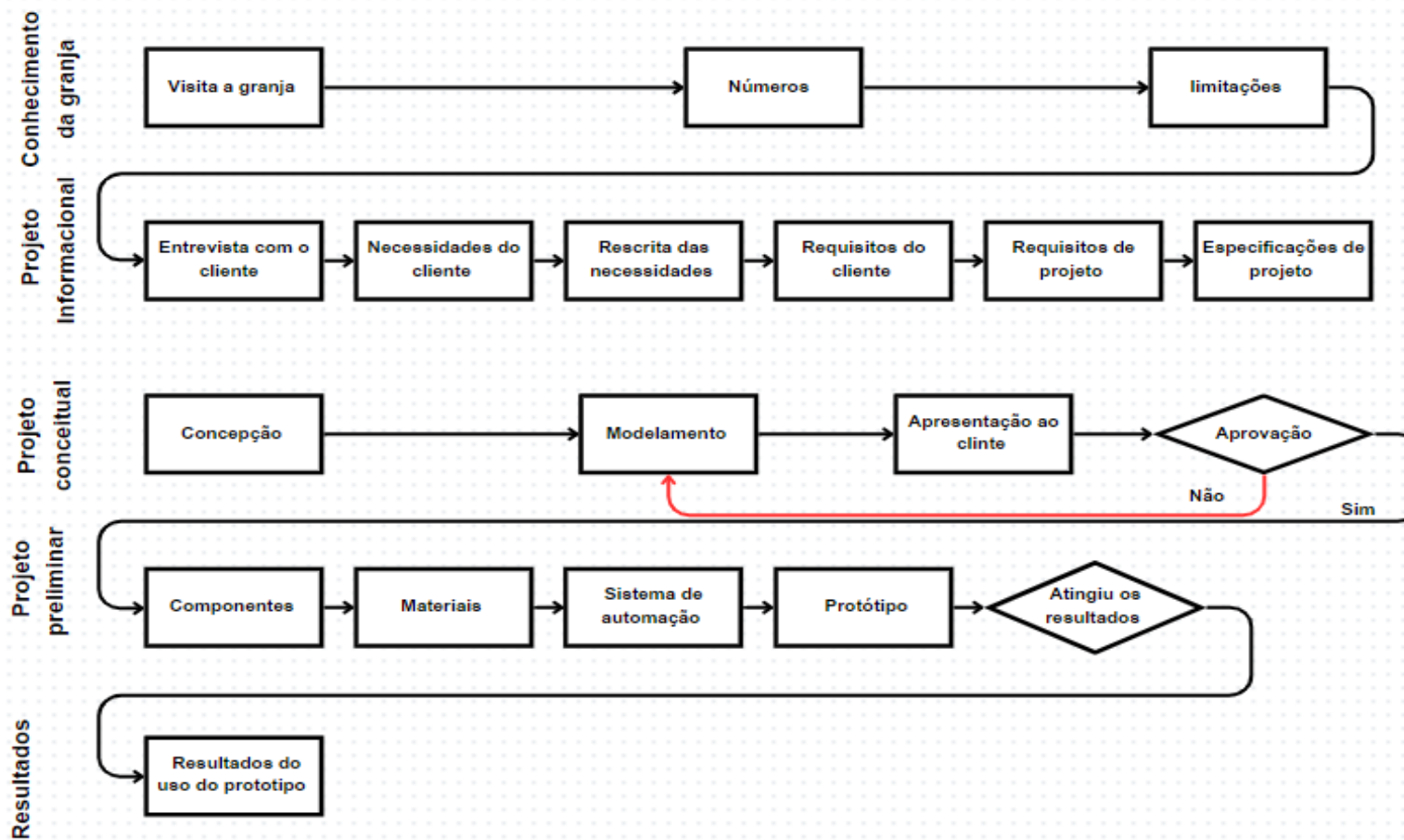
Na primeira fase, projeto informacional, serão coletados os dados e informações necessários para as fases seguintes do projeto. Inicialmente será feita uma visita realizando um estudo da granja pra levantar dados referente a produtividade e o cliente informará as necessidades por meio de entrevista. As necessidades serão traduzidas em requisitos do cliente. Este processo consistirá em reescrever o que foi relatado pelo cliente com uma linguagem mais apropriada, na forma de atributos que o produto deve possuir. Os requisitos serão classificados pelo nível de importância para o cliente, permitindo priorizá-los de acordo com seu peso. Com os requisitos do cliente bem definidos, será feito o levantamento dos requisitos de projeto. Em cada atributo, serão propostas uma ou mais características que satisfaça. Os requisitos de projeto serão classificados em ordem de importância por meio do método da Casa da Qualidade, sendo realizada apenas a classificação levando em conta os pesos dos requisitos do cliente.

Com todas as especificações definidas, se inicia a fase de projeto conceitual. Onde serão elaboradas soluções que atendem as especificações de projeto. Com a concepção escolhida a mesma será apresentada em um modelamento em ambiente virtual com o uso do *software* CAD SolidsWorks. O modelamento será apresentado ao cliente e havendo a confirmação positiva do cliente será dada sequência no desenvolvimento do produto. Caso não satisfaça o cliente, serão repetidas as etapas

que geraram resultados insatisfatórios do ponto de vista do cliente e apresentado novamente a novo modelamento ao cliente.

Chegando na parte do projeto preliminar, serão definidos os componentes e materiais utilizados, também será definido o sistema de automação da máquina. Será fabricado o protótipo e disponibilizado para testes ao cliente, verificando se o protótipo tem a capacidade de gerar os resultados esperados. Também será verificado possíveis melhorias que podem ser agregadas a máquina final.

Figura 05 – Fluxograma da metodologia adotada



Fonte: Autor (2023)

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 Conhecimento da granja**

A granja fica situada em Linha Divisa da Águas no interior do município de Xavantina, do Estado de Santa Catarina. Atualmente trabalha com um plantel de 200 matrizes, integrando o sistema UPD (Unidade Produtora de Leitões Desmamados). O sistema de UPD, é subdividido em dois setores na granja, o setor de gestação e o setor de lactação. Atualmente possui uma média anual de 33 leitões desmamados por matriz. Porém destes 33 apenas 29,8 são possíveis de serem entregues ou vendidos, os demais acabam permanecendo na granja por não terem atingido o peso de carregamento.

No setor de lactação está presente as matrizes com suas respectivas leitegadas, são alocadas no setor sete dias antes da sua parição, as mesmas permanecem neste setor até sua leitegada obter a idade de 28 dias. Após completado os 28 dias os leitões são retirados das matrizes, manejo descrito como desmame, após este manejo os leitões são disponibilizados para venda.

Realizado o desmame as matrizes voltam para a gestação pra iniciar mais um ciclo. As matrizes ficam vazias por aproximadamente 4 dias. Durante estes dias as matrizes apresentam o cio e as mesmas recebem uma inseminação artificial. Permanecendo no setor de gestação por aproximadamente 107 dias pós cobertura. A matriz repete este ciclo cerca 2,4 vezes por ano.

### **5.2 Projeto informativo**

#### **5.2.1 Visita ao cliente**

Durante a visita, o cliente explicou o quanto era difícil e complicado realizar o fornecimento do leite aos leitões, principalmente em leitões menores, para este caso o cliente faz uso de mamadeiras manuais, demandando um grande tempo de serviço.

Para leitões acima de 15 dias vida o leite é fornecido em cochos plásticos, porém o desperdício com derramamento do leite é grande, muitas moscas eram encontradas junto ao leite nos cochos e a acidificação do leite ocorria muito fácil.

Explicada a ideia da máquina para o cliente, começamos a adentrar nos parâmetros e requisitos que a máquina pode possuir. O primeiro parâmetro identificado e encontrado foi a capacidade da máquina, capacidade se referindo a quantidade de leitões que a mesma alimentara. O cliente repassou um número inicial de 15 a 20 leitões, porém este parâmetro ainda irá depender de outras circunstâncias como, o distanciamento mínimo possível entre tetos e a quantidade em litros do tanque. O cliente informou que o leite é na forma em pó e precisa ser misturado junto a água na dosagem de 1 kg para 6 litros de água. O leite precisa ser mantido a uma temperatura próxima aos 40°C.

#### 5.2.2 Requisitos do cliente

Os requisitos do cliente, estão apresentadas na Tabela 01, são descritos buscando expressar o que o produto deve possuir e realizar para atender as necessidades do cliente. Os requisitos foram executados através da visita ao cliente, também considerando a segurança. Cada requisito possui um peso, servindo para indicar a sua importância em relação aos demais.

Tabela 01 – Requisitos do cliente

<b>Requisito</b>	<b>Peso</b>
Ter capacidade de 15 a 20 leitões	5
Ser capaz de manter a temperatura correta	5
Ser capaz de dosar o leite em pó	4
Ser capaz de homogeneizar a mistura	3
Ter segurança	5
Ser automática	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

### 5.2.3 Requisitos de projeto

Os requisitos do cliente precisam ser transformados em requisitos de projeto, para isso, foram propostos um ou mais parâmetros, ou características que a máquina deve possuir para atender a demanda do cliente. Os parâmetros e características foram organizados na Tabela 02, em uma estrutura semelhante a uma Casa da Qualidade.

Tabela 02 – Casa da Qualidade

Requisitos de Projeto \ Requisitos do Cliente	Importância para o cliente	Volume do tanque	Número de tetos	Capacidade de isolamento térmico	Sistema de aquecimento	Capacidade de dosar o leite	Sistema de agitação	Conformidade com NR - 12	Sistema de automação			
Ter capacidade de 15 a 20 leitões	5	5	5	1	1	0	1	0	0		5	Forte
Ser capaz de manter a temperatura correta	5	3	3	5	5	0	3	0	0		3	Médio
Ser capaz de dosar o leite em pó	4	0	0	0	0	5	0	0	1		1	Fraco
Ser capaz de homogeneizar a mistura	3	3	1	0	1	0	5	0	0		0	Nulo
Ter segurança	5	0	0	0	0	0	0	5	1			
Ser automática	5	0	0	0	1	1	0	0	5			
										Total		
Importância absoluta		49	43	30	38	25	35	25	34	279		
Importância relativa		17,6%	15,4%	10,8%	13,6%	9,0%	12,5%	9,0%	12,2%	100,0%		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Com os valores encontrados de importância relativa e absoluta, a partir da estrutura da casa da qualidade é possível dar priorizar as características de maiores importâncias para o projeto.

A importância relativa é obtida através da divisão da importância absoluta pela soma de todas as importâncias absolutas. Já a importância absoluta é a soma da

multiplicação das relações da coluna pelo respectivo peso do requisito. Onde as relações são 5 para forte, 3 para médio, 1 para fraco e 0 para nulo. Pegando o requisito de projeto “volume do tanque” como exemplo, possui uma relação forte (5) com “ter capacidade de 15 a 20 leitões”, tem uma relação média (3) com “ser capaz de manter a temperatura correta” e possui uma relação média (3) com “ser capaz de homogeneizar a mistura”, fazendo a multiplicação e soma da seguinte forma,  $(5*5)+(5*3)+(3*3)$  se obtém o valor de importância absoluta de 49, fazendo a divisão desse valor pela soma das importâncias absolutas se obtém a importância relativa de 17,6%.

Os pontos de maiores relevâncias para o projeto foram o volume do tanque representando 17,6%, o número de tetos representando 15,4%, o sistema de aquecimento com 13,6% e o sistema de agitação representando 12,5%.

#### 5.2.4 Especificações do projeto

As especificações de projeto são obtidas rescrevendo os requisitos de projetos com maiores detalhes, buscando um parâmetro, grandeza ou característica que possa ser verificado ou medido. A seguir serão apresentados os requisitos de projeto com maiores detalhes.

##### 5.2.4.1 Volume do tanque

O volume do tanque precisa ser de acordo com a quantidade de leitões que serão alimentados durante o uso da máquina. Segundo Ventura (2004), o leitão mama a cada 60 minutos, cada mamada dura 25 segundos, onde o leitão ingere 20 a 60 gramas de leite, o mesmo se alimenta cerca de 22 vezes por dia. Abaixo na Tabela 03 estará disposto o volume necessário do tanque, considerando que a máquina realizará apenas uma mistura por dia.

Tabela 03 – Volume do tanque

<b>Quantidade de leitões</b>	<b>Volume do tanque (m<sup>3</sup>)</b>
15	0,0192
16	0,0205
17	0,0218
18	0,0231
19	0,0243
20	0,0256

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para a tabela foi considerado o valor de consumo de 60 grama, pois é o valor máximo de consumo e um 1 kg de leite equivale a 0,00097 m<sup>3</sup>, pois a densidade média do leite é de 1030 kg/m<sup>3</sup>.

#### 5.2.4.2 Espaçamento de tetos

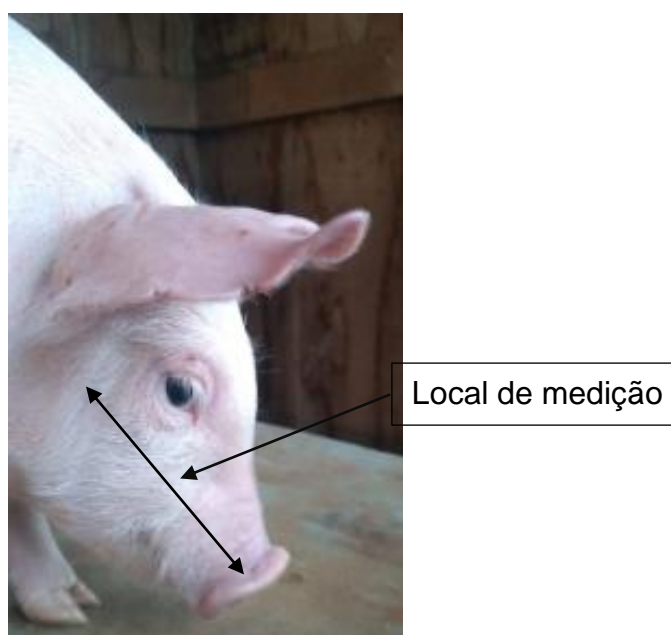
Para garantir uma boa distribuição dos tetos, bem como o espaçamento correto, foi feito um estudo com as medidas da cabeça do leitão. Esse resultado se torna importante, pois é partir dele que conseguiremos verificar as dimensões de altura e diâmetro do tanque que será necessário, garantindo que os leitões não se sobrepõem durante as mamadas e não gera uma disputa por espaçamento durante o período de aleitamento.

Figura 06 – Local de medição da largura da cabeça do leitão



Fonte: Autor (2023)

Figura 07 – Local de medição de localização da maior largura cabeça do leitão



Fonte: Autor (2023)

Para realização do estudo foi escolhido aleatoriamente uma quantidade de 10 leitões com um peso médio 5 kg e tirado a medida de maior largura da cabeça, como representado na Figura 06 e também retirado a medida da localização desta maior largura, como representado na Figura 07. Os resultados obtidos estão representados no Anexo 01, “Medidas da cabeça dos leitões”, o valor médio obtido e que será usual para o projeto da largura de cabeça foi de 110 mm e a posição média desta largura ficou em 155 mm, estes valores serão levados em consideração para o espaçamento deixado entre tetos na máquina.

#### 5.2.4.3 Capacidade de armazenamento do leite em pó

Garantindo o requisito do cliente de necessitar reencher o reservatório a cada cinco dias somente, necessitamos encontrar a quantidade em quilogramas necessária para atender ao requisito. O cliente nos informou que 1 kg de leite em pó pode ser misturado em 6 litros de água. Logo a capacidade que o reservatório de leite em pó deve possuir fica demonstrado pela Tabela 04 do presente trabalho.

Tabela 04 – Capacidade de armazenamento do leite em pó

<b>Quantidade de leitões</b>	<b>Volume do tanque (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Capacidade de armazenamento do leite em pó (kg)</b>
15	0,0192	16,0
16	0,0205	17,1
17	0,0218	18,2
18	0,0231	19,3
19	0,0243	20,3
20	0,0256	21,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

#### 5.2.4.4 Sistema de aquecimento

O aquecimento será realizado por uma resistência elétrica, devido a simplicidade de funcionamento e de fácil manutenção. Considerando que a resistência precisa aquecer o leite em um tempo determinado de 10 minutos, pois assim garantimos que a mistura fica homogênea mais rapidamente e os leitões não ingerem o leite em temperatura não adequada.

#### 5.2.4.5 Resultados

Os resultados obtidos nesta etapa serão apresentados na Tabela 05. Algumas grandezas que assumiriam grandeza numéricas ainda não puderem ser determinadas nesta etapa de projeto, pois precisa da vinculação de outros resultados que aparecerão na etapa de projeto conceitual.

Tabela 05 – Especificações do projeto

<b>Requisito</b>	<b>Especificação</b>
Volume do tanque	0,0192 m <sup>3</sup> a 0,0256 m <sup>3</sup>
Espaçamento entre tetos	110 mm
Capacidade de armazenamento leite em pó	16 kg a 21,3 kg
Sistema de aquecimento	Atingir 40 °C em 10 minutos
Capacidade de dosar o leite	Capacidade de dosar 1 kg de leite para 6 litro de água
Sistema de agitação	Manter a mistura homogênea
Conformidade com a NR - 12	Atender a norma
Sistema de automação	Sistema totalmente automatizado

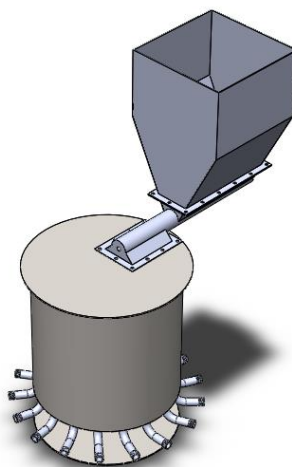
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

## 5.3 PROJETO CONCEITUAL

### 5.3.1 Concepção inicial

Realizado a concepção de ideia inicial do projeto, explicado e mostrado ao cliente como seriam os componentes e funcionalidade da máquina. A Figura 08 ilustra a ideia de como seria o projeto inicial. Esta é somente uma ideia conceitual do projeto.

Figura 08 – Projeto conceitual



Fonte: Autor (2023)

### 5.3.2 Dimensões do tanque

O tanque foi dimensionado a partir da quantidade de leitões que serão amamentados pela máquina, considerado que a mesma realiza apenas uma mistura diária. Também foi levado em conta o espaçamento necessário entre tetos. A máquina será projetada para uma quantidade de 20 leitões, logo o volume do tanque ideal será de 0,025 m<sup>3</sup> ou, 25 litros.

O material escolhido para o tanque foi de polietileno de alta densidade. Apresentado para o cliente três opções de tanque, a primeira de polietileno, o segundo de aço inox e o terceiro também de aço inox, mas com isolamento térmico. Porém devido ao custo de fabricação e o preço elevado do aço inox o cliente optou pelo

tanque de polietileno. O tanque de polietileno apresenta uma boa resistência, é de baixo custo, permite a visualização do nível do leite e possui uma troca de calor com o ambiente muito menor comparada a um aço inoxidável. Porém a limpeza do tanque é um pouco mais difícil de realizar, ponto também explicado ao cliente.

Em primeiro passo foi encontrar o tamanho da circunferência necessária dado pela Equação 01, levando em consideração os 110 mm de espaçamento entre os tetos.

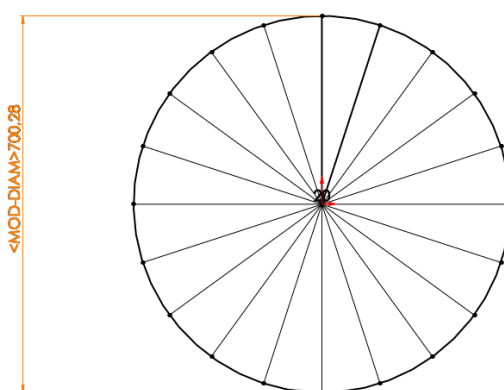
$$c = 2\pi * r \quad (01)$$

$$r = \frac{20 * 110}{2\pi}$$

$$r = 350,14 \text{ mm}$$

A circunferência ficara com um diâmetro de 700,28 mm, subdividido como na Figura 09. Cada ponto em preto ficara a localização da mamadeira.

Figura 09 – Divisão da circunferência

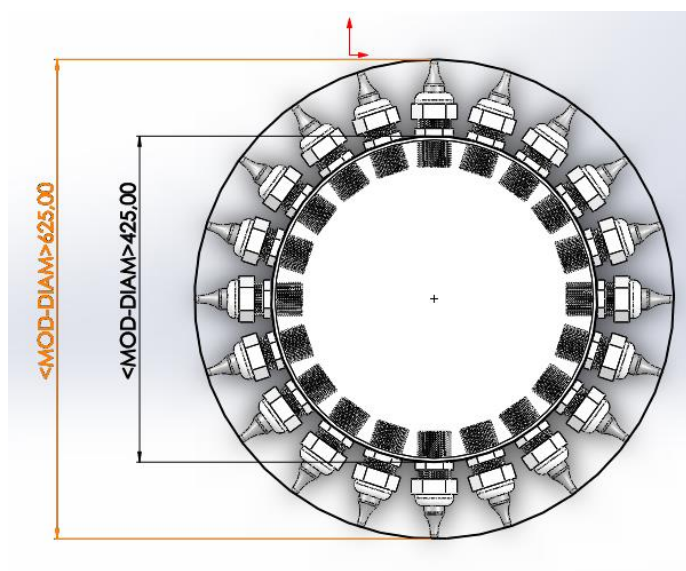


Fonte: Autor (2023)

Como a largura máxima da cabeça do leitão se localiza a uma distância de média de 155 mm, desta forma foi diminuído 75,28 mm da circunferência. Diminuído

apenas 75,28 mm para podermos trabalharmos com uma folga, caso o cliente use a máquina para leitões maiores. A Figura 09 representa a nova divisão, com a diminuição dos 75,28 mm.

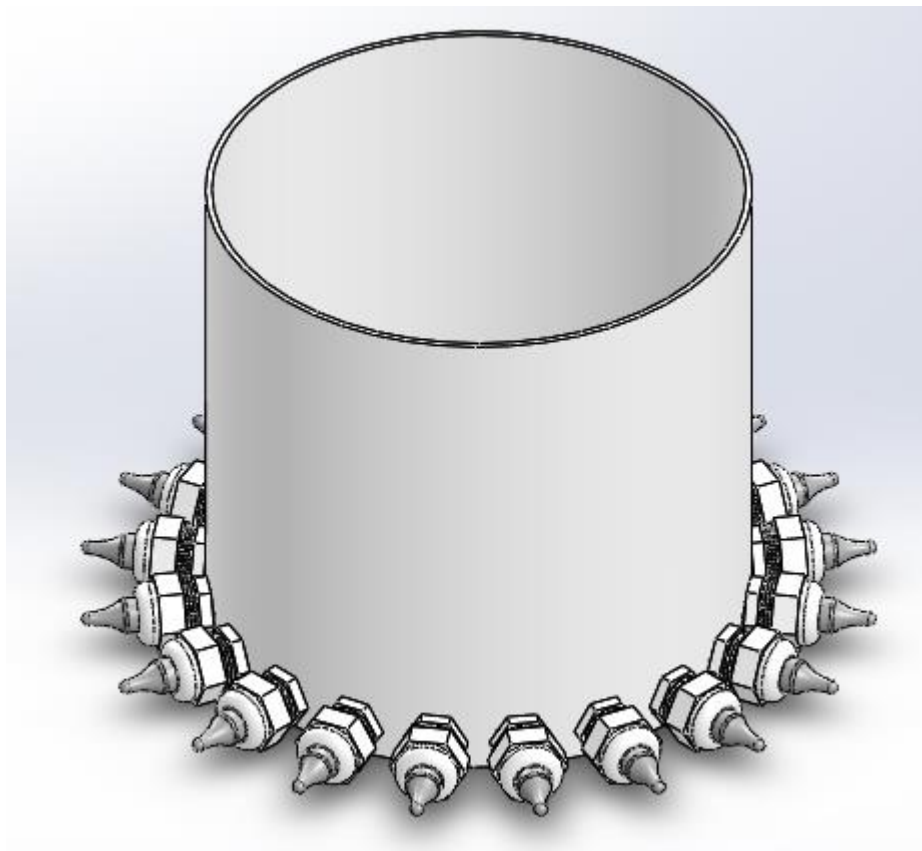
Figura 09 – Nova divisão da circunferência



Fonte: Autor (2023)

A dimensão do tanque pode ser ainda menor do que o diâmetro de 500 mm pois ainda temos a distância referente aos bicos e conexões das saídas das mamadeiras. As dimensões que o tanque deve possuir para anteder o projeto ficaram com 425 mm de diâmetro e 350 mm de altura e uma espessura de 5mm. As mesmas podem ser verificadas no Anexo 02, "Dimensão do tanque".

Figura 10 – Tanque



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Verificando se o tanque atenderá o volume de 25 litros de leite, para o projeto, da seguinte forma:

$$v = r^2 * \pi * h \quad (02)$$

$$v = 0,2075^2 * \pi * 0,35$$

$$v = 0,047 \text{ m}^3$$

O tanque está aprovado para o projeto, obteve um volume maior que o necessário, pois tivemos que garantir o espaçamento mínimo entre as mamadeiras, mas o mesmo não vai fazer diferença para o processo, pois será possível obter o controle de nível.

### 5.3.3 Seleção da resistência elétrica

A resistência é a responsável pela realização do aquecimento do leite, transformando a energia elétrica em energia térmica. Para selecionar uma resistência precisa-se conhecer, a massa ou volume de líquido que irá ser aquecido, tipo de material que será aquecido e as diferenças de temperatura. Conhecendo estas propriedades podemos encontrar a potência necessária para aquecer certa quantidade de produto, a uma temperatura estabelecida e um tempo pré-determinado.

Com a fórmula termodinâmica de transferência de calor (03), é possível encontrar a quantidade de energia que é preciso fornecer ao material para obter a temperatura final desejada. Onde  $Q$  é quantidade de energia em joules,  $m$  massa do material em quilogramas,  $C_p$  é o calor específico, para o leite que é de  $3930 \text{ j/kg}^{\circ}\text{K}$  e o  $\Delta t$  é a variação de temperatura em Kelvin. A equação 04 é dada por:

$$Q = m * C_p * \Delta t \quad (03)$$

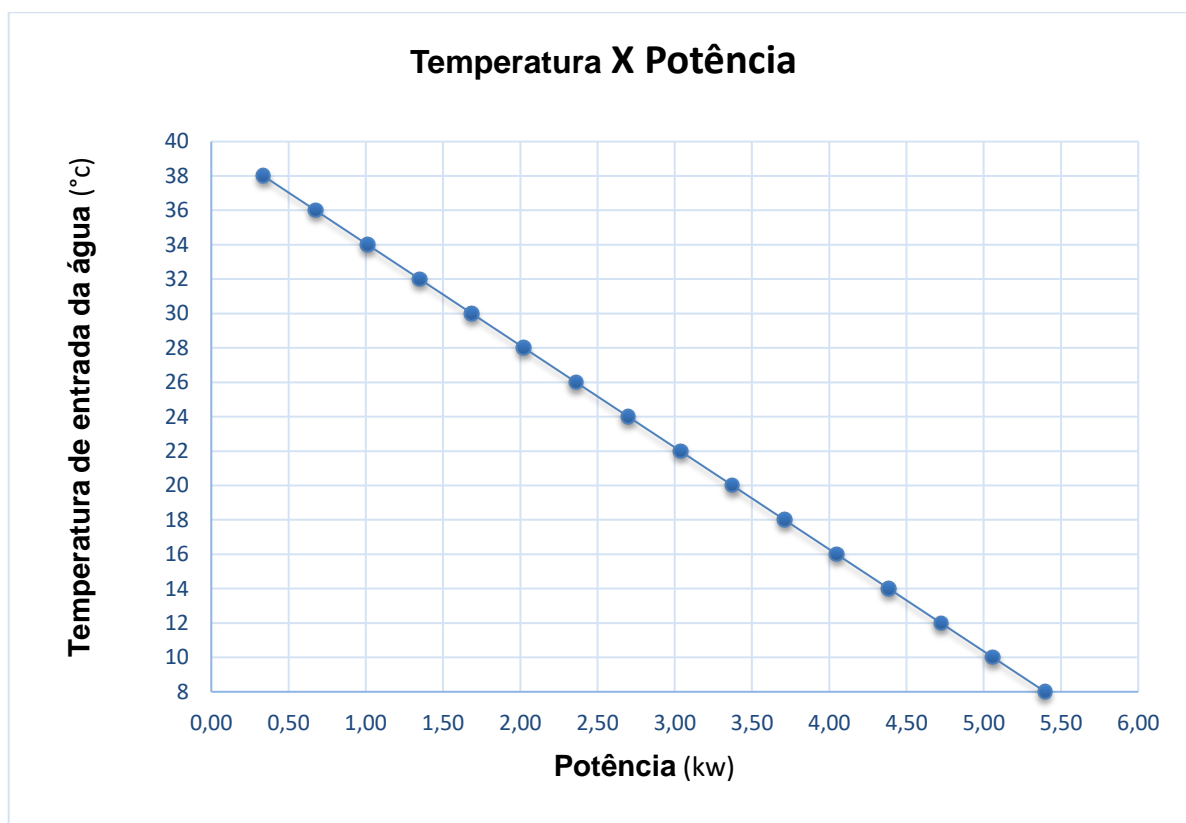
Encontrado a energia pela equação 03 e usando o tempo de aquecimento requisitado para o projeto é encontrado a potência que a resistência deve obter pela equação 04, dada por:

$$P = \frac{Q}{t} \quad (04)$$

Onde  $P$  é a potência em Watts e  $t$  é o tempo em segundos.

Os cálculos desta etapa foram realizados em uma planilha eletrônica e podem ser consultados no Apêndice 04. No Gráfico 01 temos a potência necessária para cada temperatura inicial de entrada de água, onde a temperatura final é  $40^{\circ}\text{C}$ . Foi considerado um tempo de aquecimento de 10 minutos.

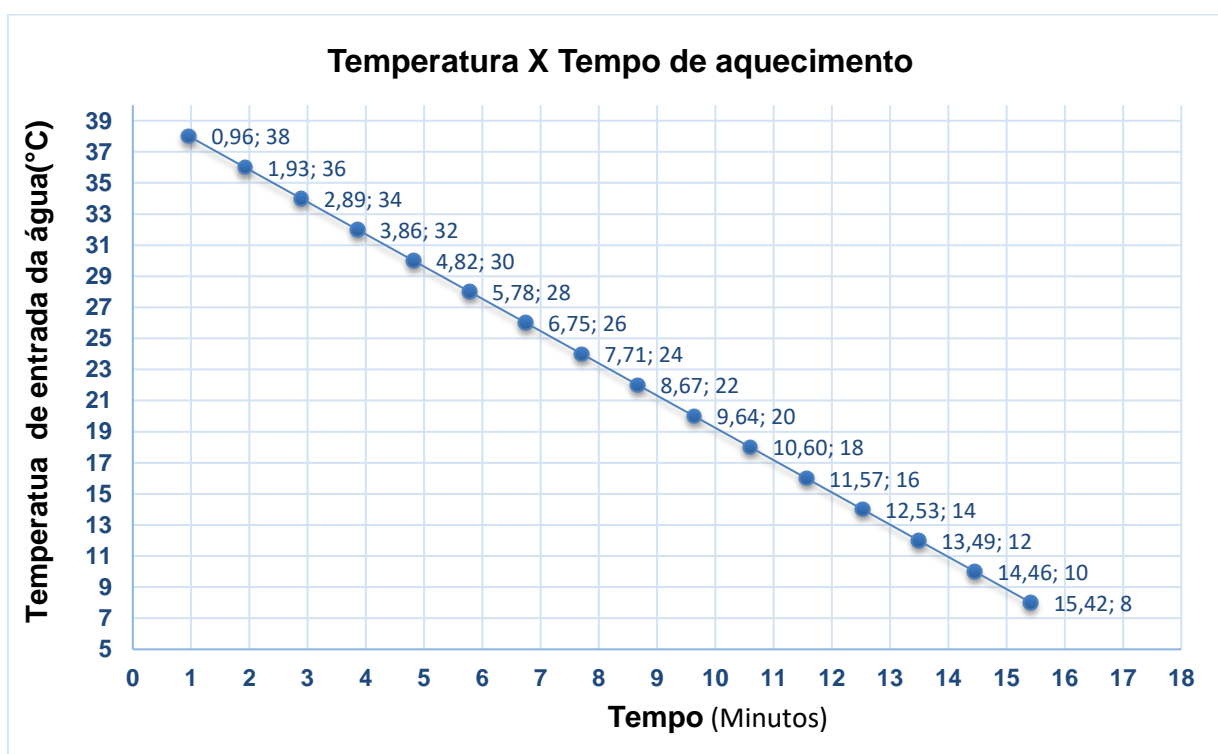
Gráfico 01 – Temperatura X Potência



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

A potência de resistência selecionada e mais apta para o processo foi de 3500 Watts. Pois são poucos períodos que água entra ao tanque em temperatura inferior a 17°C. Selecionada uma resistência tubular com formato de circunferência e de material inox. Facilitando o posicionamento dentro do tanque e garantindo uma maior vida útil a resistência. No Gráfico 02 está representado o tempo que a resistência elétrica selecionada irá demorar para atingir a temperatura de 40 °C para cada temperatura de entrada de água.

Gráfico 02 – Tempo de aquecimento do leite



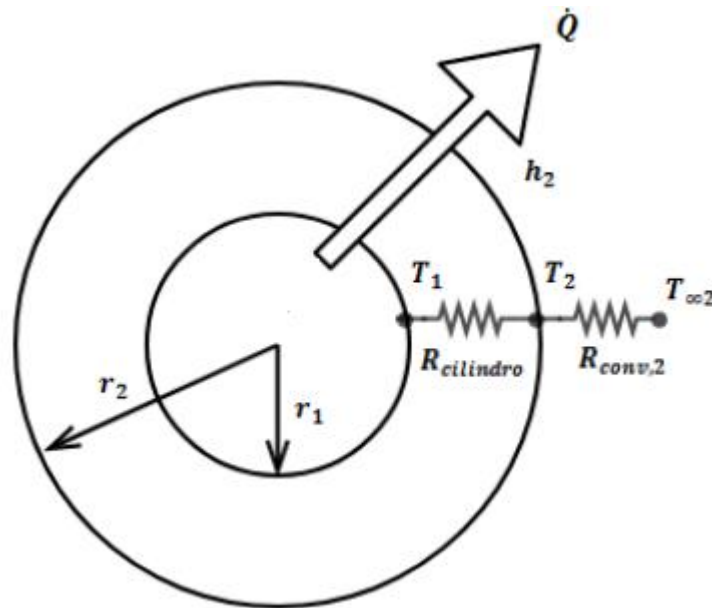
Fonte: elaborado pelo autor (2023)

### 5.3.4 Análise de troca térmica do tanque

Para verificar a taxa de transferência de calor envolvida no tanque foi considerado um regime em estado estacionário onde as temperaturas se mantêm constante durante o tempo. As trocas térmicas consideradas foram a de condução do tanque, com temperatura de parede interna igual 40°C e a troca por convecção do ambiente externo, considerando uma temperatura externa de 20°C. A condutividade térmica do polietileno é de 0,46 W/m.K e o coeficiente de transferência de calor com ar é de 25 W/m<sup>2</sup>.K. Os cálculos desta etapa podem ser verificados nos apêndices como, “Memorial de cálculo de transferência de calor do tanque de polietileno”. Juntamente aos cálculos estará uma simulação computacional demonstrando os valores obtidos.

Para calcular a transferência de calor do tanque precisamos conhecer a resistência equivalente de todo o sistema, a Figura 11 representa o sistema.

Figura 11 – Sistema de transferência de calor do tanque



Fonte: Adaptado de ÇENGEL; GHAJAR (2012)

A resistência equivalente é obtida pela Equação 05. Onde  $R_{cond}$  é a resistência de transferência ao calor por condução do cilindro e  $R_{conv}$  é a resistência de convecção de transferência de calor, ambas dadas em K/w

$$R_{eq} = R_{cilindro} + R_{conv} \quad (05)$$

A resistência de transferência para cilindros é obtida pela Equação 06

$$R_{cilindro} = \frac{\ln\left(\frac{R2}{R1}\right)}{2\pi * L * Km} \quad (06)$$

Onde,  $R2$  é o raio externo do cilindro em [m],  $R1$  é o raio interno do cilindro em [m],  $L$  é o comprimento do cilindro em [m] e  $Km$  é o coeficiente de condução do polietileno [0,46 w/mK].

A resistência de transmissão de convecção para cilindros é encontrada pela Equação 07. Onde  $H2$  é o coeficiente de transmissão de convecção do ar [25 W/m<sup>2</sup>K].

$$R_{cov} = \frac{1}{(2\pi * R2 * L) * H2} \quad (07)$$

Por final a taxa de transmissão de calor [w] é obtida pela Equação (08), onde  $\Delta t$  é a diferença de temperatura do interior do cilindro com o meio externo.

$$Q = \Delta t / Req \quad (08)$$

Aplicando as equações descritas acima obtivemos os seguintes valores representado na Tabela 06.

Tabela 06 – Resultados da taxa de transmissão de calor

<b><math>R_{cilindro}</math> [K/w]</b>	0,024
<b><math>R_{cov}</math> [K/w]</b>	0,043
<b><math>Req</math> [K/w]</b>	0,067
<b><math>Q</math> [w]</b>	398,50
Temperatura externa do cilindro [°C]	33

Fonte: Autor (2023).

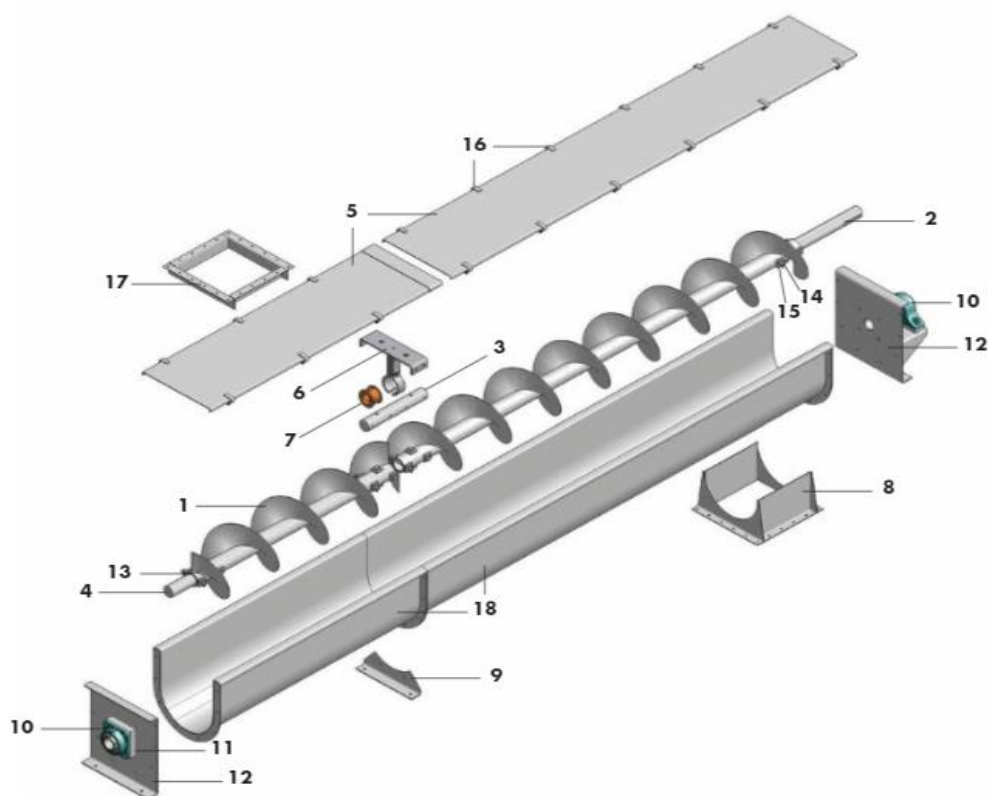
### 5.3.5 Sistema do dosador

O sistema de dosagem de leite em pó será efetuado por uma rosca transportadora helicoidal. Foi esta configuração devido a simplicidade de funcionamento, eficiência na dosagem controlada e baixa manutenção. A rosca

helicoidal tem formato tubular, pode ser montada inclinada ou totalmente na horizontal e até mesmo na vertical.

Para um transporte eficiente, o nível de produto não deve ultrapassar o nível do eixo, o recomendável é que o material ocupe cerca de 45% da área de seção transversal do tubo. o transportador helicoidal pode ser comparado estaticamente como uma viga bi apoiada, onde os apoios são feitos por mancais de rolamento. Na Figura 12 está representado os componentes de um transportador helicoidal.

Figura 12 – Componentes de um transportador helicoidal



Fonte: Catalogo *Screw Conveyor*

Tabela 07 – Componentes do transportador helicoidal

1 – Parafuso (rosca)	10 – Rolamentos
2 – Eixo de acoplamento	11 – Vedação do eixo
3 – Eixo final (cauda)	12 – Placas das extremidades
4 – Ponta final eixo	13 – Coleiras internas
5 – Capas	14 – Parafuso de acoplamento
6 – Suporte central	15 – Capas parafusos
7 – Rolamento central	16 – Braçadeiras
8 – Descarga	17 – Entrada
9 – Pé de apoio central	18 – Calha

Fonte: Adaptado do catalogo *Screw Conveyor*

O eixo transportador foi projetado seguindo alguns princípios de engenharia. Usando uma serie de equações que serão retratadas a seguir. O requisito principal para o projeto é que o transportador necessita ter a capacidade de dosar o leite em pó de forma continua e dosar toda a quantidade necessária para a quantidade de água disponível no tanque.

Segundo Pereira (2012), para o cálculo de velocidade aplicada na hélice é preciso calcular a área de seção transversal do helicoides. A equação 05 apresenta o cálculo da área.

$$S = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \quad (05)$$

Onde D é o diâmetro externo da hélice em metros, d é o diâmetro externo do eixo em metros e S é a área de seção transversal [m<sup>2</sup>].

Ainda segundo Pereira (2012) o valor de diâmetro da hélice deve ser arbitrado, pelo cliente ou pelo projetista. Pelo catalogo “*Screw Conveyor Engineering Guide*” da empresa *Thomas Conveyor Company*, foi possível definir o diâmetro externo da hélice. A folga da hélice para a carcaça precisa ser cerca de 17 a 20 vezes menor que

o diâmetro interno da carcaça e o diâmetro do eixo precisa ser em média  $\frac{1}{4}$  do diâmetro externo da hélice.

Definiu-se que a carcaça do transportador será de tubo inox de 2  $\frac{1}{2}$ " polegadas ou 63,50 mm com parede de 2 mm. O diâmetro interno da carcaça é de 59,50 mm e a folga necessária entre a hélice e a carcaça precisa ser de 3,50 mm. Com estes valores encontrados definiu-se que o diâmetro da hélice é de 55 mm e o diâmetro do eixo de 14 mm. Para facilitar a utilização de mancais, o eixo da hélice passara a ser de 15 mm. As dimensões do transportador helicoidal estão resumidas na Tabela 08.

Tabela 08 – Dimensões iniciais do transportador helicoidal

Diâmetro da hélice	55 mm
Diâmetro do eixo	15 mm
Diâmetro externa carcaça	63,50 mm
Diâmetro interno carcaça	59 ,50 mm

Fonte: Autor (2023)

Segundo Silva *et al.* (2000), o cálculo de vazão de um transportador helicoidal pode ser encontrado pela Equação 06.

$$Q = 47 * D^2 * p * \alpha * \gamma * n \quad (06)$$

Onde,  $Q$  é a vazão do transportador em [kg/h],  $D$  é o diâmetro da hélice em [m],  $p$  é o passo do helicóide em [m],  $\alpha$  é o grau de enchimento,  $\gamma$  densidade do material em [kg/m<sup>3</sup>] e o  $n$  é rotação em [rpm].

O grau de enchimento varia de acordo com o material a ser transportado, pelo catálogo da Assesotec é possível encontra estes valores de acordo ao material. O

leite foi considerado como classe 1, material em pó não abrasivo com bom escorregamento, com grau de enchimento 0,4 e uma densidade de 720,831 kg/m<sup>3</sup>.

Tabela 09 – Características do material a ser transportado

<b>CLASSE I – Material em pó não abrasivo com bom escorregamento <math>\gamma=0,4</math> a <math>0,6</math> t/m<sup>3</sup></b>					
$\alpha=0,4$					
	$\gamma$	$\beta$		$\gamma$	$\beta$
<b>Cal em pó hidratada</b>	0,7	1,2	<b>Farrinha de linho</b>	0,7	1,2
<b>Carvão em pó</b>	0,6	1,2	<b>Farrinha de trigo</b>	0,65	0,8
<b>Farelo</b>	0,25	0,8	<b>Cevada granulada</b>	0,6	0,8

Fonte: Adaptado do Catalogo Assesotec

Encontrado o valor de área de seção transversal e o valor de vazão do transportador é possível obter a velocidade de transporte da carga pela Equação 07 (Pereira, 2012).

$$v = \frac{Q}{3600 * C_e * C_i * S} \quad (07)$$

Onde o  $C_e$  é o coeficiente de enchimento obtido pela Tabela 10, o  $C_i$  é o coeficiente de inclinação obtido pela Tabela 11.

Tabela 10 – Valores de coeficiente de enchimento

<b>Tipos de Cargas</b>	<b>Ce – Coeficiente de Enchimento</b>
Pesadas e abrasivas	0,15
Pesadas e pouco abrasivas	0,35
Ligeiras e pouco abrasivas	0,40
Ligeiras e não abrasivas	0,45

Fonte: Adaptado de Pereira, 2012.

Tabela 11 – Valores de coeficiente de inclinação

<b><math>\beta</math> - Ângulo de inclinação</b>	<b>Ci - Coeficiente de inclinação</b>
0°	1
5°	0,9
10°	0,8
15°	0,7
20°	0,6

Fonte: Adaptado de Pereira, 2012.

A potência requerida pela máquina para o transporte da carga é obtida pela Equação 08.

$$P = \frac{Q * L * \text{sen}(\theta)}{367} + \frac{\beta * Q * L}{367} \quad (08)$$

Onde  $p$  é a potencia em Watts,  $L * \text{sen}(\theta)$  é a inclinação de instalação do transportador,  $L$  é o comprimento total do helicóide e o  $\beta$  é o coeficiente de atrito do material com a rosca.

O valor de  $p$  não representa a potência no helicóide, deve-se aplicar o rendimento do motor elétrico no qual o eixo está conectado. Para o presente trabalho

foi considerado um rendimento do motor elétrico de 70%. A potência pode ser recalculada pela Equação 09.

$$P_m = \frac{P}{\eta} \quad (09)$$

Onde  $P_m$  é a potencia total aplicada ao eixo em Watts e  $\eta$  é a eficiência.

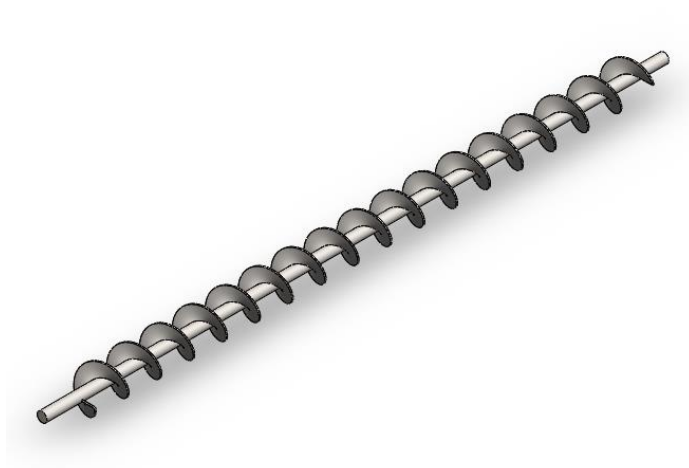
Aplicando as fórmulas descritas e explicadas acima, se obtém os seguintes valores descritos na Tabela 12, referente ao transportador helicoidal. O cálculo estará exposto nos apêndices como “Memorial de cálculo da rosca transportadora”.

Tabela 12 – Resultados dos cálculos da rosca transportadora

Diâmetro da hélice (D)	55 mm
Diâmetro do eixo (d)	15 mm
Diâmetro externa carcaça (de)	63,50 mm
Diâmetro interno carcaça (di)	59 ,50 mm
Área seção transversal (s)	2,2 mm <sup>2</sup>
Vazão do transportador (Q)	1,05 kg/min
Velocidade de transporte (v)	0,02 m/s
Potencia (P)	0,18 W
Potência total (Pm)	0,27 W
Comprimento do helicoide (L)	900 mm

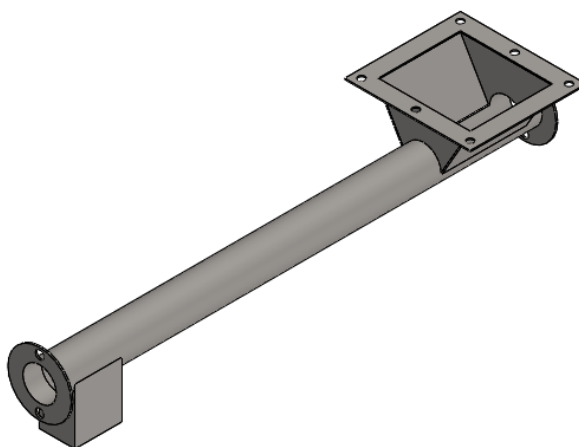
Fonte: Autor (2023).

Figura 13 – Modelamento eixo helicoidal



Fonte: Autor (2023)

Figura 14 – Modelamento da carcaça do transportador



Fonte: Autor (2023)

### 5.3.6 Sistema de agitação

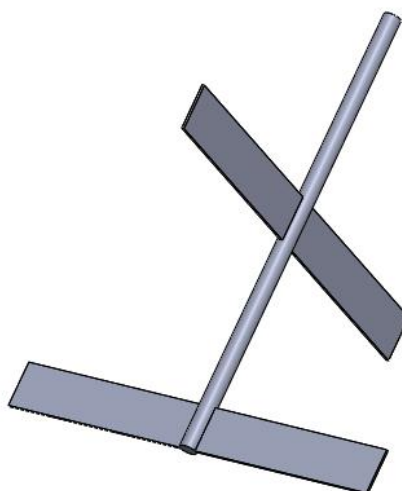
O sistema de agitação selecionado pra projeto, precisa atender a necessidade de manter a mistura constantemente homogênea, porém não pode causar muita

agitação ao leite, buscando evitar falsas leituras no nível de leite. Outro objetivo importante da agitação é manter a temperatura homogênea do leite.

Buscando atender estes requisitos foi proposto um sistema de agitação central com duas hélices. Uma localizada próximo ao fundo do tanque e a outra localizada aproximadamente ao meio do tanque. A agitação ocorrerá em uma rotação baixa buscando evitar a agitação turbulenta do líquido.

O sistema de agitação foi apenas modelado nesta etapa, não foram realizados cálculos para o sistema. A eficiência do sistema será testada com o uso do protótipo, caso o mesmo não atinja os requisitos, será repensado em um novo sistema de agitação. A Figura 15 representa o modelamento da pá de agitação. Suas dimensões e especificações estarão em anexo ao final do trabalho.

Figura 15 – Modelamento do sistema de agitação



Fonte: Autor (2023).

### 5.3.7 Seleção de motores

Buscando minimizar e evitar altos custos com motores e caixa redutoras, foi optado por a escolha de dois motores 24 v com 13 w de potência e uma saída de eixo

de 28 rpm da marca Bosch, como mostrado na Figura 16. Considerando a potência encontrada para o eixo transportador, o mesmo atende a necessidade do processo. Ambos os motores serão testados com o uso do protótipo.

Figura 16 – Motor

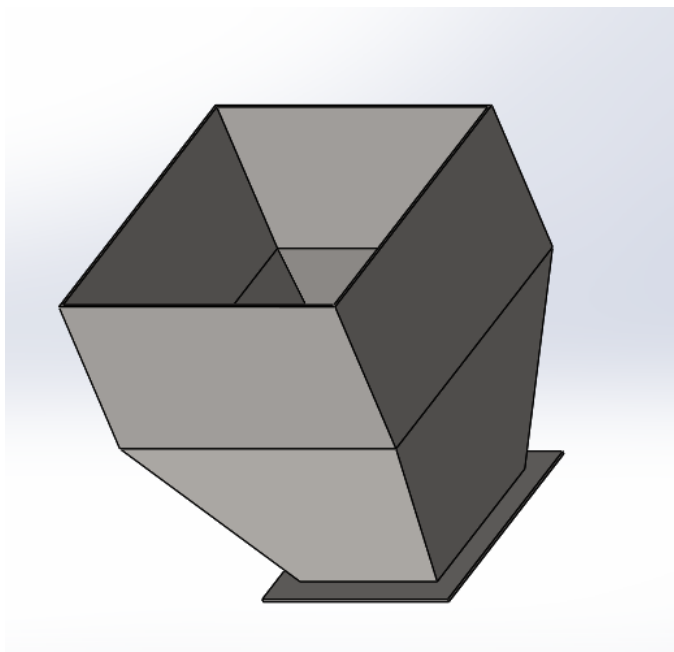
<b>24 V 13 W / 20 W</b>		
$U_N$	<b>24 V</b>	
$P_N$	<b>13 W / 20 W</b>	
$n_N$	VI <b>28 rpm</b>	VII <b>40 rpm</b>
$I_N$	<b>3,5 A</b>	<b>5,0 A</b>
$I_{MAX}$	<b>10,3 A</b>	<b>13 A</b>
$M_N$	<b>7,5 Nm / 6 Nm</b>	
$M_A$	<b>30 Nm / 25 Nm</b>	
$i$	<b>63 : 1</b>	
Rot.	<b>R</b>	
S	<b>S1</b>	
IP	<b>IP 44</b>	
kg	<b>1,100 kg</b>	
Ⓜ	<b>F 006 WM0 308</b>	

Fonte: Catalogo Bosch

### 5.3.8 Dimensionamento depósito de leite em pó

Buscando a necessidade do cliente, de capacidade de armazenamento de leite em pó de 19 a 25 kg. O reservatório de leite em pó ficou modelado como mostrado na Figura 17. O volume do recipiente ficou de aproximadamente 25 litros. O material de modelamento é o aço inoxidável AISI 304. O conjunto totalizou um peso de 9,90 kg. Suas dimensões e especificações encontra-se no Anexo 09.

Figura 17 – Reservatório do leite em pó



Fonte: Autor (2023)

### 5.3.9 Sistema de automatização

O sistema de automação será o responsável pelo comando da máquina. O objetivo é criar um sistema capaz de manter a temperatura automaticamente, fazer o controle de nível de leite dentro do tanque, controlar o sistema de agitação e também realizar o controle de rosca helicoidal transportadora.

Buscando a melhor forma para o processo, os comandos da máquina serão realizados por um controlador lógico programável (CLP). Sensores de entrada irão mandar os sinais para o CLP e o mesmo processa este sinal acionando alguma determinada saída. O CLP selecionado para o projeto foi o Clic 02 da marca WEG, modelo CLW-02/12ht-D.

Figura 18 – Controlador lógico programável



Fonte: Autor (2023)

Será instalado duas chaves boia no interior do tanque, uma será a responsável pelo nível máximo do tanque e a outra para nível mínimo do tanque, a mesma faz um intertravamento com a resistência de aquecimento, pois em hipótese alguma a resistência poderá ser acionada sem a presença de líquido no interior do tanque. A boia funciona como um contato normalmente aberto quando a mesma esta baixa e fecha o contato quando é erguida. A Figura 19 mostra o modelo de boia selecionado. Buscando uma maior durabilidade da boia e evitar contaminação do leite, foi optado por boias em aço inoxidável AISI 304.

Figura 19 – Boia de nível



Fonte: Autor (2023).

O enchimento do tanque é controlado por uma válvula solenoide, Figura 20. É acionada quando a boia de nível mínimo enviar o sinal que o tanque está vazio, permanecendo aberta até o enchimento do tanque, ou seja, se desliga quando a boia de nível máximo for acionada.

Figura 20 – Válvula solenoide



Fonte: Autor (2023).

A realização de controle de temperatura selecionada para o projeto foi a utilização de um PT-100, Figura 21. Interligado a um controlador de temperatura da marca Novus do modelo N1030, Figura 22. O controlador de temperatura manda o sinal para o CLP mandando acionar ou desligar a resistência. Este sistema está configurado para que quando a resistência Figura 23, é acionada o sistema agitação também é acionado, assim garante que o leite será aquecido de forma homogênea.

Figura 21 – PT-100



Fonte: Autor (2023)

Figura 22 – Controlador de temperatura Novus



Fonte: Autor (2023).

Figura 23 – Resistencia elétrica



Fonte: Autor (2023)

Os demais comandos o CLP realizara internamente em sua programação. O sistema de dosagem do leite em pó entra em operação sempre que a boia de nível acusar o tanque vazio, vai permanecer ligado por um tempo de 4 minutos e 20 segundos, dosando uma quantidade de 4,33 kg de leite em pó, sendo a quantidade ideal para fazer 25 litros de leite. Casso o cliente tenha a necessidade de uma quantidade maior é apenas aumentar o tempo pelo próprio visor do CLP.

O sistema agitação vai ligar em uma faixa de tempo pré-estabelecida, esta faixa vai ser estipulada de forma experimentalmente junto ao protótipo. A agitação também é ligada junto a resistência e ligado junto ao dosador. Desta forma podemos garantir que o leite fica numa mistura homogênea e em uma temperatura correta.

Outro detalhe importante selecionado para o comando da máquina é opção de desligar apenas o sistema de entrada de água e o sistema de dosagem do leite em pó. Este sistema é essencial para não desperdiçar o leite depois de pronto.

### 5.3.10 Componentes do quadro elétrico

Os componentes que serão necessários para o quadro de comando estarão selecionados e descritos neste capítulo. Alguns componentes já foram citados anteriormente, logo não serão repetidos. O circuito de ligamento poder ser conferido no Anexo 14 e a programação do CLP no Anexo 15.

Tabela 13 - Componentes elétricos

Fonte elétrica chaveada 220/24v
Disjuntores
Disjuntor diferencial bipolar
Controlador lógico programável (CLP)
Relé de interface de estado sólido
Contatora
Botoeira on/off
Controlador de temperatura

Fonte: Autor (2023).

Os componentes estarão ilustrados da Figura 24 em diante.

Figura 24 – Disjuntores



Fonte: Autor (2023)

Figura 25 – Disjuntor diferencial bipolar



Fonte: Autor (2023)

Figura 26 – Fonte chaveada



Fonte: Autor (2023)

Figura 27 – Rele de interface



Fonte: Autor (2023)

Figura 28 – Contatora



Fonte: Autor (2023)

Figura 29 – Botoeira on/off



Fonte: Autor (2023)

## 5.4 PROJETO PRELIMINAR

Buscando aferir a funcionalidade da máquina foi realizado a construção do protótipo, muito parecido com a máquina, porém com componentes mais simples. O protótipo foi levado até o cliente para testes e verificação de possíveis melhorias.

### 5.4.1 Construção do protótipo

O protótipo foi construído com capacidade para 7 leitões. Os passos de construção e os detalhes serão descritos no decorrer do trabalho

#### 5.4.1.1 Tanque

O tanque escolhido para a montagem do protótipo foi um de material plástico, com uma espessura de 3,5 mm, na cor marrom e com uma capacidade de 16 litros. O tanque é ilustrado na Figura 30.

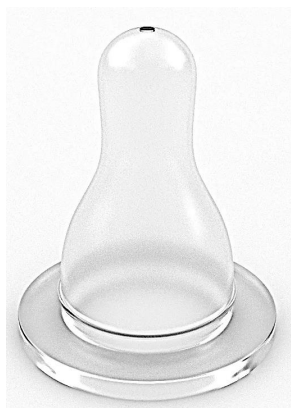
Figura 30 – Tanque do protótipo



Fonte: Autor (2023)

O tanque possui as seguintes dimensões, diâmetro da base 280 mm, diâmetro do corpo de 320 mm e altura de 1000 mm sendo possível a colocação de 7 tetos, com um espaçamento entre tetos de 120 mm. Os tetos seleccionados foram bicos de mamadeiras de silicone, como mostrado na Figura 31.

Figura 31 – Bicos



Fonte: Autor (2023)

A fixação dos tetos foram feitos por meio de *nipples* de 1 ¼” os mesmos rosqueados no tanque, e os bicos ficam presos por tampões dos *nipples* como mostrado na Figura 32.

Figura 32 – Fixação das mamadeiras



Fonte: Autor (2023)

A rosca transportadora e o reservatório foram utilizados materiais já prontos. A rosca helicoidal foi aproveitada a rosca dosadora de adubo de uma plantadeira, como ilustrado na Figura 33. O reservatório foi feito em chapas galvanizadas. O conjunto está apresentado na Figura 34. Na Figura 35 esta como ficou a parte interna do transportador.

Figura 33 – Rosca helicoidal utilizada



Fonte: Autor (2023)

As medidas da rosca são um pouco diferentes da rosca projetada, a rosca da Figura 34 tem um diâmetro de 50,8 mm e um passo de 25,4 mm. Utilizando a Equação 06 apresentada no trabalho, é possível determinar que a vazão desta rosca é de aproximadamente 24,88 kg/h ou 415 g/min. O reservatório ficou com uma capacidade de 11 kg.

Figura 34 – Conjunto reservatório e rosca helicoidal



Fonte: Autor (2023)

Figura 35 – Parte interna do transportador



Fonte: Autor (2023)

A parte estrutural da máquina ficou montada em tubos retangulares de 30x20x2 mm. Os eixos ficaram aparafusados nos motores, com exceção do eixo do transportador que foi necessário realizar um acoplamento para evitar o afrouxamento do mesmo. O eixo transportador ficou com seção quadrada para encaixar nas roscas e suas extremidades foram torneadas deixando com um diâmetro de 15 mm. Não foi feito uso de mancais de deslizamento para o eixo. Na parte frontal junto ao motor foi utilizada uma bucha de nylon e na parte traseira foi utilizado uma bucha de latão. Na parte traseira também ficou uma tampa, para ser possível remover a rosca helicoidal de dentro do tubo quando necessário. A Figura 36 demonstra a máquina montada. A hélice de agitação segue o mesmo modelo da projetada, apenas com dimensões menores.

Figura 36 – Montagem da máquina

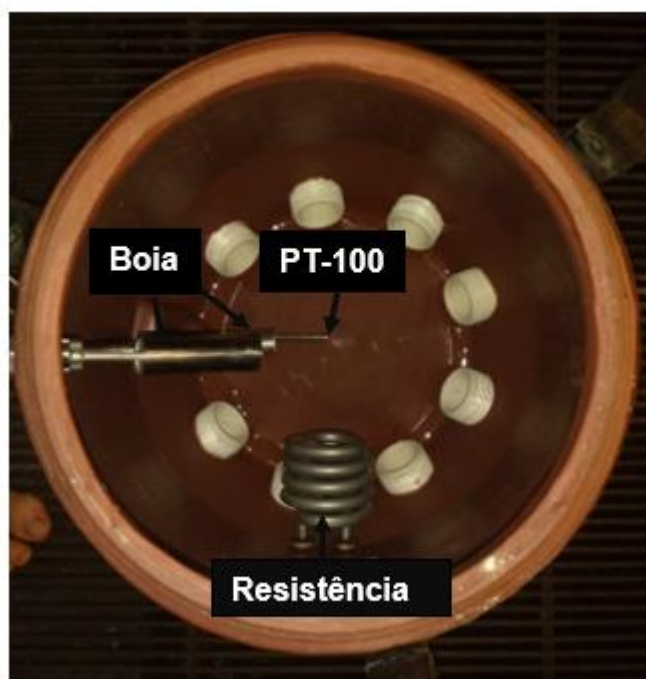


Fonte: Autor (2023)

#### 5.4.1.2 Colocação dos equipamentos de controle

Os sensores utilizados e equipamentos serão os mesmos já apresentados no trabalho, com exceção da resistência elétrica. A resistência foi utilizada uma de 5500 W. As boias ficaram instaladas no ponto mínimo do tanque e no ponto máximo. O PT-100 ficou instalado ao fundo do tanque junto e a resistência ficou alocada o mais próximo possível do fundo do tanque. A Figura 37 ira demonstrar o posicionamento de cada equipamento e instrumento.

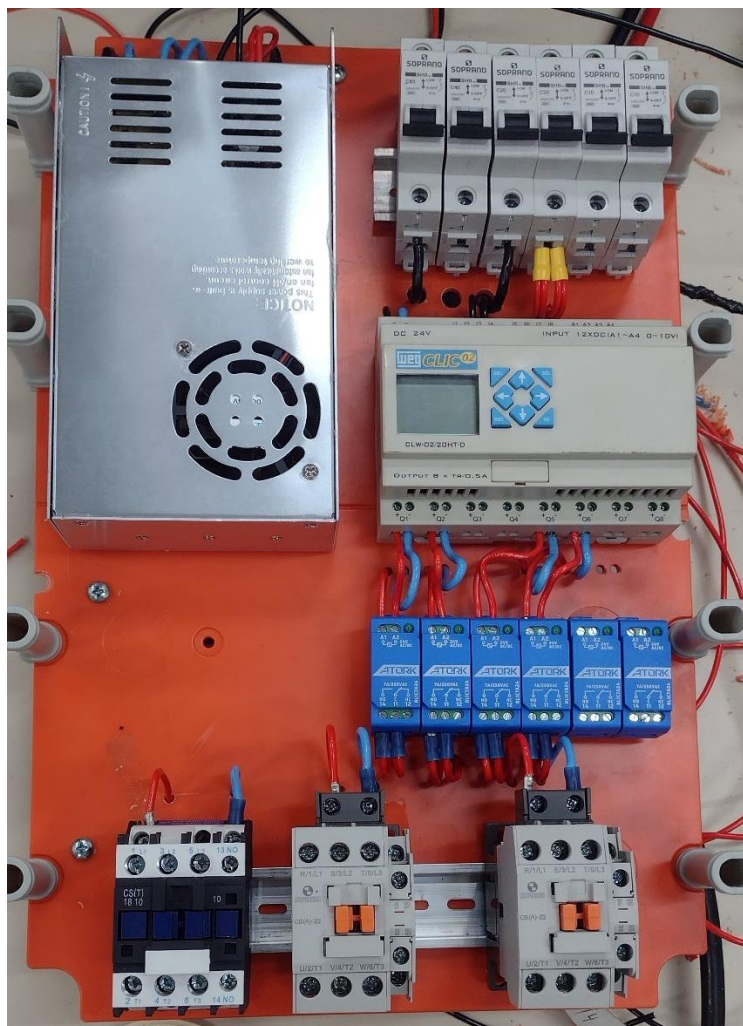
Figura 37 – Local de posicionamento dos equipamentos



Fonte: Auto (2023)

A montagem do quadro de comando seguiu os mesmos componentes já descritos no trabalho com exceção do disjuntor diferencial bipolar, devido ao disjuntor ser de valor alto e ser apenas um protótipo foi dispensado o uso do mesmo. A Figura 38 demonstra a montagem do quadro.

Figura 38 – Montagem do quadro de comando



Fonte: Autor (2023)

#### 5.4.2 Montagem no cliente

A montagem foi realizada após a aprovação de todas as etapas do projeto pelo cliente. O protótipo foi instalado no dia 09/06/2023 no setor de lactação da granja, o mesmo ficou alocado dentro de uma gaiola parideira, a mesma gaiola que os leitões permanecem até a sua venda. A conclusão da instalação se deu no mesmo dia. Nas próximas etapas do presente trabalho serão apresentados alguns resultados que podemos obter com o protótipo, o ideal seria analisar por uma faixa de tempo maior, buscando resultados referente aos resultados econômicos que o mesmo tem a capacidade de gerar dentro da granja. O leite utilizado para a mistura é próprio para o

consumo de leitões e foi fornecido por uma empresa parceira. A Figura 39 mostra o local de montagem do protótipo.

Figura 39 – Local de montagem do protótipo



Fonte: Autor (2023)

#### 5.4.3 Resultados obtidos com o protótipo

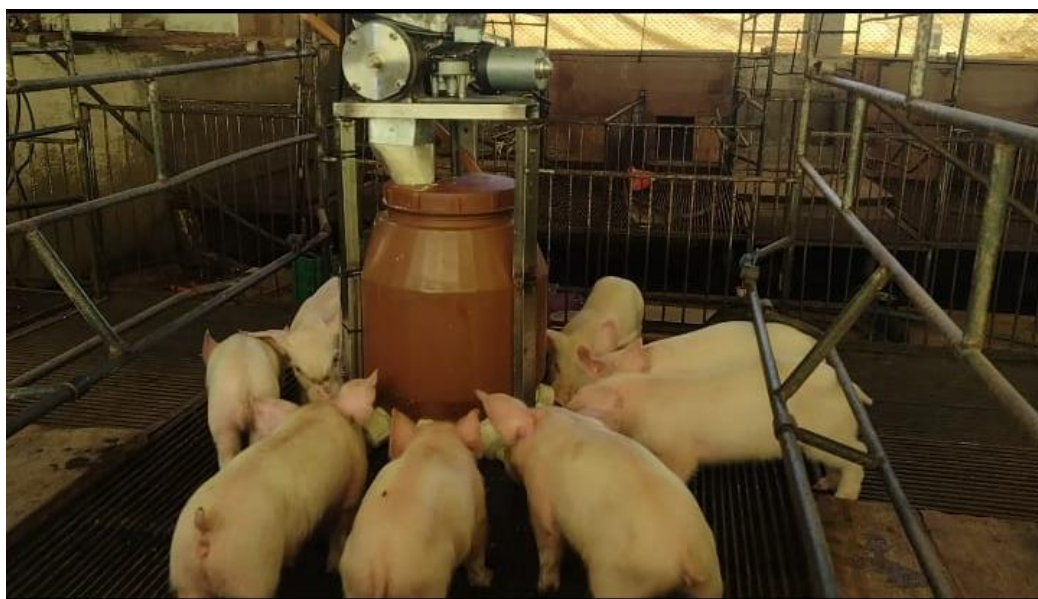
Os resultados obtidos com o protótipo em apenas 16 dias foram excelentes. O leite ficou em uma mistura totalmente homogênea como demonstrado na Figura 40, demonstrando que o agitador foi capaz de cumprir sua função como o projetado. A temperatura do leite ficou ideal para o processo e os motores até o momento não apresentaram mal funcionamento. O quadro de comando juntamente com a programação do CLP apresentou o funcionamento correto. O principal resultado que conseguimos coletar e demonstrar em pouco tempo foi a eficiência da rosca helicoidal transportadora podendo comparar se os valores calculados fecham com os valores na prática. Também foi possível analisar a perda de temperatura do tanque. Dentre os principais resultados esperados estava a dúvida se realmente os leitões viriam até a mamadeira para se alimentar, como mostrado na Figura 41, este resultado também foi possível de ser alcançado.

Figura 40 – Leite produzido pela máquina



Fonte: Autor (2023)

Figura 41 – Leitões fazendo uso da máquina



Fonte: Autor (2023)

#### 5.4.3.1 Resultado da rosca helicoidal transportadora

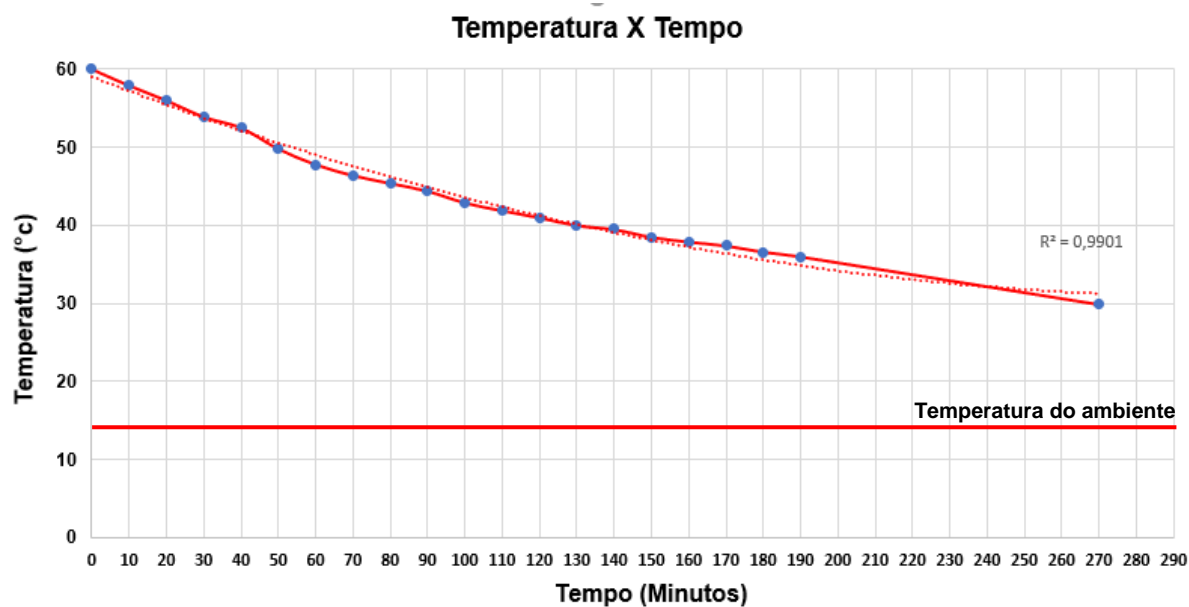
Para verificação da quantidade de leite em pó dosada pela rosca helicoidal, foi programado para a mesma trabalhar por 1 minuto. O leite dosado durante este tempo era coletado em pote e posteriormente era pesado em uma balança de precisão. Esta pesagem foi repetida por 10 vezes afim de verificar a variação na dosagem. A média das pesagens ficou em 424,5 gramas e com um desvio padrão na amostragem de 4,03 gramas. O valor máximo que a rosca dosou foi de 430 gramas e o valor mínimo foi de 415 gramas. Analisando o valor encontrado pela Equação 06 que foi de 415 gramas, pode se considerar que a rosca helicoidal atingiu um resultado satisfatório.

Considerando que o protótipo tem capacidade de 16 litros, a quantidade de leite a ser dosada seria de 2700 gramas. A rosca precisa se manter ligada por 6 minutos e 23 segundos, porém considerando os desvios das medidas a mesma ficou configurada para trabalhar 6 minutos e 30 segundos. Os principais motivos desta diferença de pesagens se dão devidos as folgas do conjunto. Os resultados estão apresentados no Anexo 11.

#### 5.4.3.2 Análise de perda de temperatura do tanque

Para obter o resultado de perda de temperatura do leite com o passar do tempo foi realizado um teste, onde o leite foi aquecido a 60°C desligado a resistência elétrica e mantido apenas a agitação ligada. A cada 10 minutos era pego a leitura de temperatura do leite. Para a realização do teste foi escolhido um dia que a temperatura ambiente estava com pouca variação. Foram feitos 3 testes para obter uma garantia no resultado. Os valores dos testes estarão no Anexo 10 ao final do trabalho. O Gráfico 3 mostra o resultado do teste.

Gráfico 03 – Perda de temperatura do leite

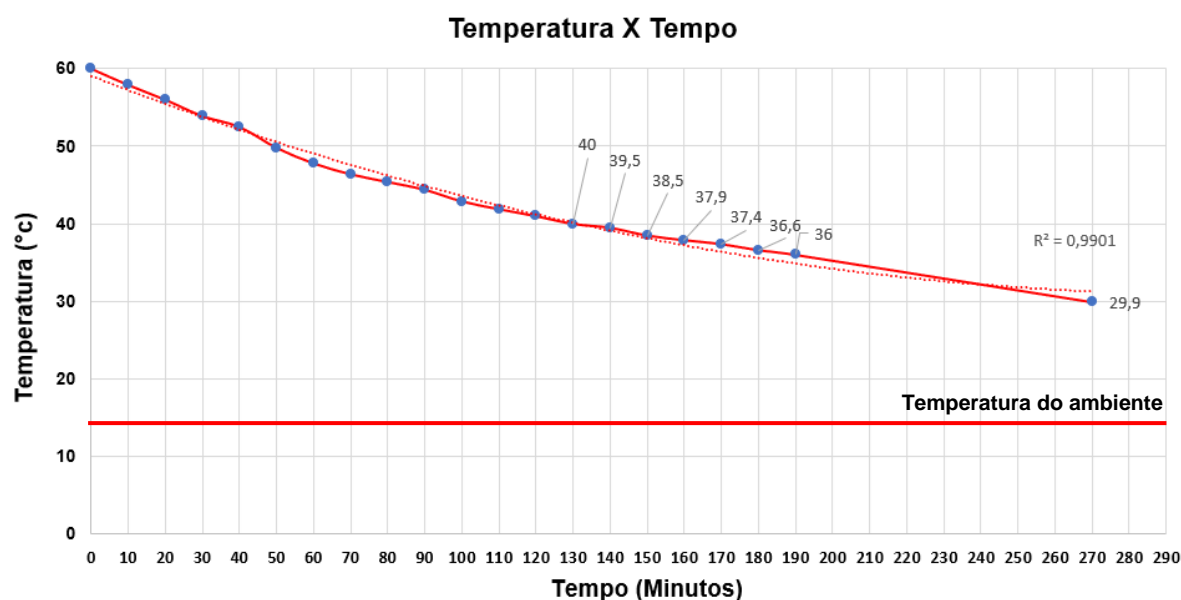


Fonte: Autor (2023)

Como percebido pelo Gráfico 03 obtido pode-se verificar a dinâmica do comportamento do resfriamento em função do tempo. Observa-se, que a temperatura do tanque do leite apresenta um decaimento polinomial, com uma tendência de atingir uma temperatura de equilíbrio em um determinado tempo.

Analisando o Gráfico 03 na faixa de temperatura que o leite deve permanecer, que é de 40°C a 36°C é possível observar que o tempo de mudança para esta faixa de temperatura é de 60 minutos. Logo sabemos que em uma condição ambiente de 13°C a resistência irá ligar a cada 60 minutos.

Gráfico 04 – Perda de temperatura na faixa de operação



Fonte: Autor (2023)

Fazendo a mesma analogia do Gráfico 02, porém para uma resistência de 5500w e para um volume de 16 litros, o tempo de aquecimento fica em aproximadamente 50 segundos. A resistência irá ligar cerca de 23 ao dia vezes, totalizando um tempo de funcionamento diário de 20 minutos. Totalizando um consumo de 1815 W/h.

## 6 CONCLUSÕES

Buscou-se com a realização do presente trabalho o estudo e a fabricação de um protótipo de uma máquina automatizada para o fornecimento de leite em pó para os leitões, em fase de maternidade. Utilizou-se uma metodologia de desenvolvimento de produto, demonstrando que a mesma foi muito importante para conseguirmos seguir os passos para o desenvolvimento do projeto e para a construção do protótipo.

O objetivo principal do trabalho era de construir o protótipo e colocar para testes, para futuramente fazer a fabricação da máquina. As partes mais críticas para o desenvolvimento do projeto e para a construção do protótipo foram concluídas, porém alguns estudos e análises ficaram faltando. O detalhamento de todo o sistema de cada parte completa exige um maior tempo para ser desenvolvido.

O protótipo foi capaz de mostrar muitos resultados significativos, por mais que o mesmo operou por pouco período. Foi percebido que a resistência de 5,5 kW para o protótipo ficou superdimensionada. O sistema de dosagem utilizando uma rosca helicoidal satisfaz a necessidade inicial para o protótipo, porém a mesma não foi capaz de entregar precisão na dosagem. Talvez utilizando uma rosca construída de maneira mais precisa buscando minimizar as folgas do conjunto esse problema seria solucionado. Os motores atenderam muito bem a necessidade do projeto, pois são relativamente de custo baixo, pouca manutenção e são capazes de fornecer uma rotação adequada, tanto para o sistema de agitação e também para o dosador.

O sistema para agitação do leite também se demonstrou ter boa eficiência, para o protótipo o mesmo ficou configurado para ligar a cada 5 minutos e permanecer ligado por mais 5 minutos. Teve a eficácia de conseguir homogeneizar o leite sem gerar grande turbulência ao leite, esses eram os objetivos esperados do sistema de agitação.

O tanque do protótipo ficou diferente do tanque projetado, esta diferença ocorreu devido à dificuldade em comprar um tanque idêntico ao projetado, porém o mesmo atendeu a necessidade, é capaz de manter a temperatura ideal do leite por 1 hora, apresenta uma boa resistência e é de fácil limpeza. Um ponto relevante que precisa ser melhorado é resistência dos bicos das mamadeiras, até o presente

momento se obteve a informação do cliente que foi necessário a troca de 2 bicos, devido aos leitões terem perfurados os mesmos.

A automatização da máquina foi um dos pontos que apresentou a melhor funcionalidade, ficou relativamente de forma simples, de fácil manutenção e acesso. As configurações dos parâmetros de funcionalidade ficaram simples de serem alternadas, onde o próprio cliente pode realizar estas mudanças, podendo alterar, faixa de temperatura, tempo de dosagem e tempo de agitação do leite. Entrega segurança ao operador, pois todos os comandos estão em 24v eliminando o risco de acidentes.

Mais resultados serão coletados antes do desenvolvimento do produto final. Foram alguns pontos pequenos que precisarão ser melhorados e executados com melhores acabamentos. Outro ponto importante que foi analisado junto ao cliente é a criação de uma regulagem de altura das mamadeiras. Mas no ponto de vista geral, o uso do protótipo será extrema importância para o desenvolvimento da máquina final.

## 7 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Visando dar continuidade ao trabalho, são apresentadas algumas propostas para trabalhos futuros a seguir:

- Realização do projeto detalhado, contemplando manual do usuário e listagem de peças;
- Verificar o aumento de produtividade com uso do protótipo;
- Verificar o ganho de massa dos leitões com a utilização do protótipo e com outros tipos de leite;
- Levantamento de custos para a fabricação da máquina;
- Estudo de viabilidade da colocação de um sistema interface homem máquina, permitindo ao cliente escolher quantos litros de leite fazer, quantidade de dosagem e obtenção de relatórios;
- Realizar uma análise de tensão x deformação do eixo do helicóide e dimensionar rolamentos;
- Realização de um estudo mais complexo referente a transferência de calor envolvida no processo, considerando diferentes tipos de materiais para o tanque e também considerando toda a área do tanque;
- Estudo de outros sistemas de dosagem do leite;
- Estudo de melhores materiais para os bicos das mamadeiras;
- Construção da máquina efetiva, com melhores acabamentos e equipamentos.

## REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, A. A. F.; VIANNA, W. L.; CARVALHO, L. F. de O. e S.; MORETTI, A. de S.: **Causas de mortalidade de leitões neonatos em sistema intensivo de produção de suínos**. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science. 2004

BACK, N et al. **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo: Manole, 2008.

CABALLER, E. **Avanços Genéticos e Maneio da Porca Hiperprolífica**. Albéitar V. 8, n.2, p.10 – 14, 2017

CENGEL , Y. **A.Transferência de Calor e Massa – Uma abordagem prática**”, Mc.Graw Hill, São Paulo, 3ª ed., 2009

DE CESERO, N. C. **Utilização de sucedâneo lácteo no desempenho de leitões**  
Disponível em:  
<[https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30266/3/Utiliza%  
c3%a7%c3%a3oDeSuced%  
c3%a2neo.pdf](https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30266/3/Utiliza%c3%a7%c3%a3oDeSuced%c3%a2neo.pdf)>. Acesso em: 7 maio. 2023

**Embrapa** – portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 8 maio. 2023

ENGLAND, D.C. **Improving sow efficiency by management to enhance opportunities for nutritional intake by neonatal piglets**. Journal of Animal Science, v. 63:1297- 1306, 1986

HUAYNATE, R.R.A; THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N.; SCANDOLERA, A.J.; FRAGA, A.L.; BUDIO, F.E.L.; NADAI, A. **Suplementação de probiótico (Bacsol-VT) em**

**dietas de suínos dos 23 aos 68 dias de idade.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÆRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11., Anais. Goiania, 2003.

LIMA, F. S. **A automação e sua evolução**, 2003. Disponível em: <[https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1\\_16.pdf](https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_16.pdf)>.

Acesso em: 8 maio. 2023

MARTINEAU, G.P. & BADOUARD, B.. **Managing highly prolific sows.** Comunicação apresentada no 9<sup>th</sup> London Swine Conference, Tools of the Trade, Ontario, London, 2009.

MOTA, E.V. **O biodigestor no tratamento de dejetos suínos como mecanismo de controle ambiental.** Trabalho de Conclusão de Curso II (Graduação em Ciências Contábeis) – UniRV – Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2013

MORÉS, N. et al. **Manejo do leitão do nascimento até o abate.** Suinocultura Intensiva. Concórdia: EMBRAPA, Cap 7, p. 135-162, 1998

NORTON, Robert L. **Projeto de Máquinas:** Uma Abordagem Integrada. 4<sup>a</sup>. Ed. Porto Alegre: BOOKMAN EDITORA, 2013.

**NR–Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.** Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12.pdf>>. Acesso em: 8 maio. 2023.

PEREIRA, M. L. **Pesquisadores propõem medidas para garantir a biosseguridade em granjas de suínos para abate.** Embrapa.br, 2018.

**Relatório Anual do Desempenho da Produção de Suínos – Melhores da Suinocultura.** Disponível em: <<https://melhores.agriness.com/relatorio/>>. Acesso em: 8 maio. 2023

ROZENFELD, H et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produto: Uma referência para Melhoria do Processo**. Editora Saraiva, 2006.

SANTOS, Luiz Antonio Casemiro; SANCHEZ, Gabriela Fernandez. Pinagro – **Proposta de pesquisa de inovação na agricultura**. Goiânia, 2014.

SANTOS, G. A. **Impacto do tipo de desmame sobre os leitões: revisão de literatura**, 2020

SOARES, T.G. **Efeito da desmama com 12, 15 e 18 dias de idade sobre o desempenho de leitões**. Viçosa, Minas Gerais, 2004.

SUINOCULTURA INDUSTRIAL. Cronoanálise: **Otimização da mão-de-obra na suinocultura**. Disponível em: <  
<http://www.suinoculturaindustrial.com.br/imprensa/cronoanalise-otimizacaoda-mao-de-obra-na-suinocultura/20140121-115553-V847>>. Acesso em 15.mai.2017.

SANTANA, A. et al. Suinocultura: **carne in natura, embutidos e defumados. Estudos de mercado**. SEBRAE, ESPM, 2008.

SCHUMPETER, Josep Alois. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. 3. Ed. São Paulo: Nova Cultural, 1988

TEIXEIRA, M. **Comparação do desempenho de leitões refugos criados em aleitamento natural e em equipamento “ama de leite”**, 2014

VERGAUWEN, H. et al. **Artificial rearing influences the morphology, permeability and redox state of the gastrointestinal tract of low and normal birth weight piglets.** Journal of Animal Science and Biotechnology, v. 8, n. 1, p. 30, 2017

WOLTER, B. F. et al. **The effect of birth weight and feeding of supplemental milk replacer to piglets during lactation on preweaning and postweaning growth performance and carcass characteristics.** Journal of Animal Science, 2002.

Bianca Gomyde Ventura. **MANEJO DE LEITÕES DO NASCIMENTO A DESMAMA** Informativo Técnico nº 215, 2004.

PEREIRA, Alexandre Miguel Ramos. **Mecanismo Sem-fim.** Marinha Grande: Instituto Superior D. Dinis, 2012.

CONTINENTAL (Canadá). **Screw Conveyor Catalogue and Engineering Manual.** Quebec: Continental Conveyor, 1986.

ASSESSOTEC, **assessoria técnica em acionamentos.** Transportador helicoidal, cálculo da potência do motor e seleção do redutor.

.

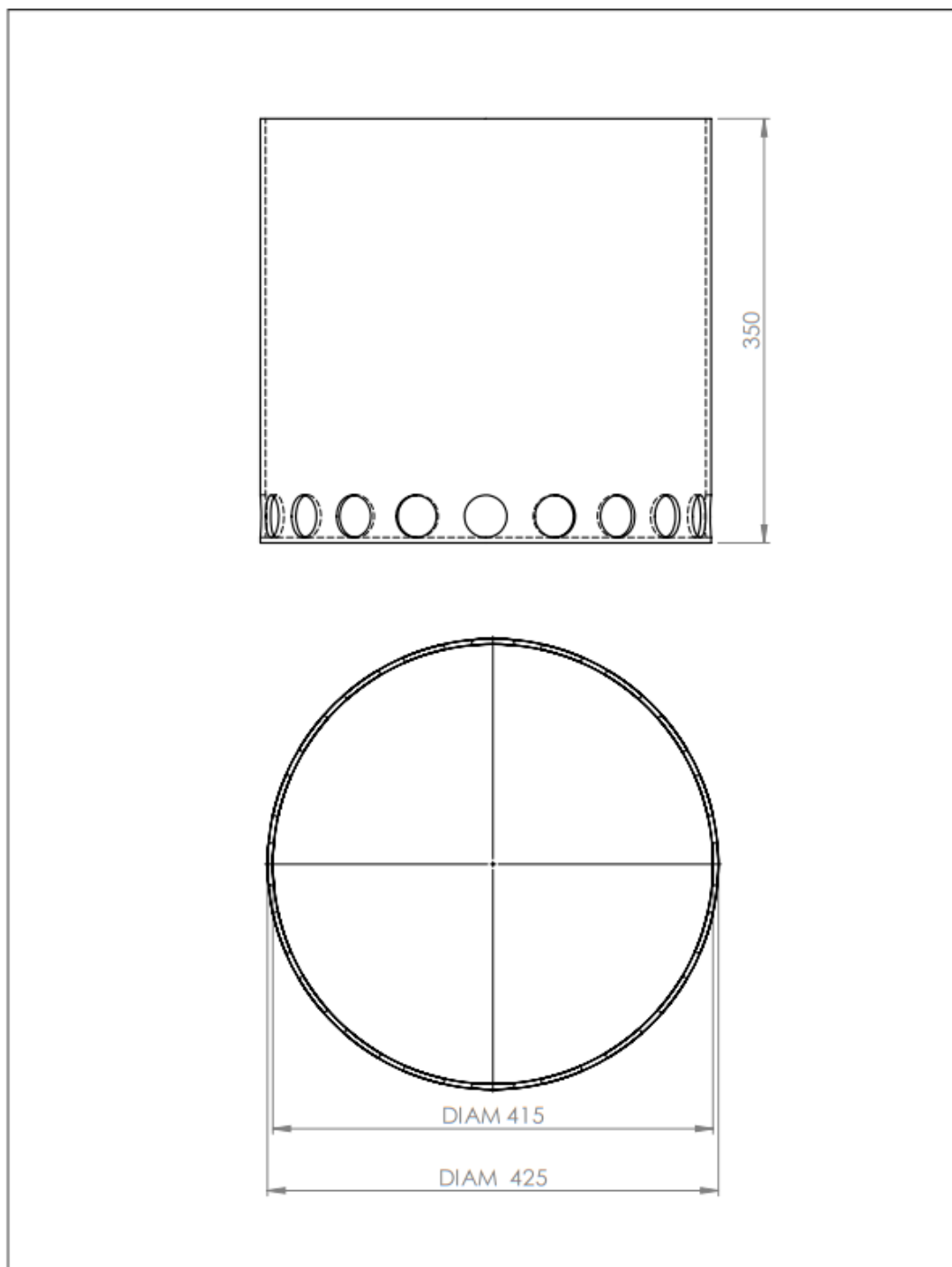
.

**8 ANEXOS****Anexo 01** – Medidas da cabeça dos leitões

<b>Leitão 1</b>	<b>Medida A (mm)</b>	<b>Medida B (mm)</b>
1	110	160
2	120	160
3	100	150
4	100	150
5	105	155
6	110	160
7	118	155
8	100	150
9	110	149
10	120	162

<b>Média A</b>	(mm)	110
<b>Média B</b>	(mm)	155

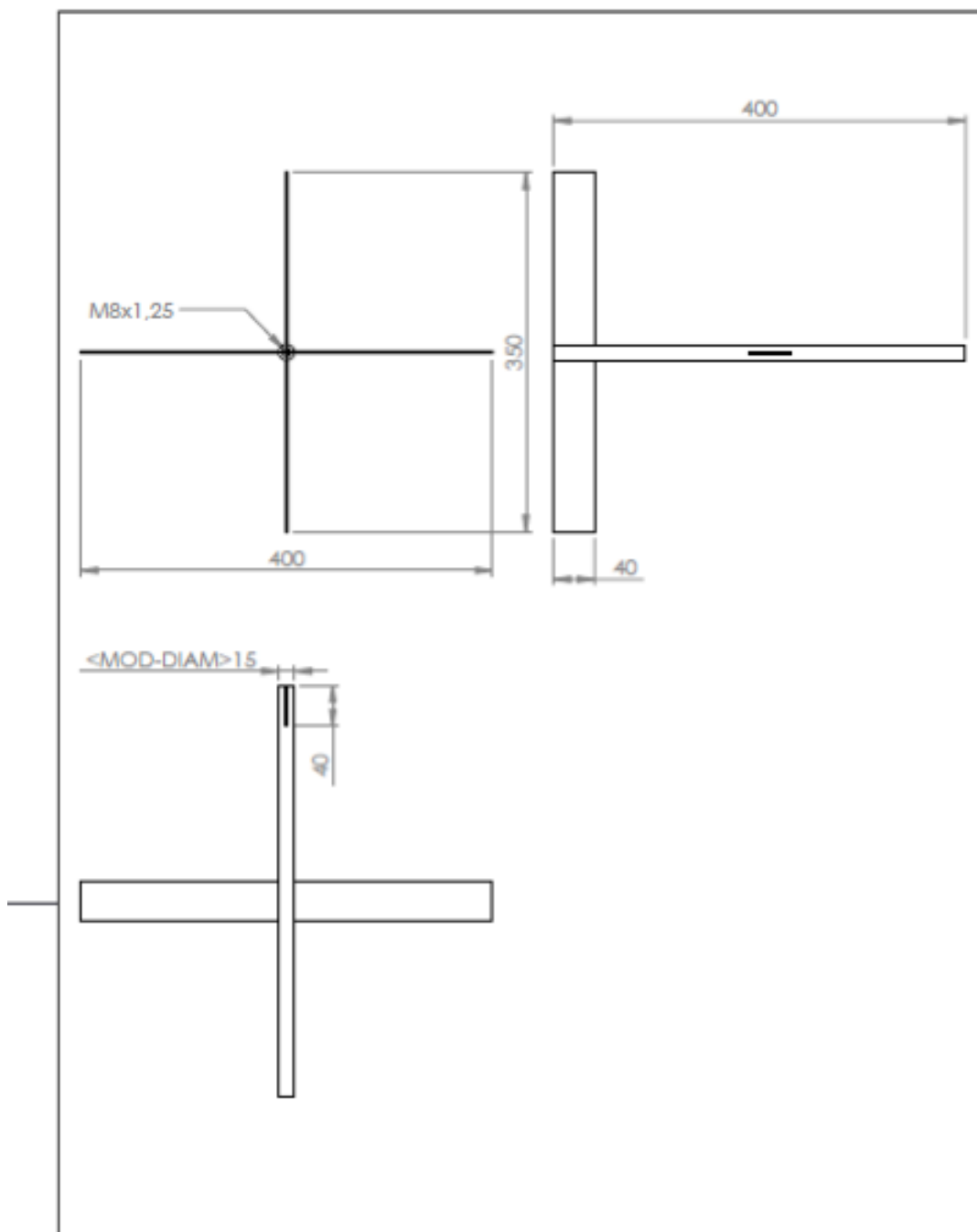
## Anexo 02 – Dimensões do tanque



CÓDIGO MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL		PROJETADO Data:			
	PP de alta densidade		Mateus Geremia 01/02/2023			
CÓDIGO DA PEÇA	P. BRUTO (KG)	P. ACAB. (KG)	VERIFICADO Data:			
Tanque		2,04 kg	Mateus Geremia 01/02/2023			
DESCRIÇÃO DA PEÇA			ELABORADO Data:	FOLHA	REVISÃO	
			Mateus Geremia 01/02/2023	1/1		
MÁQUINA - EQUIPAMENTO			ESCALA	FORMATO	PROJEÇÃO	QUANTOS REVISÕES - E.N. 16003 DE 14/06/1996
Máquina de alimentação leitões			1:5	A4		À REPRODUÇÃO OU EXECUÇÃO DE STE PROJETO SEMPRE USAR A FORNECIDA DA MELHOR INDUSTRIA. SEMPRE USAR O TIPO DE LINHA E SUAS TENDAS SEU AU TEMA DE DUAS SUCESSAS OBRIGADO.

C:\Users\mateus\OneDrive\Área de Trabalho\Projeto 1.ccd

Anexo 03 – Dimensões da hélice agitadora

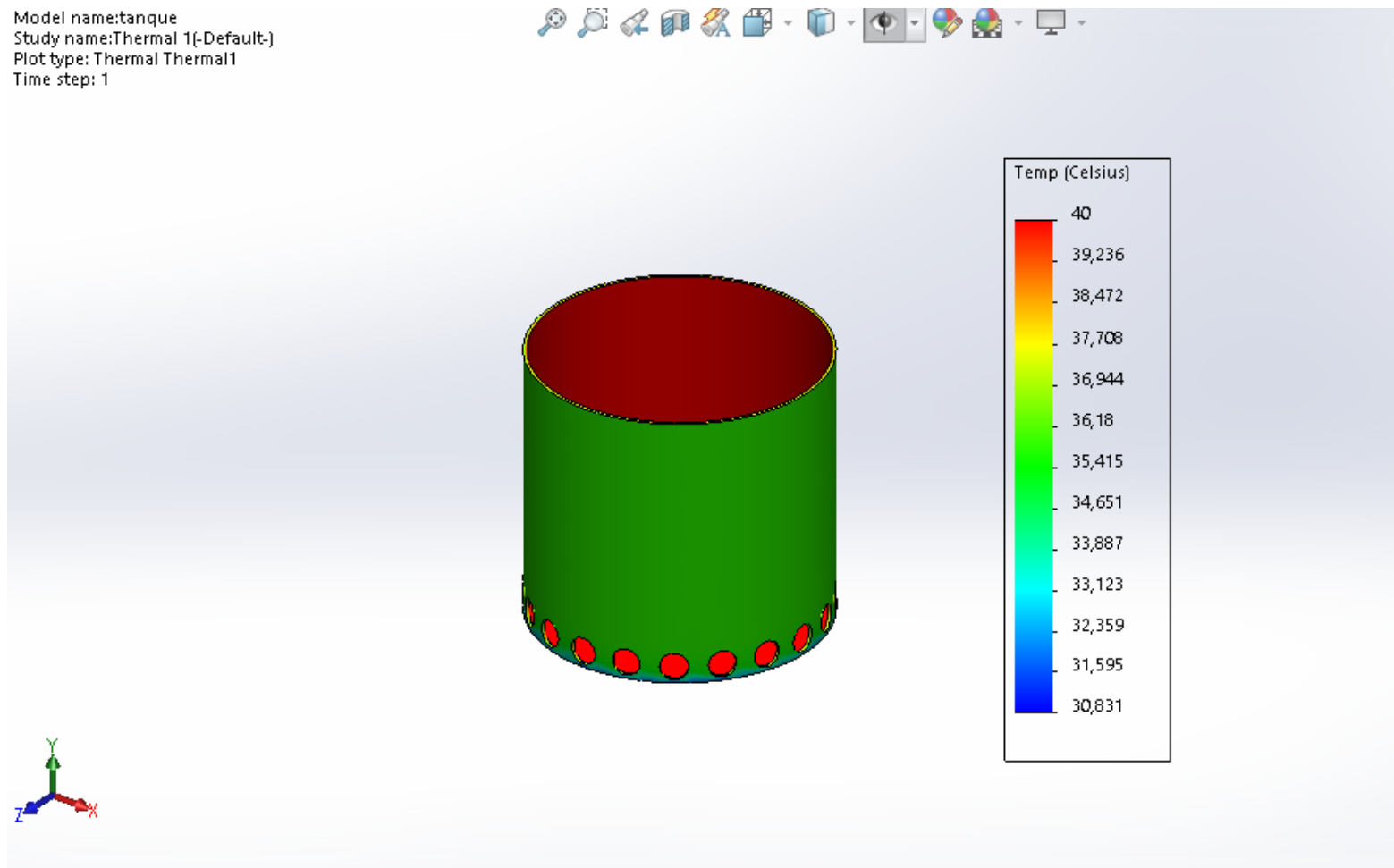


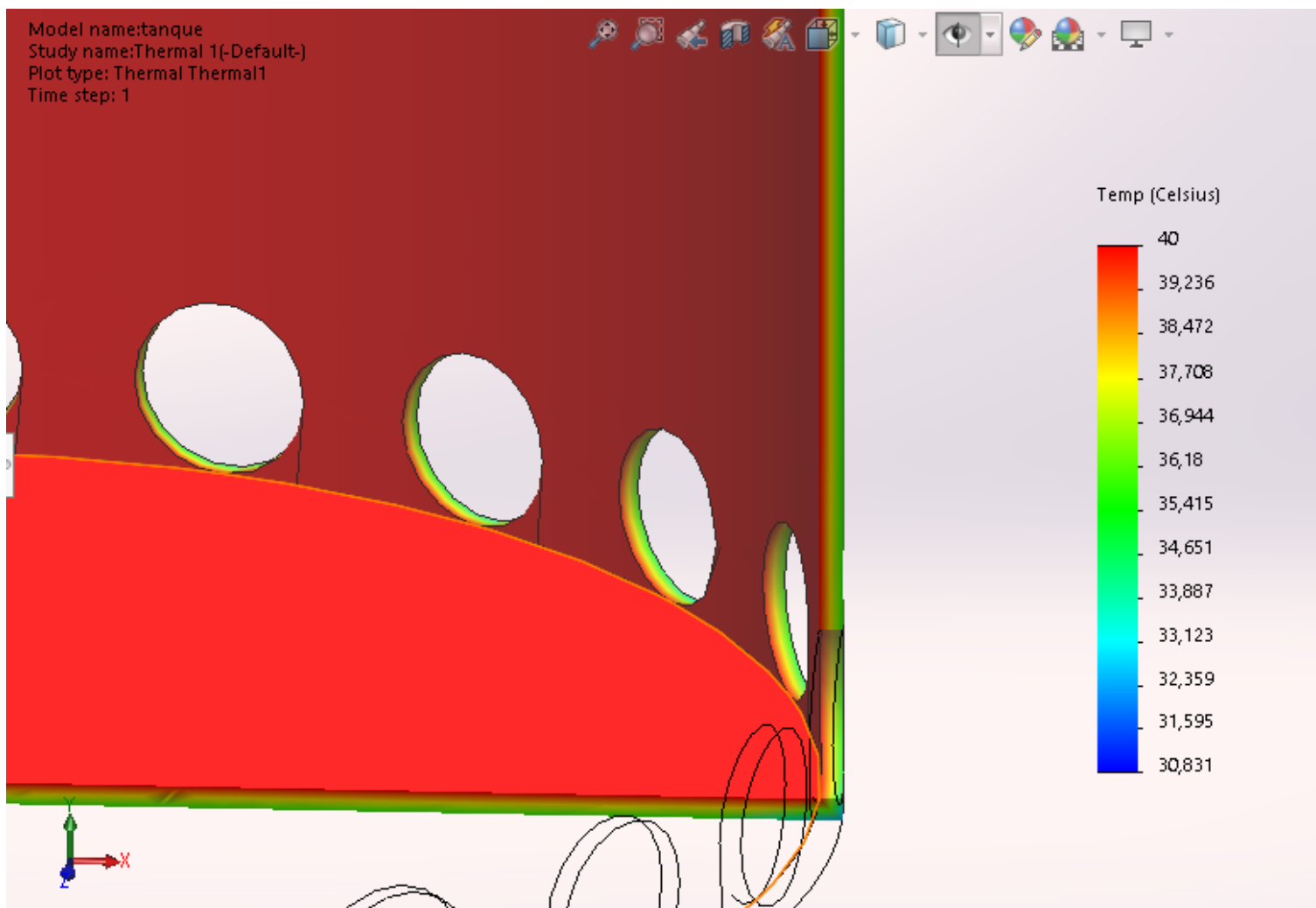
CÓDIGO MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	PROJETADO	Data:		
CÓDIGO DA PEÇA	P. BRUTO (KG)	P. ACAB. (KG)	VERIFICADO	Data:	
hélice					
DESCRIÇÃO DA PEÇA			ELABORADO	Data:	FOLHA
					1/1
MÁQUINA - EQUIPAMENTO			ESCALA	FORMATO	PROJEÇÃO
			1:10	A4	
<b>ABRIGUAMINAS - FABRIL DE MÁQUINAS</b> A implementação de fabricação deste produto refere-se ao fornecimento de peças e acessórios convencionais, novos, existentes, desmontados, desmontados, usados e usados.					



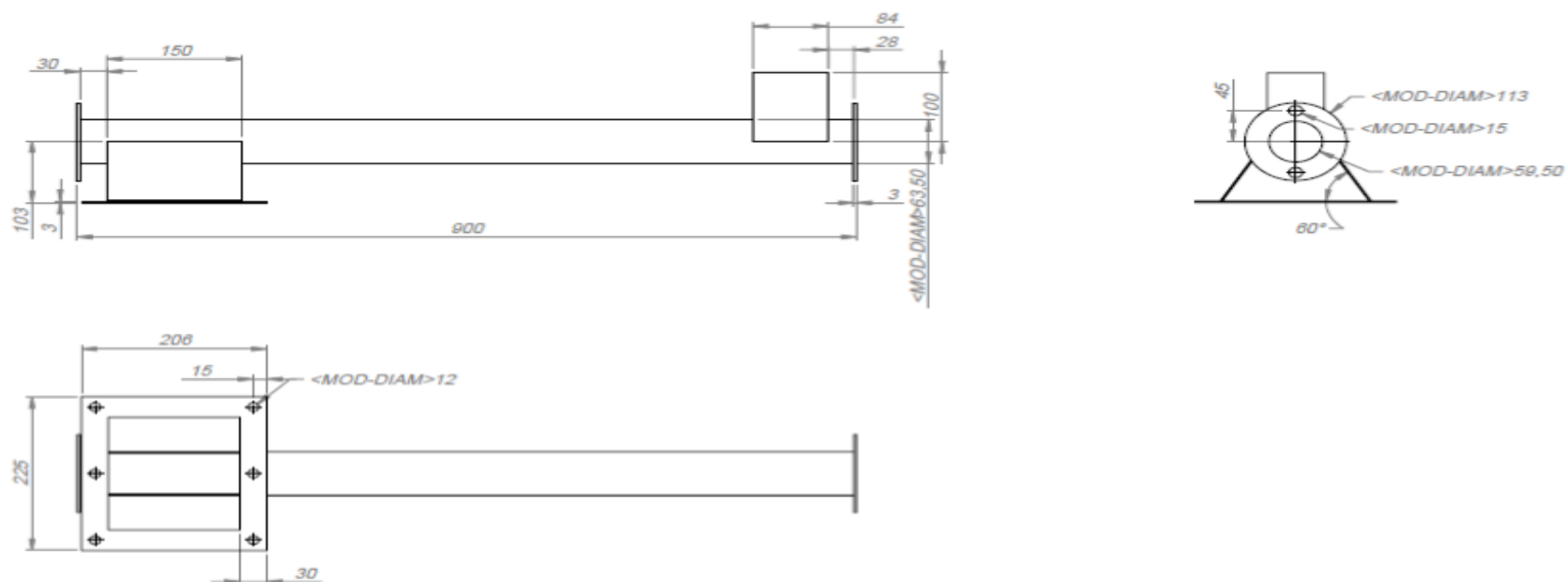
**Anexo 04 – Tabela de cálculos para dimensionamento da resistência elétrica**

Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade leite (1030 kg/m <sup>3</sup> )	Massa (kg)	Calor específico leite (j/kg*K )	Energia térmica Q (kj)	Tempo de aquecimento (Min)	Potência (kw)	Potência escolhida (kw)	Tempo de aquecimento (Min)
8	40	0,025	1030	25,75	3930	3238,32	10	5,40	3,5	15,42
10	40	0,025	1030	25,75	3930	3035,93	10	5,06	3,5	14,46
12	40	0,025	1030	25,75	3930	2833,53	10	4,72	3,5	13,49
14	40	0,025	1030	25,75	3930	2631,14	10	4,39	3,5	12,53
16	40	0,025	1030	25,75	3930	2428,74	10	4,05	3,5	11,57
18	40	0,025	1030	25,75	3930	2226,35	10	3,71	3,5	10,60
20	40	0,025	1030	25,75	3930	2023,95	10	3,37	3,5	9,64
22	40	0,025	1030	25,75	3930	1821,56	10	3,04	3,5	8,67
24	40	0,025	1030	25,75	3930	1619,16	10	2,70	3,5	7,71
26	40	0,025	1030	25,75	3930	1416,77	10	2,36	3,5	6,75
28	40	0,025	1030	25,75	3930	1214,37	10	2,02	3,5	5,78
30	40	0,025	1030	25,75	3930	1011,98	10	1,69	3,5	4,82
32	40	0,025	1030	25,75	3930	809,58	10	1,35	3,5	3,86
34	40	0,025	1030	25,75	3930	607,19	10	1,01	3,5	2,89
36	40	0,025	1030	25,75	3930	404,79	10	0,67	3,5	1,93
38	40	0,025	1030	25,75	3930	202,40	10	0,34	3,5	0,96

**Anexo 05 – Análise térmica do tanque em polietileno**

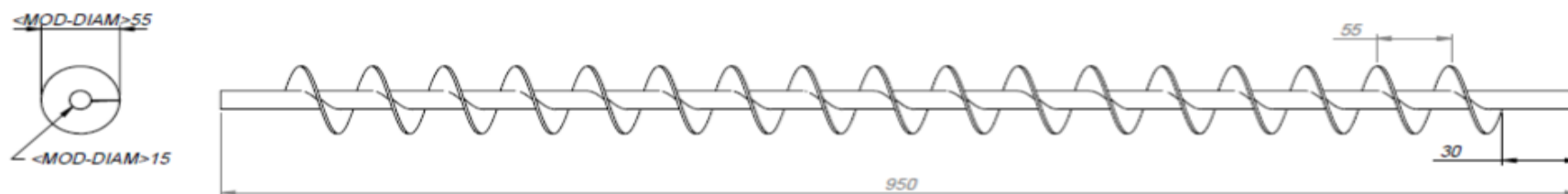
**Anexo 06 – Análise térmica do tanque em polietileno**

Anexo 07 – Detalhamento carcaça da rosca transportadora helicoidal



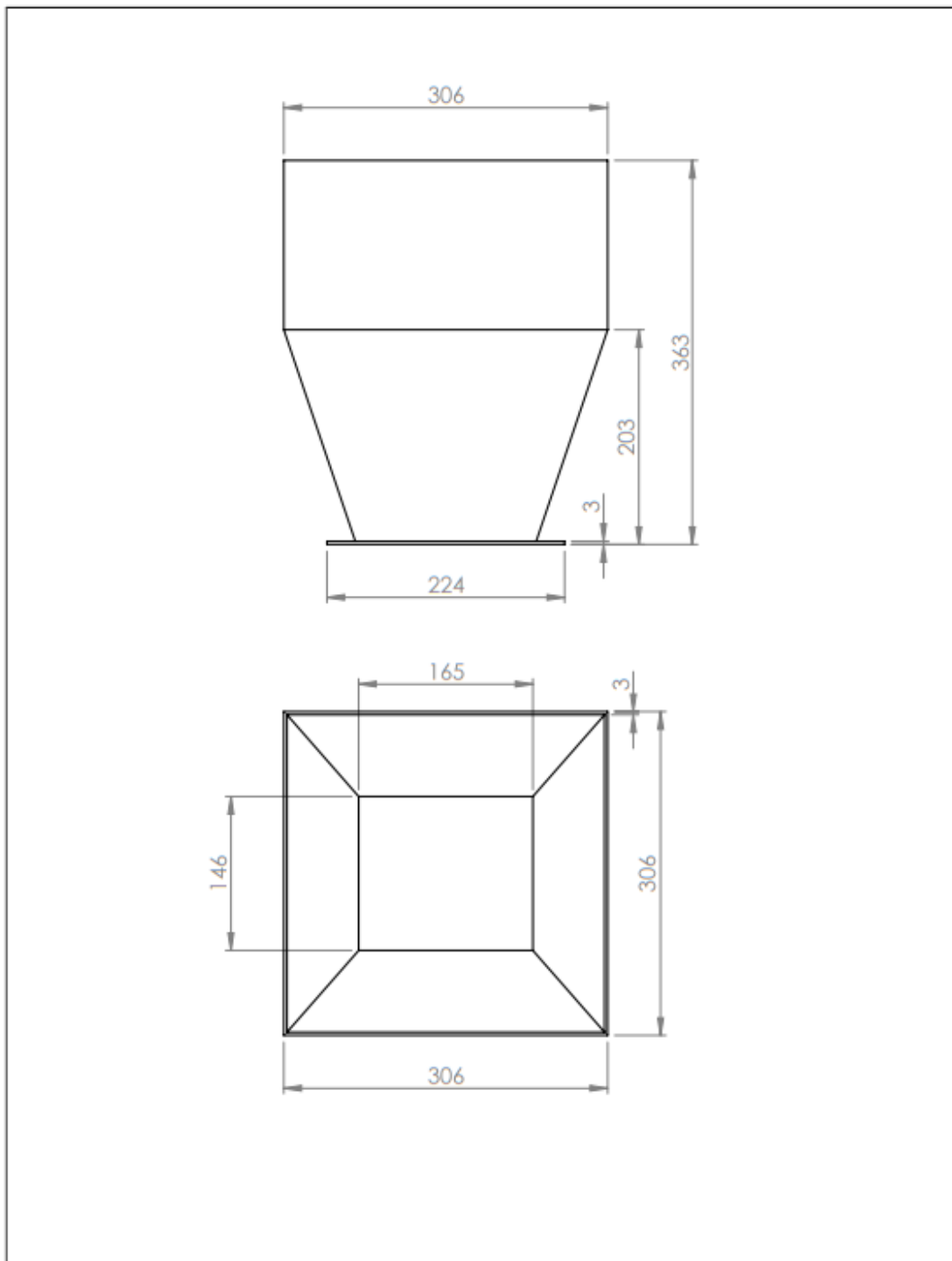
CÓDIGO MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL		PROJETADO	Data:		
CÓDIGO DA PEÇA	P. BRUTO (KG)	P. ACAB. (KG)	VERIFICADO	Data:		
<b>cargacarosca</b>						
DESCRIÇÃO DA PEÇA			ELABORADO	Data:	FOLHA	REVISÃO
					1/1	
MÁQUINA - EQUIPAMENTO			ESCALA	FORMATO	PROJEÇÃO	REGRAS/RECOMEND. CÁLCULO E UNIDADES
			1:10	A3		<small>A PROJEÇÃO OU REGRAS NÃO PRECISAM SER INDICADAS SE NÃO FOREM CONTRARIAS ÀS REGRAS DE PROJECÇÃO EM PRIMEIRO ANGULO. AUTORES: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ALENQUER</small>

Anexo 08 – Detalhamento da rosca helicoidal



CÓDIGO MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL		PROJETADO	Data:	
CÓDIGO DA PEÇA	P. BRUTO (KG)	P. ACAB. (KG)	VERIFICADO	Data:	
rosca					
DESCRIÇÃO DA PEÇA			ELABORADO	Data:	
				FOLHA	REVISÃO
				1/1	
MÁQUINA - EQUIPAMENTO			ESCALA	FORMATO	PROJEÇÃO
			1:10	A3	
<small>                 A REPRODUÇÃO OU EXECUÇÃO DESTE PROJETO SEM PERMISSÃO AUTORIZADA DA INFLUX INDUSTRIAIS CONSTITUI FURTO INDUSTRIAL. AUTENTADO EM: 02/05/2018 10:58:11 AM             </small>					

**Anexo 09 – Detalhamento do reservatório de leite em pó**



CÓDIGO MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL		PROJETADO Data:		
			Mateus Geremia		
CÓDIGO DA PEÇA	P. BRUTO (KG)	P. ACAB. (KG)	VERIFICADO Data:		
reservatorio	9,90				
DESCRIÇÃO DA PEÇA			ELABORADO Data:	FOLHA	REVISÃO
				1/1	
MÁQUINA - EQUIPAMENTO			ESCALA	FORMATO	PROJEÇÃO
			1:10	A4	
<small>                 QUEM TIVER EM MÃOS DESTE PROJETO                  A REPRODUÇÃO OU EXECUÇÃO DESTA PEÇA SEM A AUTORIZAÇÃO DA ANELLO INDUSTRIA                  CONSTITUÍRÁO FURTO SUJEITANDO SEU AUTOR                  MEDIDAS LEGAIS CABÍVEIS             </small>					

C:\Users\mateus\OneDrive\Área de Trabalho\Projeto tcci

## Anexo 10 – Leituras das temperaturas

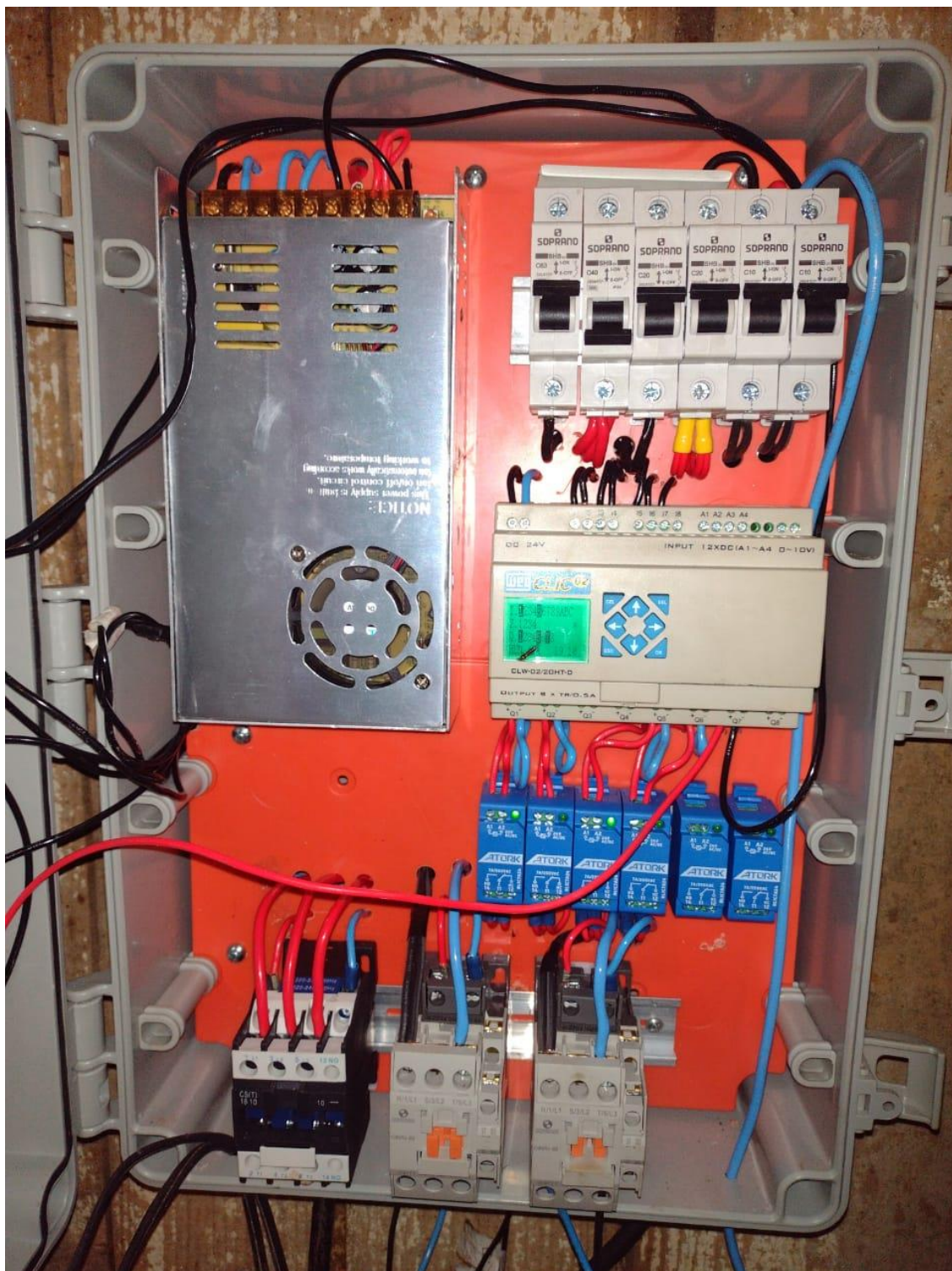
Temperatura interna (teste 01)	Temperatura interna (teste 02)	Temperatura interna (teste 03)	Média	Desvio padrão	Tempo (Min)	Temperatura externa
60	60	60	60	0,00	0	13
57,9	58	57,7	57,9	0,12	10	13
56	56	56,3	56	0,14	20	13
53,9	53,9	54	53,9	0,05	30	13
52,5	52,5	52,7	52,5	0,09	40	13
49,8	49,9	49,8	49,8	0,05	50	13
47,8	47,7	47,8	47,8	0,05	60	13
46,4	46,3	46,4	46,4	0,05	70	13
45,4	45,3	45,4	45,4	0,05	80	13
44,4	44,3	44,4	44,4	0,05	90	13
42,9	42,8	43	42,9	0,08	100	13
41,9	41,8	41,9	41,9	0,05	110	13
41,2	41	41	41	0,00	120	13
40,1	40	40	40	0,00	130	13
39,4	39,6	39,5	39,5	0,05	140	13
38,3	38,6	38,5	38,5	0,05	150	13
38	37,9	37,9	37,9	0,00	160	13
37,4	37,3	37,4	37,4	0,05	170	13
36,6	36,6	36,8	36,6	0,09	180	13
36	35,9	36,1	36	0,08	190	13
30	29,9	29,8	29,9	0,05	270	13
			Média	0,05		

## Anexo 11 – Capacidade da rosca helicoidal

CAPACIDADE DA DOSSAGEM DA ROSCA TRANSPORTADORA						
	QUANTIDADE (Gramas)	Média	Valor máximo	Valor 93ínimo	Desvio padrão	Dosagem em 6 Min e 30 Seg (gramas)
TESTE 01	425	424,5	430	415	4,03	2762,5
TESTE 02	423					2749,5
TESTE 03	427					2775,5
TESTE 04	424					2756
TESTE 05	420					2730
TESTE 06	430					2795
TESTE 07	420					2730
TESTE 08	425					2762,5
TESTE 09	426					2769
TESTE 10	415					2697,5



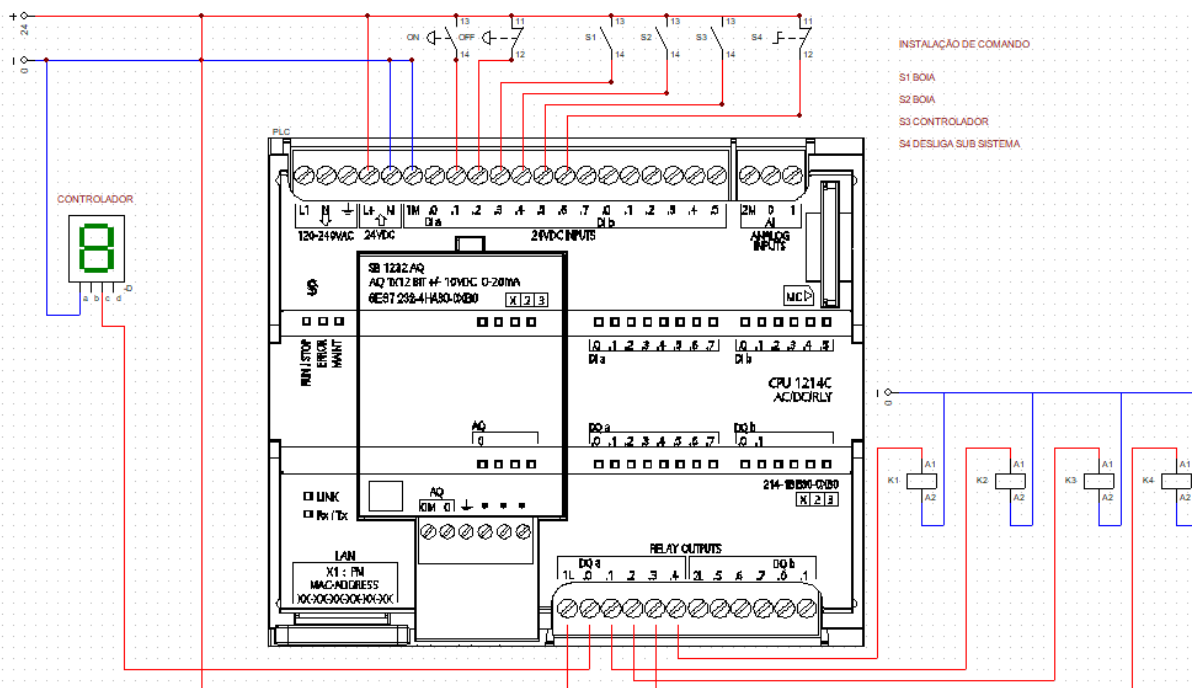
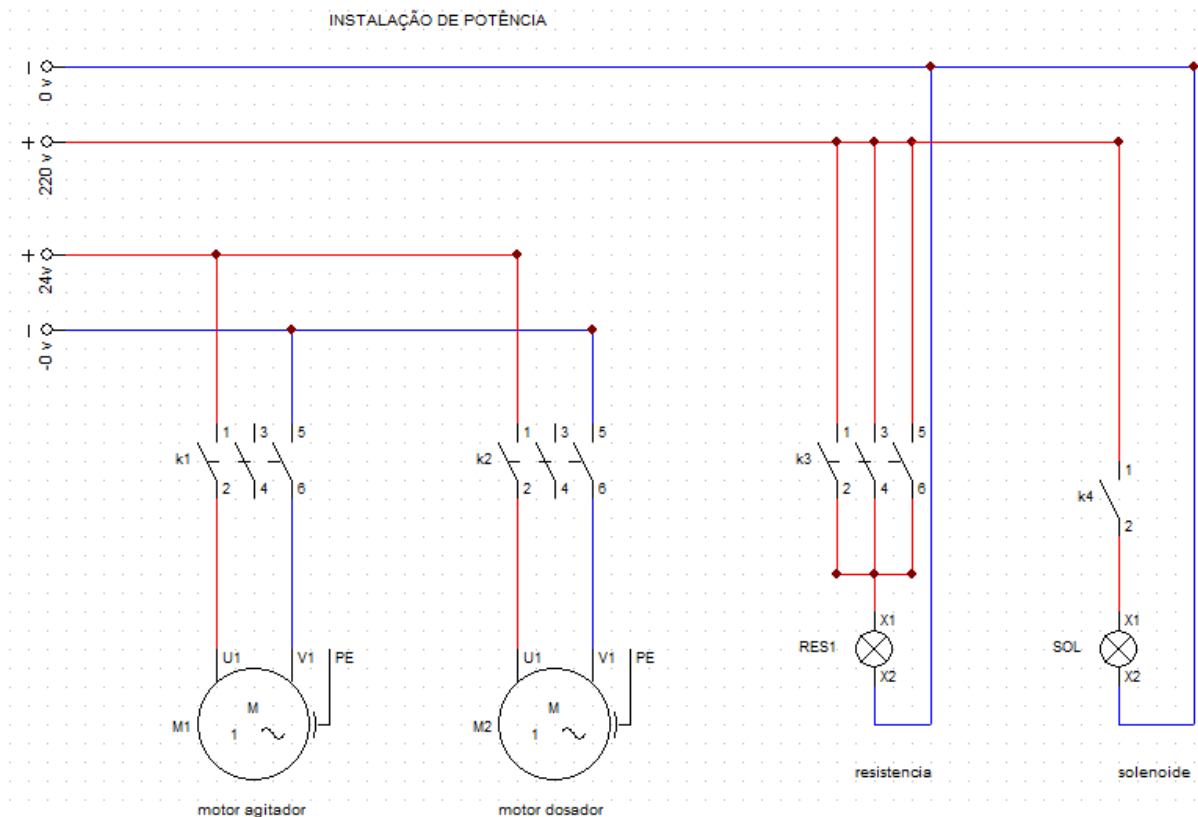
## Anexo 12 – Quadro de comando instalado



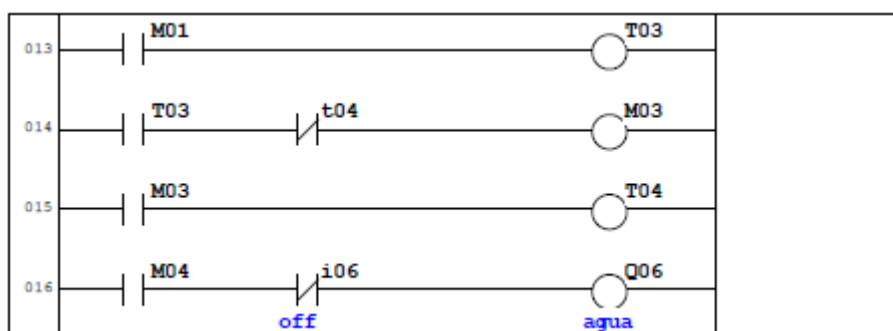
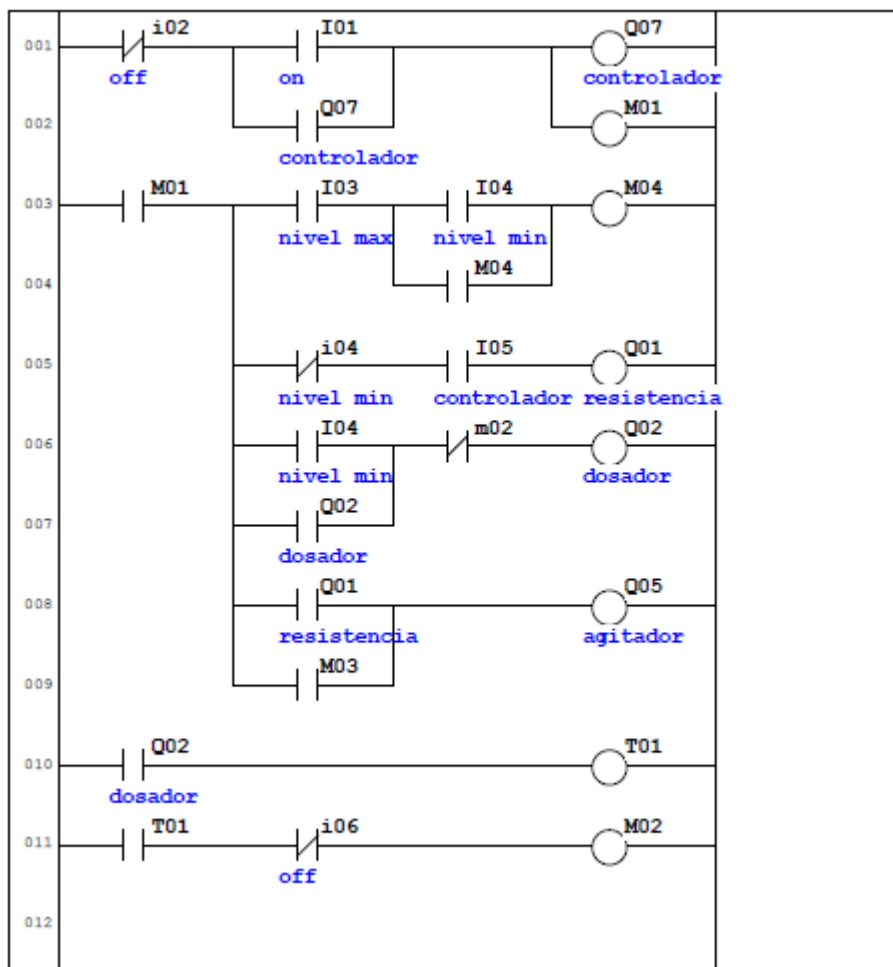
**Anexo 13** – Parte frontal do quadro de comando

**Anexo 14 – Mistura do leite**

### Anexo 15 – Circuitos elétricos



Anexo 16 – Programação do CLP



**Memorial de cálculos transferência de calor**

$$R_{cilindro} = \frac{\ln\left(\frac{0,425}{0,415}\right)}{2\pi * 0,035 * 0,46}$$

$$R_{cilindro} = 0,024 K/W$$

$$R_{conv} = \frac{1}{(2\pi * 0,425 * 0,35) * 25}$$

$$R_{conv} = 0,043 \frac{K}{W}$$

$$Q = \frac{(40 - 20)}{(0,024 + 0,043)}$$

$$Q = 298,50 W$$

$$T_e = (0,043 * 298,50) + 20$$

$$T_e = 33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### Memorial de cálculos da rosca helicoidal

$$f = \frac{59,5}{17}$$

$$f = 3,5 \text{ mm}$$

$$Deixo = \frac{55}{4}$$

$$Deixo = 13,75 \text{ mm}$$

$$s = \frac{\pi(0,055^2 - 0,015^2)}{4}$$

$$s = 2,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q = 47 * 0,055^2 * 0,055 * 0,40 * 720,831 * 28$$

$$Q = 63 \text{ Kg/h}$$

$$V = \frac{0,063}{3600 * 0,4 * 2,2 \times 10^{-3} * 1}$$

$$V = 0,02 \text{ m/s}$$

$$P = \frac{1,2 * 63 * 0,9}{367}$$

$$P = 0,144 \text{ W}$$

$$P_{tot} = \frac{0,144}{0,70}$$

$$P_{tot} = 0,206 \text{ W}$$