

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS MEDIANEIRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

FABIANO REIS DA COSTA
WILIAN TIAGO TAVARES GLOGER

CÂMARA PARA MATURAÇÃO DE SALAME COM CONTROLE
DE TEMPERATURA E UMIDADE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2014

FABIANO REIS DA COSTA

WILIAN TIAGO TAVARES GLOGER

**CÂMARA PARA MATURAÇÃO DE SALAME COM CONTROLE
DE TEMPERATURA E UMIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do curso superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. Me. Yuri Ferruzi

MEDIANEIRA

2014



Ministério Da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Gerência de Ensino
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção
Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

CÂMARA PARA MATURAÇÃO DE SALAME COM CONTROLE DE TEMPERATURA E UMIDADE

Por:

FABIANO REIS DA COSTA

WILIAN TIAGO TAVARES GLOGER

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 13:30 hs do dia 07 de Agosto de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho Aprovado.

Prof. Me. Yuri Ferruzi
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Orientador)

Prof. DR. Estor Gnoato
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Evandro André Konopatzki
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Paulo Job Brenneisen
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Resp. pelas atividades de TCC)

A Folha de Aprovação devidamente assinada deste documento encontra-se na Coordenação do Curso no Câmpus Medianeira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde, fé e força que têm me concedido para o término deste curso superior que é de grande importância em minha vida profissional.

À nossa família, pelo apoio, incentivo e compreensão empregados durante o curso, assim como em todos os momentos da nossa vida.

Agradeço a todos os colegas, sejam de trabalho ou de estudo e que fazem parte da nossa vida.

Agradeço a todos os professores da UTFPR–Campus Medianeira que de alguma maneira contribuíram para a realização do projeto, em especial Prof. Me. Yuri Ferruzi orientador e Prof. Dr. Cristiane Canan.

RESUMO

COSTA, Fabiano Reis S.; GLOGER, Wilian Tiago. Projeto de 39 páginas de uma câmara para maturação de salame com controle de temperatura e umidade, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso - Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

Uma das maiores dificuldades encontradas no processamento de alimentos fermentados como salame está no controle da temperatura, umidade relativa e da circulação de ar durante o processo. O salame, que é um produto muito comercializado nos dias atuais, com grandes perspectivas de expansão comercial, é fabricado de forma artesanal nas pequenas propriedades rurais do país. Entretanto é essencial para a qualidade e sabor do produto que ele seja produzido de forma condizente com a legislação. O projeto da câmara de maturação apresentado nesse trabalho tem a finalidade de transformar um refrigerador comercial, cuja utilização inicial era a conservação de alimentos, em um equipamento capaz de controlar a temperatura e umidade. As variáveis são controladas através de uma placa eletrônica Arduino, que tem como objetivo fornecer uma plataforma fácil para o desenvolvimento de projetos, utilizando um micro controlador ele faz parte da computação física área da computação em que o *software* interage diretamente com o *hardware*, tornando possível integração fácil com sensores e motores a fim de que seja possível a manutenção das variáveis necessária para a maturação do produto no caso o salame.

Palavras-chave: Temperatura, Maturação e Arduino.

ABSTRACT

COSTA, Fabiano Reis S.; GLOGER, Wilian Tiago. Project of 39 pages a chamber for the maturation of salami with temperature and humidity control. 2014. Final Paper – Technology in Industrial Technology, Federal Technological University of Paraná. Medianeira, 2014.

The control of temperature, relative humidity, and air circulation of fermented food such as salami is one of the greatest difficulties found during its processing. Salami, which is widely sold nowadays and with great perspectives of commercial expansion, is a handcrafted product from small properties in the legislation. However, it is essential for the quality and its flavor of the product that it is produced according to Produce Safety Standards. The project of the maturation chamber demonstrated in this paper has the objective of changing a commercial refrigerator, whose initial use aimed at food conservation, in an equipment which is able to control temperature and humidity. The variables are controlled by an electronic board Arduino, which aims to provide an easy platform for the development of projects using a micro controller it is part of the physical computing area of computing in which software interacts with the hardware directly, making it possible easy integration of sensors and motors so that it is possible to maintain the necessary variables for the maturation of sausage products in this case.

Key words: Temperature, Maturation, and Arduino.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Foto da Câmara.....	17
Figura 2 – Fluxograma do Sistema de Refrigeração	18
Figura 3 – Compressor Elgin TCA1060-E	19
Figura 4 – Foto do Evaporador	20
Figura 5 – Foto Trocador de calor	21
Figura 6 – Foto Motor do ventilador e exaustor	21
Figura 7 – Foto Diagrama elétrico do sistema	24
Figura 8 – Diagrama de Ligação do Controle da Temperatura e Umidade	25
Figura 9 – Foto Resistências.....	27
Figura 10 – Foto Sensor de Temperatura e umidade.....	28
Figura 11 – Foto Salame no Início do Processo de Maturação.....	31
Figura 12 – Foto Corte de Uma Peça de Salame	31
Figura 13 – Foto Painel de Comando	32
Figura 14 – Foto Sistema de Circulação do Ar	33
Figura 15 – Foto Compressor e Trocador de Calor.....	34
Figura 16 – Foto Evaporador.....	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Umidade Máxima e Umidade Mínima.....	35
Gráfico 2– Temperatura Máxima e Temperatura Mínima	36
Gráfico 3– Quebra de Peso dos Salames	37

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

°C	Graus Célsius
A	Amperes
A.C.	Antes de Cristo
E/S	Entradas e Saídas
kg	Quilograma
UR	Umidade Relativa
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V	Volts
mA	Mili Amper
Vcc	Tensão em Corrente Continua
W	Watt
R\$	Unidade Monetária (Real)
UN	Unidade
mm	Milímetros
cm	Centímetros
C/C++	Linguagem de Programação
Vdc	Tensão em Corrente Alternada
W/h	Watt por Hora
Kcal/Kg	Quilocalorias por Quilogramas
Qa	Carga Térmica
M	Massa
m ³	Metros Cúbicos
RPM	Rotação por Minuto
Ce	Calor Específico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 TEMPERATURA	13
2.2 UMIDADE.....	14
2.2.1 UMIDADE RELATIVA.....	15
2.2.2 UMIDADE ABSOLUTA.....	15
2.2.3 UMIDADE DE SATURAÇÃO.....	15
3 MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1 CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO	18
3.2 COMPRESSOR	19
3.3 TROCADORES DE CALOR.....	20
4 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	23
4.1 REFRIGERAÇÃO E DESUMIDIFICAÇÃO	25
4.2 AQUECIMENTO E UMIDIFICAÇÃO	26
4.3 SENSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE	27
4.4 MANUTENÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	28
5 RESULTADOS.....	30
6 CONCLUSÃO	38
7 REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem a finalidade de transformar um refrigerador comercial, cuja utilização inicial era a conservação de alimentos, em um equipamento capaz de um processo de maturação de alimentos embutidos por meio do controle de temperatura e umidade. Os parâmetros foram controlados utilizando uma placa Arduino e um sensor de temperatura e umidade. O Arduino é um *software* que fornece uma plataforma fácil para o desenvolvimento de projetos, utilizando um micro controlador, ele faz parte da computação física: área da computação em que o *software* interage diretamente com o *hardware*, tornando possível integração fácil com sensores, motores e outros dispositivos eletrônicos a fim de que seja possível a maturação de produtos alimentícios a base de carne que é um alimento com grande valor nutricional, comercial e social, mas apresenta uma limitada vida-de-prateleira. Visando a preservação da carne, foram desenvolvidos alguns procedimentos como a secagem, salga e fermentação.

O salame teve sua origem na cidade de Salamis, na costa leste de Chipre, cerca do ano 450 A.C. Conforme a história, os primeiros embutidos foram produzidos no Mediterrâneo, devido às condições climáticas: temperatura baixa e UR do ar estável. No Brasil o salame teve origem com a vinda de imigrantes italianos, que se instalaram no sul do país e encontraram condições climáticas favoráveis (ZEUTHEN,1995).

Devido ao fato da região de Medianeira ter uma cultura bastante ligada a agricultura sendo a maioria pequenas propriedades com baixo capital de giro para investir em novos equipamentos que auxiliam em um melhor resultado final do produto, no caso específico do salame observou-se a necessidade de desenvolver um equipamento de baixo custo que proporcione melhor qualidade no produto final, agregando valor ao mesmo. Depois da câmara montada foi feito teste para avaliar o desempenho geral ou específico do controle de temperatura e umidade, a câmara para maturação de salames visa melhor qualidade no produto final, possibilitando a parametrização das variáveis de forma a potencializar a maturação dos alimentos, cujas tarefas a serem realizadas através de dispositivos de controle de custo acessível.

Na produção do salame o processo tem início com a fabricação das peças e a acomodação do produto no interior da câmara, após isso começa a maturação utilizando set

points de temperatura e umidade no qual a câmara deve se manter. A temperatura e a umidade foram acompanhadas e alteradas de acordo com as quebras de peso do produto.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para HUGAS; MONFORT (1997), o salame pode ser definido como a mistura de carne triturada e gordura com sal, nitrato e/ou nitrito, açúcar e condimentos que após embutimento é submetida a processo de fermentação e secagem, proporcionando ao produto final grande vida de prateleira, como consequência da inibição de bactérias patogênicas e deteriorantes.

Nos dias atuais o salame colonial produzido em pequena escala é fabricado sem a observância de determinados fatores que influenciam diretamente no sabor e na qualidade do produto em questão. Dentre outros, a temperatura e a umidade relativa do ar são dois desses fatores determinantes (CHEFTEL, 1983). Para a fabricação do salame, MARTINS (2006) descreve de maneira objetiva todo o processo de maturação, conforme relatado a seguir:

A maturação é feita à temperatura entre +10 e +20°C, com base nesse fato o circuito de refrigeração foi trabalhado para se manter a uma temperatura entre 10 e 25°C, a umidade relativa no primeiro dia deve estar em torno de 95%. A umidade deve ser reduzida durante três a quatro dias para 85%. A velocidade do ar não pode ser maior do que 0,2 m/s. Depois de curados, os salames são colocados para maturação adicional e secagem para a estabilização da cor, desenvolvimento do aroma e finalização do processo de preparo para a estocagem do produto.

A secagem é feita a temperaturas entre 12 e 15°C e numa umidade relativa de 70 a 75% com velocidade do ar menor que 0,1 m/s quando o salame perde de 20 a 30% do seu peso, este já pode ser embalado e comercializado (MARTINS 2006).

2.1 TEMPERATURA

A variável temperatura insere-se no contexto de maturação de salames como um dos principais componentes para a obtenção de um resultado final satisfatório. O conceito físico da temperatura está associado ao grau de agitação das moléculas. Quanto maior a agitação molecular, maior é a medida da temperatura. Para que seja possível a medição desse grau de agitação, define-se uma substância na qual alguma grandeza varie na medida em que o houver

variação da temperatura. Registram-se os pontos exatos em que houve mudança de agitação das moléculas dessa substância. O conjunto de números associados às temperaturas chama-se escala termométrica. De acordo com AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL (2014) muitas escalas baseadas em pontos diferentes foram desenvolvidas ao longo do tempo. Dentre elas as mais importantes foram a *Fahrenheit*, a *Celsius*, a *Rankine* e a *Kelvin*. A leitura dessas escalas é possível com a utilização de medidores de temperatura. Os medidores de temperatura são baseados em efeitos elétricos como sinal em mA ou físicos como variação do volume produzidos sobre uma substância.

Segundo consta o fabricante HEATCRAFT (2006), o calor específico da linguiça defumada é de 0,68kcal/kg°C. Historicamente, a definição de calorias era a quantidade de energia necessária para elevar em 1 grau célsius a temperatura de 1g de água. Com a evolução das técnicas de medida, verificou-se que o calor específico não era constante com a temperatura. Por isso buscou-se padronizá-lo para uma faixa estreita, e a caloria foi então redefinida como sendo o calor trocado quando a massa de um grama de água passa de 14,5°C para 15,5°C. A partir destes parâmetros calculou-se a carga térmica do produto com a equação $Q_a = m \times c (t_1 - t_2)$, baseado em 48,6kg de salame (m), calor específico de 0,68Kcal/kg.°C (c), e temperatura inicial de 27°C (t1) e final de 12°C(t2). Assim $Q_a = 48,6 \times 0,68 \times (27-12)$, $Q_a = 495\text{kcal}$.

2.2 UMIDADE

A umidade é a quantidade de vapor de água na atmosfera. Fisicamente a umidade relativa é definida como a razão da quantidade de vapor de água presente numa porção da atmosfera (pressão parcial de vapor) com a quantidade máxima de vapor de água que a atmosfera pode suportar a uma determinada temperatura (pressão de vapor). Segundo ETEC (2014), entende-se por umidade o conteúdo de água em uma substância ou material. No caso da umidade do ar, a água está misturada com o mesmo de forma homogênea no estado gasoso. A umidade da massa atmosférica passa por variações e dependendo da temperatura pode atingir até mesmo um ponto de saturação, existem três grandezas diferentes para a medição de umidade.

2.2.1 UMIDADE RELATIVA

A umidade relativa é definida como a razão entre a quantidade de água presente em uma determinada porção da atmosfera (pressão parcial de vapor de água) com a quantidade total de vapor de água que a atmosfera pode suportar em uma determinada temperatura (pressão de vapor). A umidade relativa é expressa como fração (%) e é calculada a seguir.

$$\varphi = P(\text{H}_2\text{O}) \div \dot{P}(\text{H}_2\text{O}) \times 100\% \quad [1]$$

Onde:

- $P(\text{H}_2\text{O})$ é a pressão parcial de vapor de água em uma mistura de gases;
- $\dot{P}(\text{H}_2\text{O})$ é a pressão de vapor de saturação da temperatura da mistura de gases;
- φ é a umidade relativa da mistura de gases sendo considerada.

2.2.2 UMIDADE ABSOLUTA

Umidade absoluta é a quantidade, em gramas, de vapor d'água contido no ar atmosférico num dado instante.

2.2.3 UMIDADE DE SATURAÇÃO

É a maior quantidade de vapor d'água que pode conter no ar, em um dado momento com uma dada temperatura e sobre determinadas condições de pressão. É importante salientar que a falta de umidade é uma das principais características do salame, pois se trata de um produto com baixíssimos índices de umidade. Sobre o assunto (*SCHEIDT, G. N. et al*) comenta:

Na produção de salames, um pH baixo favorece a perda mais uniforme de umidade, promove o sabor acidificado e a cor avermelhada em função da reação de redução de nitrato em nitrito, resultando na estabilidade do produto. A acidificação contribui para a liga e o aumento da textura do embutido cru, permitindo boas características de fatiamento devido à coagulação das proteínas musculares. (Scheidt, et. al, p. 96, 2009).

Por tratar-se de um alimento com alto teor de água, a carne apresenta alta perecibilidade e curto período de vida útil, devendo ser preservada mediante o uso de técnicas de conservação. A preservação da carne geralmente é obtida pela combinação de fermentação, desidratação e salga.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto abordado tem como finalidade a adaptação de um refrigerador comercial que inicialmente foi utilizado para armazenamento de carnes com capacidade de aproximadamente 600 litros e dimensões externas de 1710mm x 1177mm x 620mm, em uma câmara climática com umidade e temperatura controláveis conforme a Figura 1. Para tanto, necessitou-se acrescentar ao seu funcionamento dispositivos capazes de atuar e controlar as variáveis conforme já citado acima.



Figura 1 – Foto da Câmara

Para finalidade de projeto, foi considerado um espaçamento entre cada peça de salame de aproximadamente 70mm e de 100mm entre o produto e as paredes do refrigerador, para proporcionar uma ventilação mais eficaz. Com isto, estimou-se ser possível o armazenamento de 180 peças, sendo distribuídas em três fileiras, cada fileira com 10 varas, e cada vara com seis peças. Considera-se que cada peça possua uma massa média de 0,270kg, totalizando no processo uma massa de 48,6 kg.

Para o controle do sistema foi utilizado a Arduino Nano é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre e de placa única, projetada com microcontrolador Atmel AVR com suporte de entradas e saídas embutido, uma linguagem de programação padrão C/C++, objetivo do projeto é criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo. O dimensionamento do circuito foi feito em cima das peças que fez parte do sistema: o

compressor e dois ventiladores do trocador de calor faz parte do circuito de refrigeração, duas resistências responsáveis pelo aquecimento e o ventilador e exaustor que fazem a circulação do ar.

3.1 CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO

Para adequação dos níveis de umidade e temperatura foi projetado um circuito frigorífico conforme a Figura 2 a seguir. O circuito de refrigeração é responsável pela desumidificação, pois a umidade é condensada nas paredes do evaporado na forma de gelo.

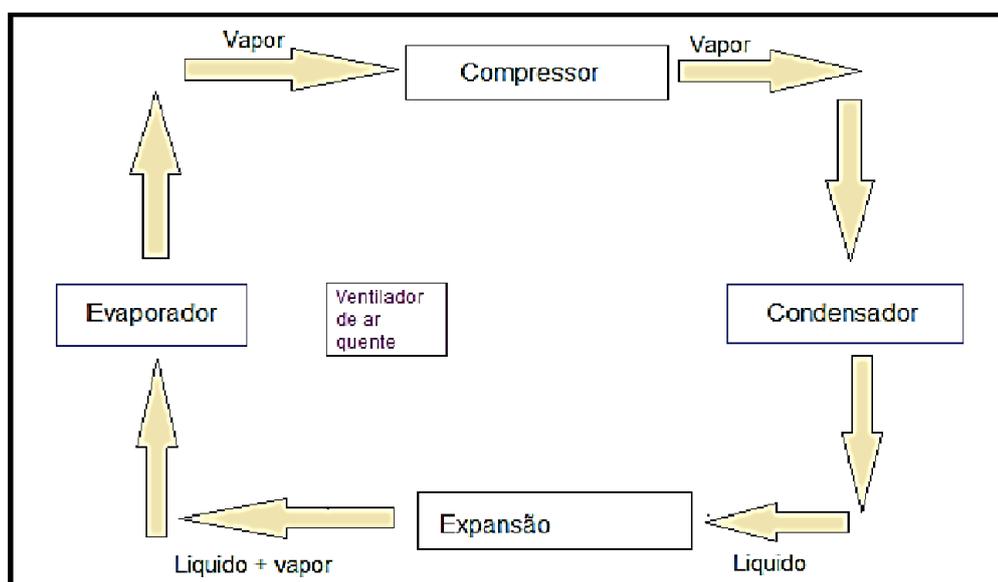


Figura 2 – Fluxograma do Sistema de Refrigeração

Fonte: Engmecanicasenai-refrigerador.blogspot 2012 07 01

A– Compressor: é o coração do sistema, pois cabe a ele a sucção e compressão do fluido refrigerante, possibilitando sua circulação por toda a unidade;

B– Vapor: sai do compressor a alta temperatura;

C– Condensador: transfere o calor do fluido refrigerante para o ambiente externo saindo na forma de líquido;

D– Expansão: é o tubo capilar ou válvula de expansão, que cria uma resistência à circulação do fluido refrigerante, causando um diferencial de pressão entre o condensador, a alta pressão, e o evaporador, a baixa pressão saindo líquido mais vapor;

E– Evaporador: transfere o calor do ambiente interno para o fluido refrigerante retornando vapor ao compressor e recomeçando o processo.

3.2 COMPRESSOR

O compressor conforme mostra a Figura 3 é tanto um motor como uma bomba, quando o compressor liga, ele movimenta o fluido refrigerante que está na forma líquida depois que o mesmo sai do evaporador. Os refrigeradores utilizam um tipo de gás refrigerante que se transforma em líquido em baixas temperaturas $-26,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 3 – Compressor Elgin TCA1060-E

Fonte: Alfa ServiceClimatizacao compressor-tcm2020-e-1-3-r22-elgin

O compressor possui as seguintes características:

- Voltagem: 220 V
- Consumo: 750 W
- Fluido refrigerante: R409

Principais aplicações desse tipo de compressor:

- Expositores e balcões refrigerados
- Mini câmaras e adegas
- Geladeiras comerciais
- Resfriadores de líquidos

3.3 TROCADORES DE CALOR

Dois trocadores de calor aletados foram utilizados, sendo que um deles tem a função de condensador e outro a função de evaporador. A Figura 4 mostra as características do evaporador, tem formato de serpentina de cobre somando o total de 20 voltas divididas em duas camadas com aletas de alumínio com ventilador para forçar a circulação de ar.



Figura 4 – Foto do Evaporador

A figura 5 mostra o sistema de troca de calor que é realizado por dois ventiladores que forçam a passagem de ar através das aletas da serpentina realizando a troca de calor.

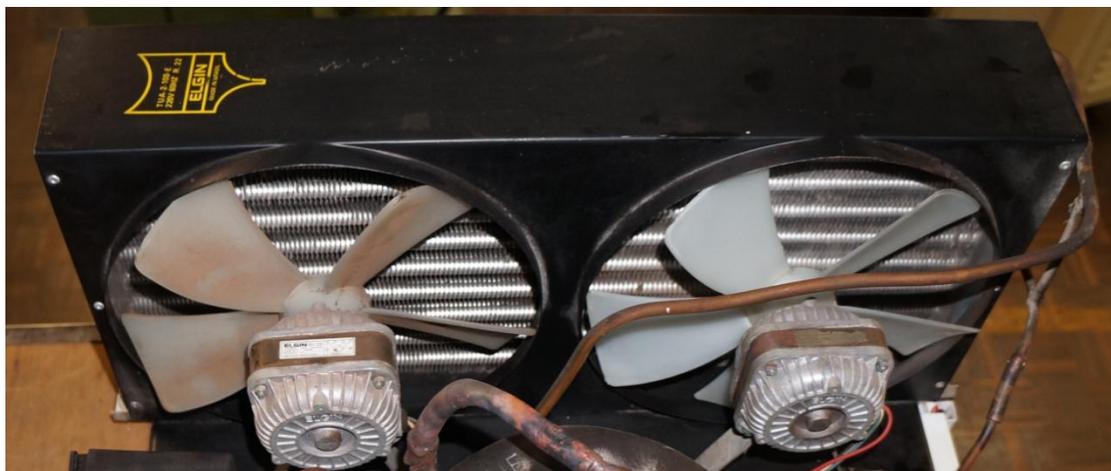


Figura 5 – Foto Trocador de calor

Os motores utilizados como ventilador, exaustor e os dois do trocador de calor Figura 6 será descrito a seguir:



Figura 6 – Foto Motor do ventilador e exaustor

As características do motor do ventilador e do exaustor retiradas da placa são: rotação 1580 rpm, tensão 127/220V sendo que no na câmara foi utilizado a ligação na tensão maior corrente 0,55/0,27A e a potência: 1/4 CV.

Os custos do projeto ficou no total de 3.545,00 sendo descritos os itens a seguir:

- Carga de gás R401A R\$ 150,00
- Joelho 90° 200mm 2un R\$ 97,00
- Luva simples 200mm 2un R\$ 31,50
- Cabo de madeira R\$ 12,00
- Componentes do quadro R\$ 192,00
- Painel com tampa em acrílico 19x17x10 R\$ 23,80
- Espuma de poliuretano 1un R\$ 17,00
- Exausto residencial 25cm 1un R\$ 162,20
- Resistência tubular aletada 220V 300W R\$ 260,00
- Geladeira Industrial usada R\$ 2.750,00

4 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

O acionamento das saídas é responsável pela manutenção das variáveis de refrigeração, aquecimento e desumidificação o sistema é composto por uma chave liga desliga, quatro relés R1 aciona M1 (compressor) M2 e M3 (ventiladores do trocador de calor) R2 aciona M4 (ventilador do evaporador) R3 aciona M5 (exaustor) e o R4 aciona RES1 RES2 (resistência 1 e 2). A Figura 7 mostra o diagrama elétrico do sistema.

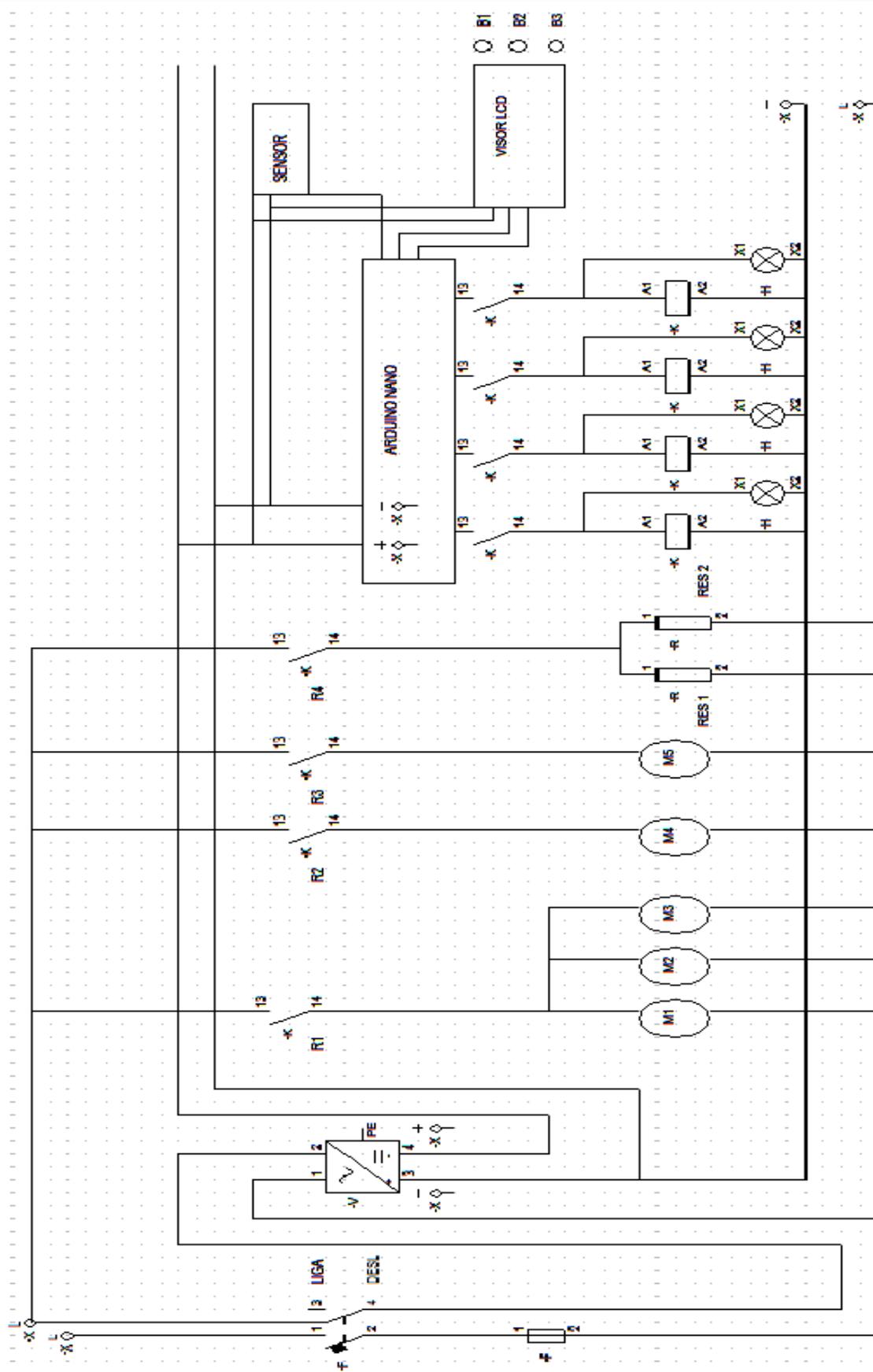


Figura 7 – Diagrama elétrico do sistema

Na Figura 8 temos o diagrama de ligação do Arduino Nano com o sensor DHT11 e o display LCD.

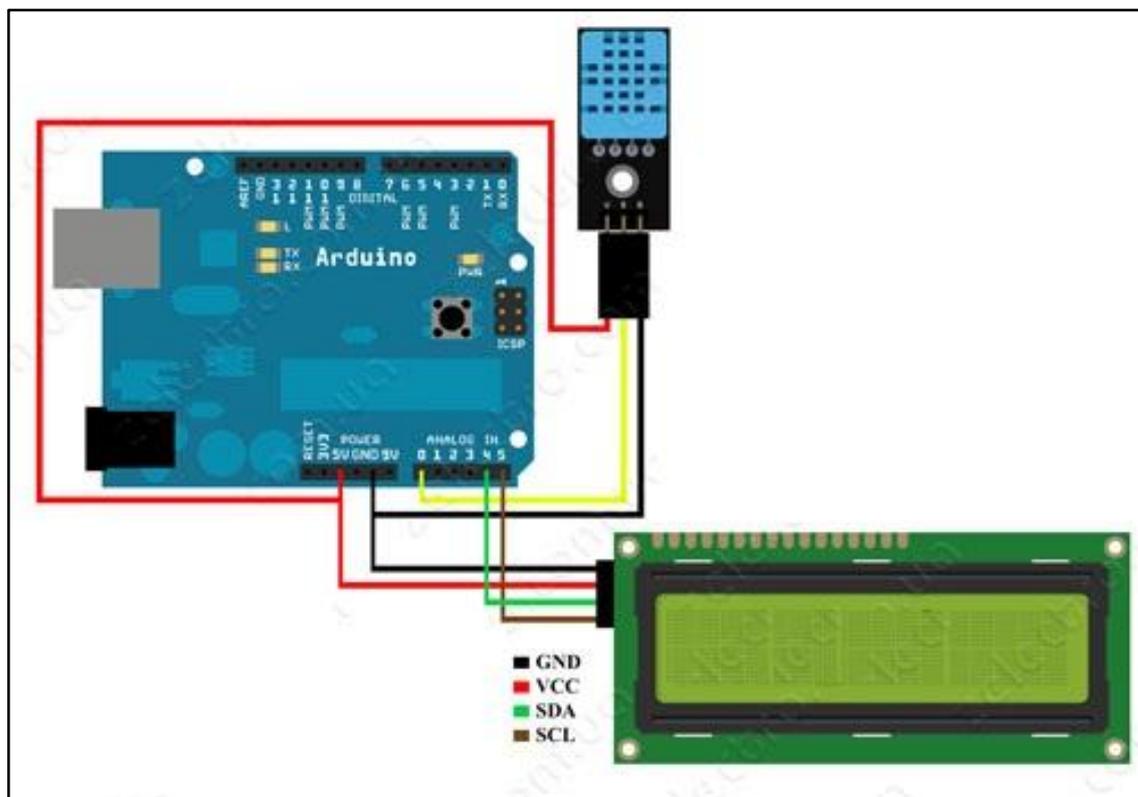


Figura 8 – Diagrama de Ligação do Controle da Temperatura e Umidade

4.1 REFRIGERAÇÃO E DESUMIDIFICAÇÃO

No processo de refrigeração e desumidificação, o compressor é acionado nesta configuração, o fluido refrigerante superaquecido é descarregado ao condensador externo onde é resfriado através da troca de calor com o ambiente, tornando-o líquido. Através da passagem pelo dispositivo de expansão e enviado ao trocador aletado interno, é evaporado, retira o calor do interior da câmara e assim retornando ao compressor. Juntamente com o resfriamento do trocador de calor (evaporador interno) ocorre a condensação da umidade presente no interior da câmara nas paredes do evaporador, tirando dessa forma a umidade presente dentro da câmara e conseqüentemente do produto.

4.2 AQUECIMENTO E UMIDIFICAÇÃO

O processo de umidificação e aquecimento é feito através do acionamento de duas resistências 220V 300W cada uma, quando acionada a resistência, o ar que passa sai aquecido através da ventilação forçada circula pelo ambiente até passar pelo condensador, devido a sua temperatura estar elevada descongela o gelo da superfície do condensador fazendo com que o ar úmido retorne para o circuito.

A Fórmula [2] a seguir visa atender a necessidade de cálculo da resistência elétrica necessária para aquecimento, onde temos:

$$P=M \times C_e \times (T_2-T_1) \div 860 \quad [2]$$

Sendo:

P= Potência (KW/ h)

M = Massa a ser aquecida em Kg ou em Kcal/Kg. °C

Ce = Calor específico do ar 0,24 cal/g°C

T2 = Temperatura final a ser atingida em °C

T1 = Temperatura inicial do produto em °C

860 = Constante de cálculo

Cálculo da potência da resistência:

$$P = 48.6 \times 0.24 (20 - 12) \div 860$$

$$P = 0.108 \text{ KW/h}$$

De acordo com o cálculo foi dimensionadas resistências que dissipassem uma potência de 108w por hora seria o suficiente, mas devido a necessidade de oscilar entre o mínimo e o máximo a temperatura do equipamento em um curto espaço de tempo foi colocado duas resistências de 300W/h somando um total de 600W/h.

Na Figura 9 pode visualizar a resistência utilizada, com as seguintes características: construídas com tubos de aço inox de diâmetros 8 mm; aletas com tratamento de metalização; potência 300 watts; tensão 220 volts e 160 ohms.

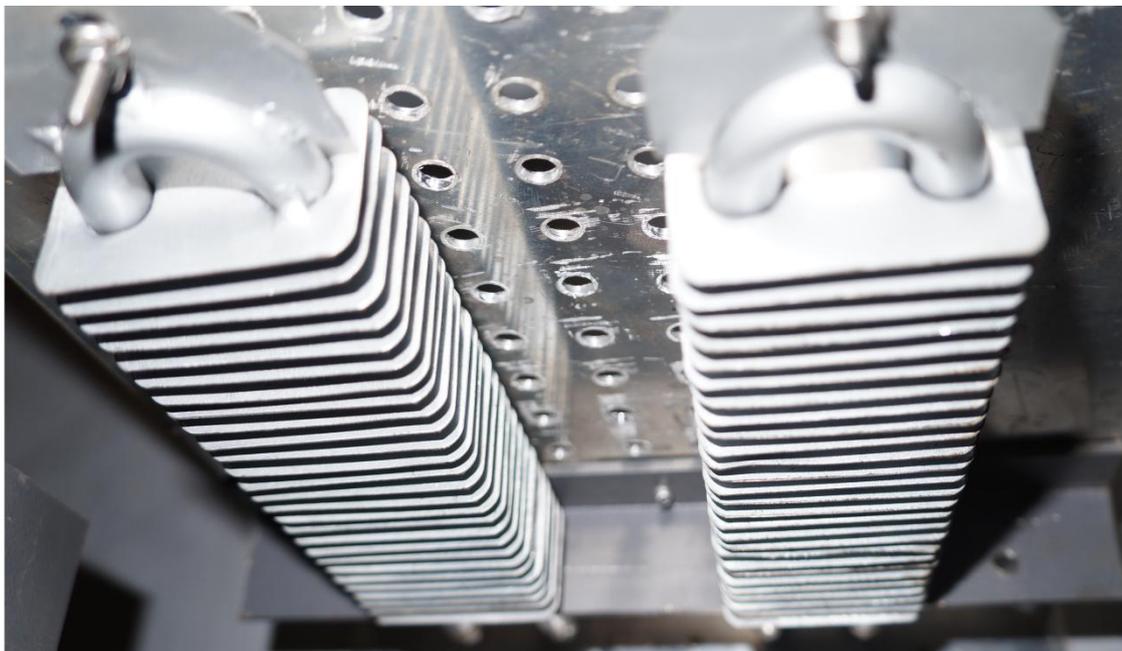


Figura 9 – Foto Resistências

4.3 SENSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE

O sensor utilizado no projeto foi o DHT11 conforme Figura 10, que é um sensor de umidade e temperatura, com saída digital. Foi desenvolvido especificamente para medição de temperatura e umidade garantindo a confiabilidade e estabilidade, extremamente fácil a integração deste produto com microcontroladores, tais como Arduino Nano.

Especificações:

- Modelo: DHT11
- Tensão de alimentação: 3 a 5.5 Vdc (5Vdc recomendado)
- Saída do sinal: digital de 1 fio

- Tipo do sensor: Resistor polimérico
- Faixa de medição: 20-90% UR; 0-50°C
- Precisão: Umidade+-4% UR (Max +-5% UR); Temperatura: +-2°C
- Estabilidade a longo prazo: +-0.5% UR/ano
- Tempo de medição: 2s
- Dimensões: 12x15.5x5.5mm

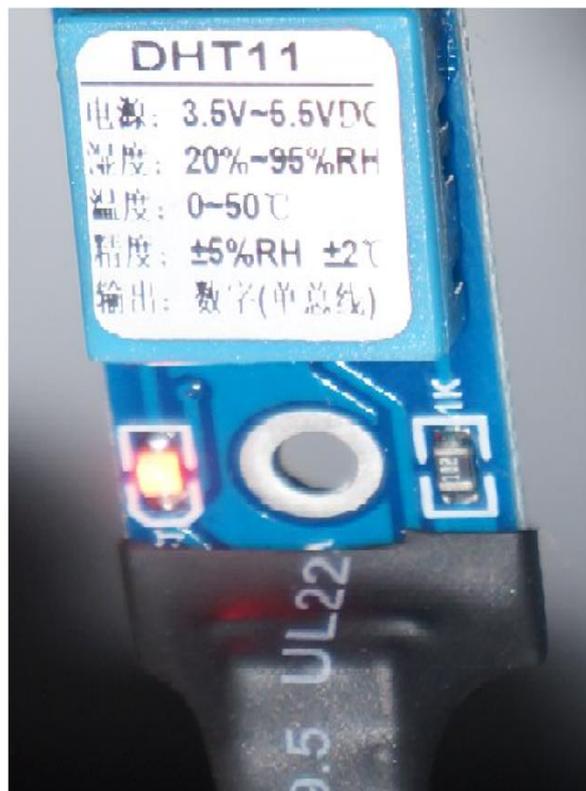


Figura 10 – Foto Sensor de Temperatura e umidade

4.4 MANUTENÇÃO DAS VARIÁVEIS

O controle das variáveis feito através do Arduino Nano, um equipamento que permite integração com vários componentes. O Arduino é uma placa que permite a automação de projetos eletroeletrônicos, a fonte de alimentação recebe energia externa por uma tensão de, no mínimo 7 volts e máximo de 35 volts com corrente mínima de 300mA. A placa e demais

circuitos funcionam com tensões entre 3,3 e 5 volts. Em termos de *software*, o Arduino pode ter funcionalidades desenvolvidas por meio da linguagem C/C++.

As variáveis serão controladas da seguinte forma: Quando setado 20°C (a esterese é definida entre a temperatura máxima e mínima) a temperatura menor que 20°C liga a resistência e a temperatura maior que 20°C desliga a resistência e o controle para baixar a temperatura passa a ser através da umidade, que quando setada a 80% (a esterese é definida entre a umidade máxima e mínima) umidade maior que 80% liga o compressor e menor que 80%, desliga.

5 RESULTADOS

Para avaliar a funcionalidade da câmara de maturação, foi realizado um teste com 3 kg de salame, os quais foram avaliados a perda de peso durante 15 dias. Durante este período foi realizado o acompanhamento da umidade relativa (UR) mínima e máxima e da temperatura mínima e máxima da câmara.

A maturação é industrialmente realizada em câmaras de maturação, que são ambientes climatizados em contraposição ao sistema artesanal que confia nas condições ambientais. A maturação é a fase mais longa do processo de elaboração dos salames, pois é o momento em que ocorre a maioria das transformações físicas, bioquímicas e microbiológicas, além da desidratação (PARDI et al., 1996).

O baixo teor de umidade é um dos fatores básicos que tornam os salames produtos diferenciados dos demais embutidos. Portanto, o controle da umidade e temperatura durante a maturação é muito importante para obtenção de um produto de qualidade.

Para a maturação dos salames as temperaturas são consideradas baixas em torno de 15°C, temperaturas médias de 18 a 20°C, as quais são as mais indicadas, e temperaturas altas de 25°C ou mais. Normalmente a temperatura inicial da câmara é superior a 20°C, baixando depois para 18-20°C. A umidade relativa no início da maturação indicada é de 95% e deve ser reduzida durante 3 a 4 dias para 70 -85%.

A Figura 11 mostra o salame no início do processo as peças não são de tamanho uniforme e estão instaladas nas medidas padrão.



Figura 11 – Foto Salame no Início do Processo de Maturação

Já a Figura 12 mostra o salame após 15 dias de maturação.



Figura 12 – Foto Corte de Uma Peça de Salame

Para parametrizar os set points da câmara, deve-se segurar o botão Menu (B3) pressionado por dois segundos. Em seguida aparecerá no display “Temperatura Mínima” onde poderá ser alterado o valor nos botões Sobe Parâmetros e Desce Parâmetros (B1 e B2 respectivamente). Pressionando novamente o botão Menu aparecerá “Temperatura Máxima”, onde também poderá ser alterado os valores nos botões B1 e B2. Assim, da mesma forma, apertando o botão Menu poderá parametrizar a “Umidade Mínima” e a “Umidade Máxima” alterando os valores nos botões Sobe Parâmetros e Desce Parâmetros.

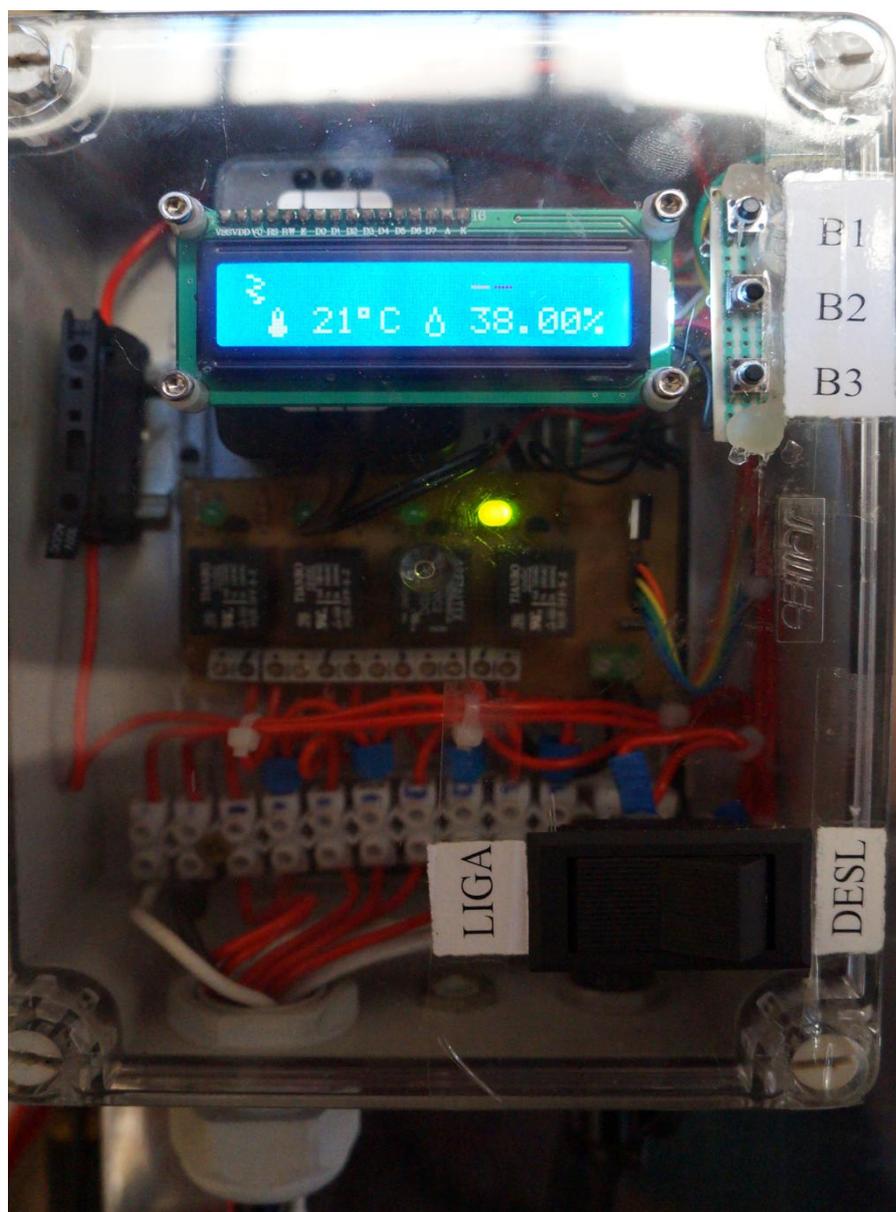


Figura 13 – Foto Painel de Comando

O sistema de circulação de ar da câmara Figura 14 funcionou adequadamente não se fazendo necessárias alterações.



Figura 14 – Foto Sistema de Circulação do Ar

Circuito de refrigeração mostrado na Figura 15 teve o seu funcionamento prejudicado devido ao evaporador na Figura 16 estar localizado na parte superior da câmara, o que potencializa a queda de umidade e aumenta o espaço interno.



Figura 15 – Foto Compressor e Trocador de Calor

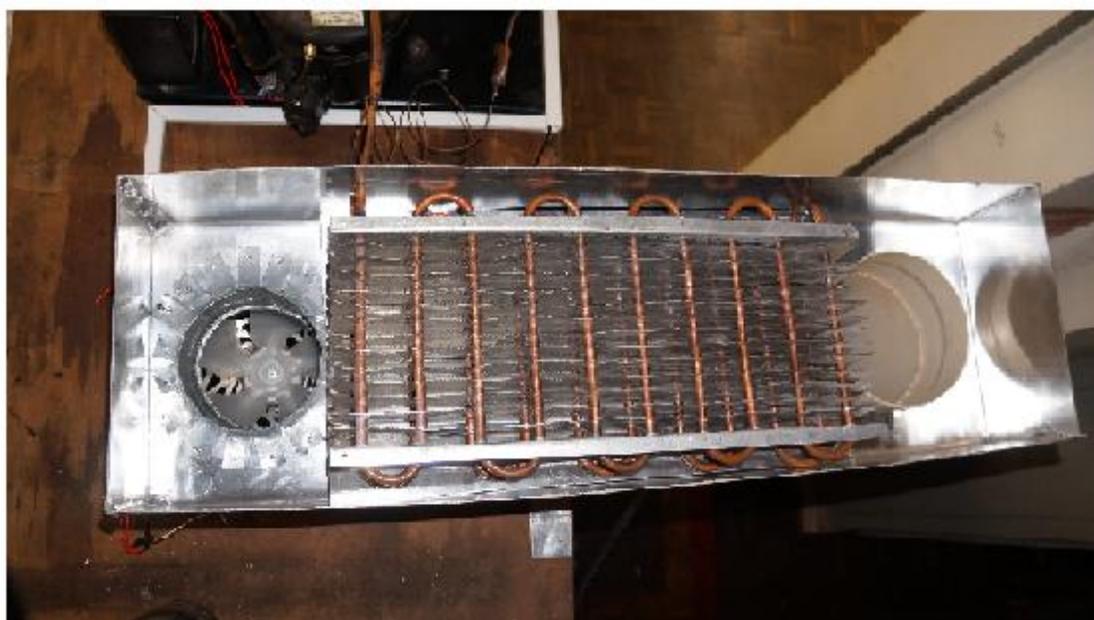


Figura 16 – Foto Evaporador

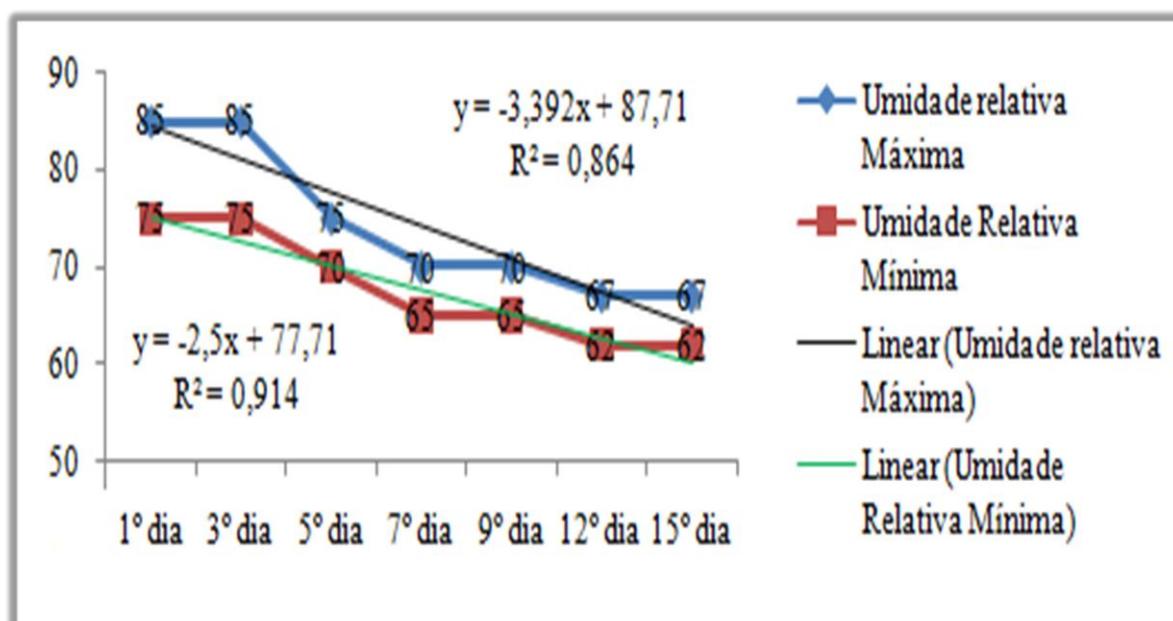
O quadro a seguir mostra a perda de umidade do produto em % e os parâmetros de temperatura e umidade sendo alterados no decorrer dos 15 dias.

Parâmetros avaliados	Período (dias)						
	1°	3°	5°	7°	9°	12°	15°
Umidade Relativa (Mín. e Máx.)	75-85	75-85	70-75	65-70	65-70	62-67	62-67
Temperatura (Mín. e Máx.)	20-21	18-19	18-19	17-18	17-18	16-17	15-16
Perda de peso (%)	Peso	%	%	%	%	%	%
- Peça 1	548	2,55	2,62	2,69	1,98	3,43	5,64
- Peça 2	694	2,31	3,10	1,37	9,72	3,93	2,49
- Peça 3	878	1,82	1,74	2,72	1,58	1,60	1,88
- Peça 4	934	2,14	1,42	2,77	2,85	1,41	2,15

Quadro 1– Quebra de Peso

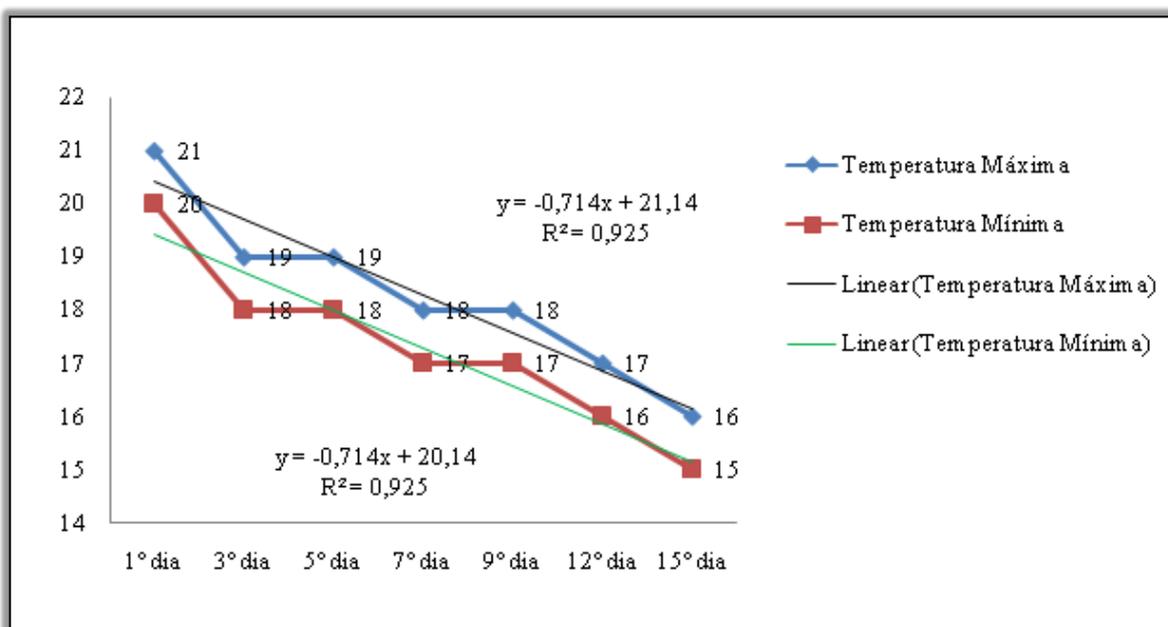
O Gráfico 1 mostrado a seguir é relativo as perdas registradas durante o período de teste com Câmara de Maturação, a umidade máxima começou em 85% e terminou em 67%, somando o total de 18%.

Gráfico 1– Umidade Máxima e Umidade Mínima



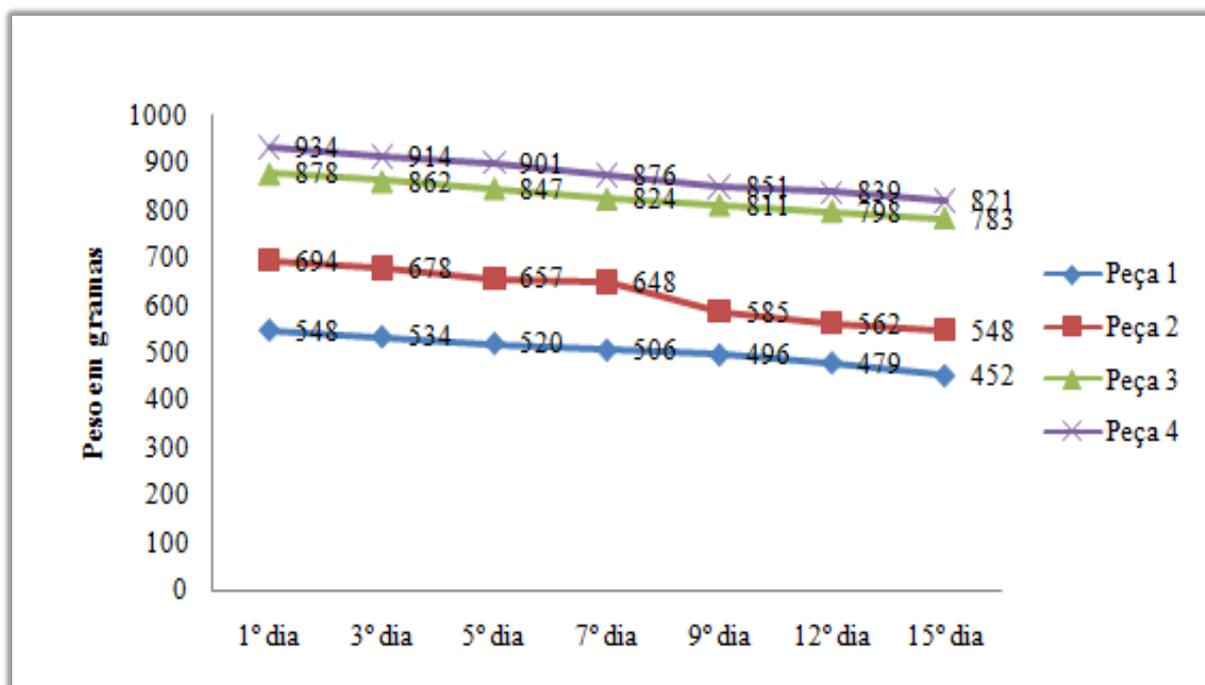
O Gráfico 2 Temperatura Mínima e Máxima mostrado a seguir é relativo as quedas registradas durante o período de teste com a Câmara de Maturação, a temperatura máxima começou em 21°C e terminou em 16°C somando o total de 5°C, tendo a temperatura interna do produto com 18.2°C, sendo que o proposto era uma temperatura final interna do produto entre 18.5 e 19°C.

Gráfico 2– Temperatura Máxima e Temperatura Mínima



O gráfico 3 demonstra a quebra do peso das 4 peças de salame ao longo de 15 dias de maturação, a quebra ficou entre 15 e 25%.

Gráfico 3– Quebra de Peso dos Salames



6 CONCLUSÃO

Neste trabalho, os salames foram embutidos em tripas de celulose de grosso calibre (50 mm), e podem levar de 45 a 60 dias para maturar. Devido ao curto tempo de teste, o declínio da umidade relativa foi mais rápido que o indicado (Quadro1). Considerando que o objetivo do trabalho foi avaliar o controle da umidade relativa e da temperatura pela câmara de maturação, estes dois parâmetros sofreram um declínio mais acentuado, o que não é o ideal, levando a problemas nos salames, como a formação de um anel de desidratação, indicando que a secagem foi muito rápida.

Durante a secagem a umidade da superfície deve ser eliminada com a mesma velocidade que a umidade interna do produto, o que não ocorreu. A secagem por ter sido muito rápida, o exterior do produto secou e se formou uma crosta que dificultou a saída da umidade do interior do produto. Esse maior teor de umidade no interior do produto possibilita a ocorrência de processos fermentativos indesejáveis, originando salames ácidos, pútridos ou descorados e ainda, a excessiva desidratação pode levar à ocorrência de sulcos na superfície das peças, desqualificando-o. Portanto, nos próximos testes deverá ser utilizada uma umidade relativa mais elevada.

No funcionamento elétrico observou-se a necessidade de alguns ajustes, devido ao pouco volume de produto a umidade demora muito tempo para saturar, ou seja, a câmara fica um espaço de tempo longo parada até que se atinja o máximo de umidade.

Com o presente trabalho foi possível concluir que a transformação do refrigerador comercial em uma Câmara de maturação de salame foi satisfatório obtendo os níveis desejados para o controle das variáveis do processo da cura do produto.

7 REFERÊNCIAS

Disponível em: <alfaserviceclimatizacao.com.br/.../compressor>. Acesso em: 20/06/2014.

AUTOMACÃOINDUSTRIAL. **Instrumentação industrial prática**. Encontrado Disponível em:<<http://www.automacaoindustrial.com/instrumentacao/temperatura/introducao.php>>. Acesso em: 22/06/2014.

CHEFTEL, J.; CHEFTEL, H. *Introducion a La bioquimica y tecnologia de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, v.1, 220p., 1983.

ETEC. **Umidade Relativa – Brasil**. Encontrado na página. Disponível em: <<http://www.etec.com.br/>>. Acesso em: 20/06/2014.

HEATCRAFT.**Treinamento técnico avançado**.Catálogo do Fabricante,2006.

HUGAS, M.; MONFORT, J. M. Culturas iniciadoras de bactérias para a fermentação de carne. *Química Alimentar*, v. 59, n. 4, p. 547-554, 1997.

MARTINS, R. **Dossiê técnico: Produção de embutidos Crus - Curados (Salame)** Redetec: p.11,julho, 2006.

SCHEIDT, G. N. et al. 1 Introdução.. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, Vol.11 nº 1, Jan/Jun2009.

PARDI, M. C. *Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne*. Editora UFG, 1ª edição. Goiânia/GO, 1996.