

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PATO BRANCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
CURSO DE TECNOLOGIA EM
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

**MARCEL CASTRO GARCIA
MARCELO ANTONIO CLUZENI**

**PROPOSIÇÃO DE PROCESSO DE MATURAÇÃO DE ALIMENTOS
EMBUTIDOS COM A UTILIZAÇÃO DE CÂMARA CLIMÁTICA COM
CONTROLE DE TEMPERATURA E UMIDADE**

**PATO BRANCO
2011**

**MARCEL CASTRO GARCIA
MARCELO ANTONIO CLUZENI**

**PROPOSIÇÃO DE PROCESSO DE MATURAÇÃO DE ALIMENTOS
EMBUTIDOS COM A UTILIZAÇÃO DE CÂMARA CLIMÁTICA COM
CONTROLE DE TEMPERATURA E UMIDADE**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Manutenção Industrial, do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.
Orientador: Prof. M.Sc. Adelino Carlos Maccarini

**PATO BRANCO
2011**

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCEL CASTRO GARCIA
MARCELO ANTONIO CLUZENI

PROPOSIÇÃO DE PROCESSO DE MATURAÇÃO DE ALIMENTOS EMBUTIDOS COM A UTILIZAÇÃO DE CÂMARA CLIMÁTICA COM CONTROLE DE TEMPERATURA E UMIDADE

Trabalho de Diplomação, aprovado como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Manutenção Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. M.Sc. Adelino Carlos Maccarini
Orientador

Prof. Heloísa de Oliveira Tolomeotti
Primeiro Membro

Prof. Marlus Dec
Segundo Membro

**A Ata da Defesa
está disponível
na Coordenação
do Curso**

Pato Branco, 22 de junho de 2011.

Dedicamos este trabalho de conclusão de curso primeiramente a Deus, aos nossos pais, bem como aos professores que nos auxiliaram em nossa jornada estudantil, em especial o Prof. M.Sc. Adelino Maccarini nosso Orientador.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos este trabalho de conclusão de curso a todos aqueles que percorreram conosco os anos da faculdade e nos ajudaram nessa tão importante etapa da vida. Não podemos deixar de mencionar nossos colegas, professores e familiares, bem como a empresa Refrigeração Marluci, que nos concedeu o espaço físico e equipamentos auxiliares para a realização do protótipo. Todos juntos contribuíram para o nosso crescimento pessoal e profissional. O nosso muito obrigado!

“As pequenas oportunidades são, frequentemente, o início de grandes empreendimentos.”
Demóstenes

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	ix
RESUMO.....	x
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICATIVA	1
1.3 OBJETIVOS	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
3.1 DETALHAMENTO DO PROJETO.....	5
3.2 CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO	7
3.2.1 Compressor.....	8
3.2.2 Trocadores de calor	9
3.2.3 Válvulas Solenóides	10
3.3 FUNCIONAMENTO DOS ATUADORES.....	11
3.4 QUADRO DE COMANDO	14
4 RESULTADOS	16
5 CONCLUSÃO.....	19
REFERÊNCIAS.....	20
ANEXO 1: TABELA DE CUSTOS	21
ANEXO 2: PROGRAMAÇÃO DO CLP	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Diferença de temperatura segundo HEATCRAFT (2006).....	7
--	---

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Adaptação de câmara climática com umidade e temperatura controláveis.	5
Figura 2: Circuito de refrigeração	8
Figura 3: Compressor frigorífico	9
Figura 4: Trocadores de calor internos.....	10
Figura 5: Umidificador elétrico	12
Figura 6: Quadro de comando.....	14
Figura 7: Esquema elétrico do comando.....	15
Figura 8: Gráfico da parametrização em 20°C e 90% de UR.....	16
Figura 9: Gráfico da parametrização em 2°C e 70% de UR.....	17
Figura 10: Gráfico da parametrização em 0°C e 90% de UR.....	18

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A: Ampére

c : Calor específico

Cc/rev: Volume em centímetros cúbicos por revolução

CLP: Controlador Lógico Programável

DIN: Instituto Alemão de Normatização

Dt: Diferencial de temperatura

g: grama

HP: Cavalos de força

kcal: quilocalorias

kg: quilogramas

m : Massa

m/s: metros por segundo.

m³: metros cúbicos

mm: milímetros

°C: grau Celsius

pH: é o símbolo para a grandeza físico-química potencial hidrogeniônico

Qa: Carga térmica do produto

t1: Temperatura inicial

t2: Temperatura final

UR: Umidade relativa

V: Volt

Vca: Volt em corrente alternada

Vcc: Volt em corrente contínua

W: Watt

RESUMO

Uma das maiores dificuldades encontradas no processamento de alimentos fermentados como queijos e salames está no controle da temperatura, da 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 seja produzido de forma condizente com as normas legais. Dessa forma, é imprescindível que seja produzido sob condições propícias para a sua maturação.

Com o intuito de disponibilizar uma tecnologia apropriada, foram estudados, propostos e desenvolvidos equipamentos com controle automatizado para climatização de salame em pequena escala e assim, controlar parâmetros que são fundamentais para a qualidade final do produto.

Palavras-chave: temperatura, umidade, circulação do ar, maturação, salame.

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMA

Devido à necessidade de um controle mais elaborado das variáveis, temperatura, umidade e circulação de ar, existe certa dificuldade para processar alimentos fermentados e embutidos. Com o intuito de disponibilizar uma tecnologia alternativa, foi desenvolvido um equipamento com controle automatizado para climatização de salame em pequena escala.

1.2 JUSTIFICATIVA

Salame é um embutido classificado como produto fermentado cru, seco ou semi-seco e não emulsionado (GALLI, 1993). É preparado com a mistura de carnes moídas, com variações quanto à composição e adição de condimentos e aditivos responsáveis pelas variações de salames produzidos no país. Diferencia-se dos demais embutidos pelo baixo teor de umidade e pela presença de ácido láctico, que confere sabor característico (SCHEID, G. A. et al., 2003). Nesse contexto está inserido mais particularmente o salame colonial tipo Italiano. Segundo Terra (1998), o Salame Tipo Italiano fabricado no Brasil é predominantemente obtido a partir de carne suína (mínimo 60%), a maturação é de aproximadamente trinta dias, seu aroma e sabor são suaves e valores de pH estão em torno de 5,4.

1.3 OBJETIVOS

- a) Transformar um refrigerador comercial, cuja utilização inicial seria a conservação de carnes, em um equipamento capaz de controlar a umidade, temperatura e a circulação do ar para que seja possível a maturação ideal dos alimentos, em especial o salame colonial;
- b) Possibilitar a parametrização das variáveis e o controle de temperatura, umidade e circulação do ar, de forma a potencializar a maturação ideal dos alimentos, cujas tarefas a serem realizadas através de dispositivos de controle precisos e de custo acessível.

2 REVISÃO DE LITERATURA

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 e 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 0,1 ou 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 à 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, p.11)

Na etapa de maturação ocorre uma desidratação em decorrência da fermentação, tendo duração de três semanas (TERRA, 2006).

De acordo com GALLI (1993), além da secagem ocorrem processos de proteólise e lipólise, que permitem o desenvolvimento do aroma típico e a estabilização da cor.

Nesse contexto, o equipamento de refrigeração tem como principais variáveis o controle de temperatura, umidade e circulação do ar, cuja abordagem será feita de forma mais detalhada a seguir:

i) 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. Assim, 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 alguma 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 AUTOMACAOINDUSTRIAL (2011) 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 ou físicos produzidos sobre uma substância, cujas características são conhecidas, e podem ser divididos em dois grandes grupos:

- 1º grupo (contato direto):
 - Termômetro à dilatação de líquidos ou a dilatação de sólidos;
 - Termômetro à pressão de líquidos, à pressão de gás ou a pressão de vapor;
 - Termômetro a par termoelétrico;
 - Termômetro à resistência elétrica;
- 2º grupo (contato indireto)
 - Pirômetro óptico;
 - Pirômetro fotoelétrico;
 - Pirômetro de radiação;

O primeiro grupo abrange os medidores, nos quais o elemento sensível está em contato direto com o material cuja temperatura se deseja medir. Já no segundo grupo, estão os medidores nos quais o elemento sensível não está em contato direto com o material cuja temperatura se deseja medir.

ii) Umidade

Segundo ETEC (2011), 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.

Pode-se definir o grau de umidade a partir de três grandezas diferentes:

- Umidade de saturação - é a maior quantidade de vapor d'água que pode conter no ar, num dado momento e numa dada temperatura e sob determinadas condições de pressão.
- Umidade absoluta é a quantidade em gramas de vapor d'água que contém no ar atmosférico (m^3), num dado instante.

- Umidade relativa é a quantidade percentual de vapor d'água contido no ar naquele momento, em relação ao ponto de saturação, e pode ser determinada a partir da razão de mistura real (w) e a razão do ponto de saturação (w_s):

$$UR = \frac{w}{w_s} \times 100\%$$

O equipamento utilizado para executar a medição da umidade relativa chama-se higrômetro. Algumas substâncias com capacidade de absorver a umidade atmosférica servem como elemento básico para a construção de higrômetros.

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 et. al, (2009) explica que:

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).

iii) Circulação do ar

A circulação de ar se dá principalmente de duas formas: por convecção e ventilação de ar.

Convecção é o tipo de transmissão de energia térmica em que essa energia é transmitida por massas fluidas que se deslocam de uma região para outra em virtude da diferença de densidade dos fluidos existentes nessas regiões.

A ventilação constitui o processo de trocar ou substituir o ar em qualquer espaço, com os objetivos de controlar a temperatura, de renovar o oxigênio e de remover umidade, odores, fumos, calor, poeiras, bactérias do ar e dióxido de carbono. A ventilação inclui tanto a troca de ar com o exterior como a circulação de ar no interior do ambiente. É um fator importante para manter a qualidade do ar interior.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DETALHAMENTO DO PROJETO

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 quilogramas e dimensões externas de 1300mmx800mmx1800mm, em uma câmara climática com umidade e temperatura controláveis conforme a Figura 1. Para tanto, necessitou-se acrescentar ao seu funcionamento vários dispositivos capazes de atuar e controlar as variáveis, como por exemplo controladores digitais, CLP, dentre outros.



Figura 1: Adaptação de câmara climática com umidade e temperatura controláveis.

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 270 gramas, totalizando no processo uma massa de 48,6 quilogramas.

No cálculo da carga térmica, utilizou-se o calor específico da linguiça defumada devido às suas propriedades semelhantes ao salame italiano.

Segundo consta o fabricante HEATCRAFT (2006), o calor específico da linguiça defumada é de 0,68 kcal/kg°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 48,6 quilogramas 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 $Q_a = 48,6 \times 0,68 \times (27-12)$, $Q_a = 495\text{kcal}$.

Pela necessidade de umidificação para o êxito no processo fermentativo, construiu-se uma pequena caldeira para geração de vapor de água (vaporizador), que é direcionado para o interior da câmara através de uma canalização e posteriormente distribuída em todo o recipiente pela ventilação forçada.

Na etapa de maturação/secagem onde a temperatura controlada foi em torno de 12° C, foi necessário o controle de umidade e para que ocorresse a correta secagem do produto, que deve se manter em torno de 70%.

Segundo STOECKER (2002), na seleção de serpentinas, algumas regras para satisfazer determinadas exigências de umidade no ambiente refrigerado devem ser geralmente obedecidas. Assim, para manter umidades elevadas, as serpentinas devem apresentar elevada área de troca de calor e diferença entre o ar e o refrigerante suficientemente reduzida. Ao mesmo tempo, a vazão de ar deve ser mantida elevada a fim de satisfazer as exigências da carga às custas de uma pequena variação de temperatura do ar.

Por outro lado, em ambientes de baixa umidade, as serpentinas devem caracterizar-se por possuírem reduzida área de troca de calor e elevada diferença de temperatura entre ar e o fluido refrigerante.

Para o ajuste da umidade relativa do ar é necessário que a temperatura do ar que entra no evaporador possua uma determinada diferença com a temperatura do fluido refrigerante que circula entre os tubos. Quanto maior esta diferença, menor será a umidade relativa, conforme é possível verificar na Tabela abaixo:

Tabela 01: Diferença de temperatura segundo HEATCRAFT (2006).

Dt °C (Diferencial de temperatura)	Umidade relativa. aprox. %	Classes dos produtos
4 a 5	90	Vegetais, flores, gelo.
6 a 7	80 – 85	Alimentos e vegetais embalados.
7 a 9	65 – 80	Frutas de casca dura, vinho, cerveja.
9 a 12	50 – 65	Salas de preparo, doces, filmes.

De acordo com a Tabela acima, definiu-se o diferencial de temperatura de projeto, que foi de 8°C. A partir deste dado, foi possível definir o tamanho do evaporador utilizado, de acordo com o catálogo do fabricante.

3.2 CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO

Para adequação dos níveis de umidade e temperatura foi projetado um circuito frigorífico, conforme a Figura 2 a seguir, que trabalha em conjunto com um umidificador. O circuito de refrigeração é responsável pela desumidificação, pois a umidade é condensada nas paredes do evaporador. Por outro lado, instalou-se duas válvulas solenóides que conduzem o gás superaquecido para o interior do gabinete quando se pretende desumidificar sem refrigerar ou para o exterior quando se deseja desumidificar e refrigerar.

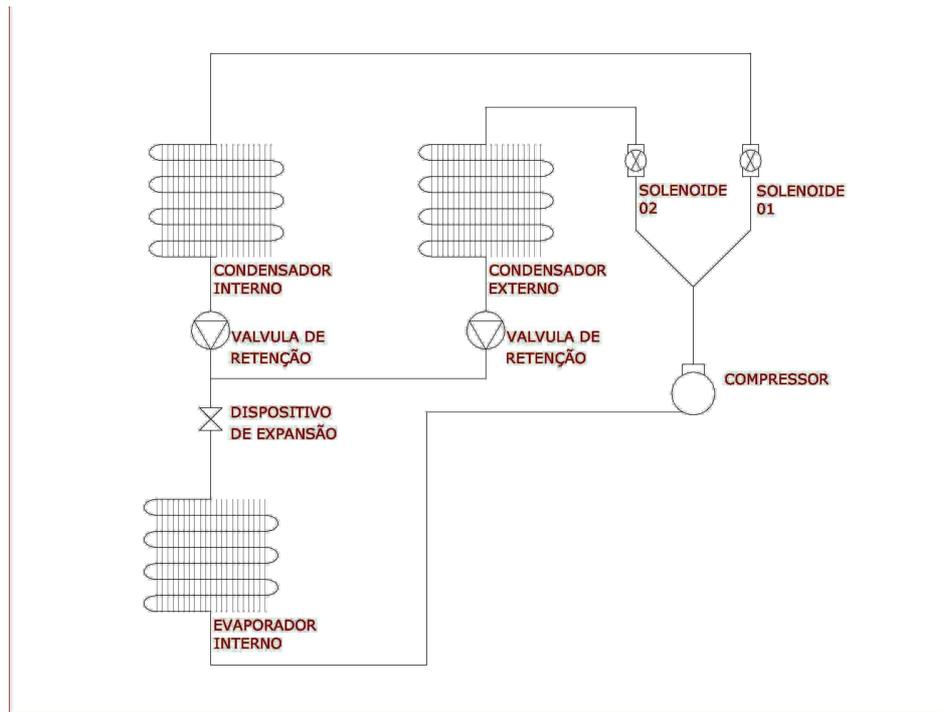


Figura 2: Circuito de refrigeração

3.2.1 Compressor

Utilizou-se um compressor da marca ELGIN, modelo TCA 1042 de 1/2 HP, com um deslocamento de 11,26 (cc/rev) e com a relação de Capacidade Frigorífica/Temperatura de Evaporação igual a 863 (kcal/h/°C), como pode ser visto na Figura 3. Essa unidade proporciona um consumo de 670 (W) a uma corrente de 7,9 A.



Figura 3: Compressor frigorífico

3.2.2 Trocadores de calor

Utilizaram-se três trocadores de calor aletados, tendo dois deles a função de condensador e outro a função de evaporador conforme a Figura 4. O condensador recebe o gás superaquecido e o condensa, retirando o calor do fluido e liberando-o para o ambiente. Já o evaporador faz o inverso. Ele evapora o fluido que está em seu interior e este processo absorve o calor do ambiente para o fluido.



Figura 4: Trocadores de calor internos

3.2.3 Válvulas Solenóides

Válvulas solenóides são atuadores eletromagnéticos que possuem dispositivos que permitem ou não a passagem do fluido. No projeto da câmara utilizaram-se válvulas para direcionar o sentido do gás refrigerante superaquecido que o compressor insufla.

3.3 FUNCIONAMENTO DOS ATUADORES

O acionamento das saídas é responsável pela manutenção das variáveis refrigeração, aquecimento, desumidificação e umidificação, sendo seu detalhamento descrito a seguir:

i) Refrigeração e desumidificação

No processo de refrigeração e desumidificação, o compressor é acionado juntamente com a solenóide 1. 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 aletado (evaporador interno) ocorre a condensação da umidade presente no interior da câmara nas paredes do evaporador, extraindo, dessa forma, a umidade do meio.

ii) Refrigeração e Umidificação

Como a desumidificação é uma consequência da refrigeração, foi utilizado o circuito da Figura 4 aliado a um vaporizador.

O vaporizador foi desenvolvido com o objetivo de elevar os níveis de umidade no interior da câmara.

Para a sua fabricação, foram necessários os seguintes equipamentos: uma bóia de caixa de descarga, um recipiente retangular de inox de 200mmx300mm, um tubo feito a partir de uma chapa de inox e com diâmetro de 100mm e altura de 200mm, uma resistência de 750 W e um tubo de inox de 25mm de diâmetro conforme Figura 5.



Figura 5: Umidificador elétrico

A bóia tem por finalidade controlar a entrada e o nível de água no interior do recipiente maior, o qual está interligado com o tubo de aquecimento que leva no seu interior a resistência de 750 W. Com o aquecimento da água a uma temperatura de 100°C a mesma entra em ebulição gerando assim vapor na sua parte superior que é conduzido ao interior da câmara através de um cano de cobre de 10mm e distribuído uniformemente pelo sistema de ventilação.

iii) Aquecimento e umidificação

O processo de umidificação é obtido através do acionamento do vaporizador que produz vapor super-aquecido. Com isso, aproveita-se esse calor do vapor para o aquecimento e umidificação.

iv) Aquecimento e desumidificação

No processo de aquecimento e desumidificação, o compressor é acionado juntamente com o solenóide 2. Nesta configuração, o fluido super-aquecido é descarregado ao condensador localizado no interior do gabinete, onde é resfriado a partir da troca de calor com o ambiente, tornando-o líquido, que através da

passagem pelo dispositivo de expansão (tubo capilar) é enviado ao evaporador, e assim retorna ao compressor. Portanto, neste processo é realizado o aquecimento do trocador superior e resfriado o evaporador para a condensação da umidade, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

3.4 QUADRO DE COMANDO

Foi desenvolvido um quadro de comando com a versatilidade necessária para o controle requerido. Para tanto, utilizou-se um controlador de temperatura e umidade programável marca Full Gauge modelo Mt-530. Tal dispositivo é destinado para a parametrização e monitoramento do ponto de temperatura e umidade desejado. A partir da comunicação do controlador com um programa supervisor instalado em um computador gerou-se um gráfico de análise do comportamento das variáveis. Como a necessidade do projeto implica no controle automatizado de quatro variáveis (refrigeração, aquecimento, desumidificação e umidificação), instalou-se um controlador lógico programável (CLP) modelo PIC-40 marca ECOWATER, conforme Figura 6, que possibilitou grande variabilidade ao projeto, pois através de uma programação eficiente foi possível adaptar o sinal recebido pelo controlador de temperatura e umidade, trabalhar este sinal e, assim, acionar os atuadores necessários para cada situação.



Figura 6: Quadro de comando

Para tal acoplamento, como as saídas do controlador MT-530 são em tensão 220 Vca e as entradas do CLP são em 5 Vcc, foi necessária a utilização de contactores para acoplamento, nos quais as saídas do controlador MT-530

acionaram o acoplamento dos contactores fechando o circuito para alimentação do CLP.

Na construção do painel, utilizaram-se juntamente aos itens citados anteriormente, trilhos de acoplamento conforme a norma DIN, canaletas, fios, contactores de acionamento do compressor, contactores de acionamento do vaporizador, disjuntores de força e de comando, *dimmer* para controle do ventilador interno, chave liga e desliga, ligados conforme esquema a seguir:

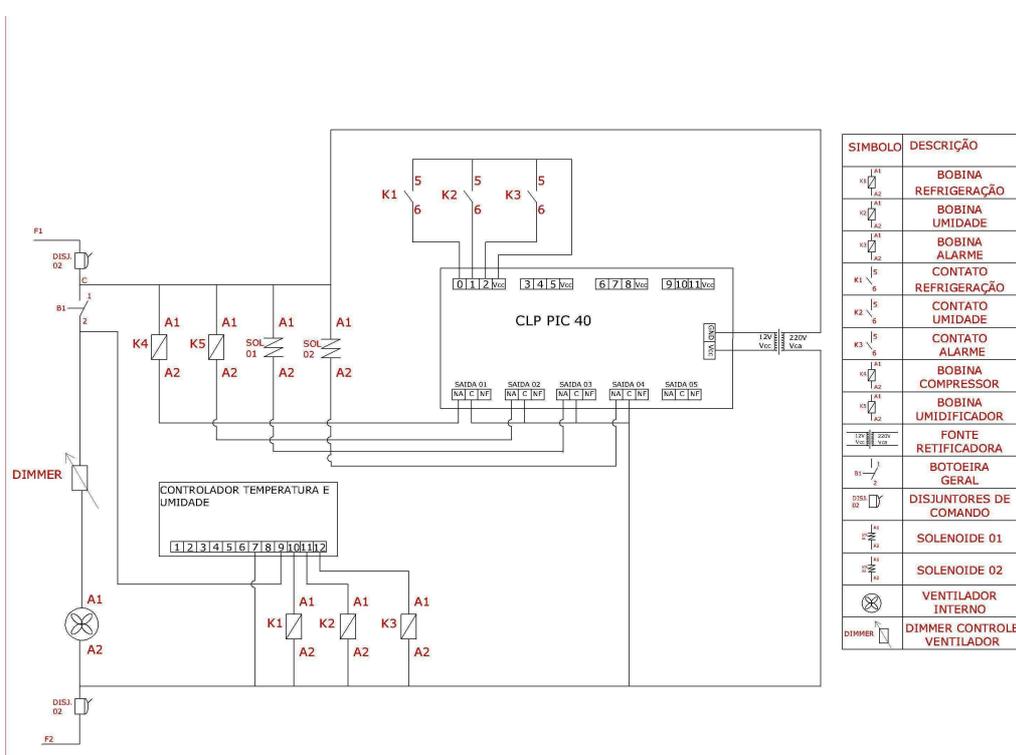


Figura 7: Esquema elétrico do comando

Conforme se observa no esquema elétrico na Figura 7, os contactores K1, K2 e K3, que são acionados pelo Controlador Mt-530, são destinados ao selo dos sinais de temperatura, umidade e alarme respectivamente. Após o processamento do CLP, são acionadas as saídas 1, 2, 3 e 4, que por sua vez, acionam o compressor através do contactor k5, umidificador através do contactor k4, solenóide 1 de acionamento do condensador externo e solenóide 2 de acionamento do condensador interno respectivamente.

4 RESULTADOS

Para a obtenção e análise dos resultados utilizou-se um programa de *software* supervisão instalado em um computador, desenvolvido pela empresa Full Gauge, a qual é responsável pela fabricação do controlador de temperatura e umidade e interligado através de um conversor RSB-482 para USB.

Através desse programa, gerou-se um gráfico das variações de temperatura e umidade em um regime de funcionamento de cinco horas, como pode ser observado na Figura 8.

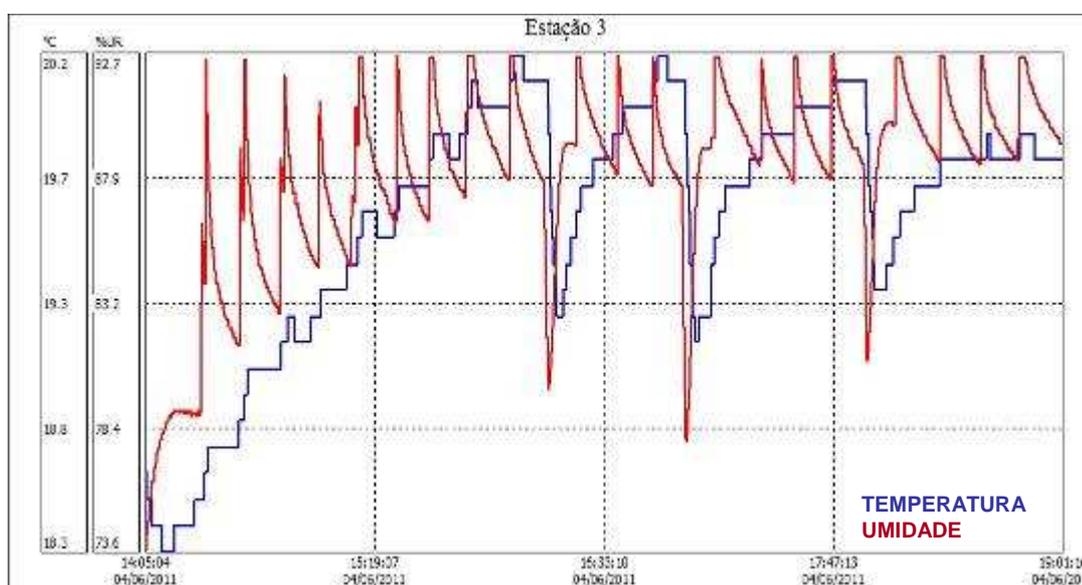


Figura 8: Gráfico da parametrização em 20°C e 90% de UR

Na Figura anterior, visualizou-se o resultado do funcionamento dos atuadores com o controlador parametrizado, de acordo com os padrões estabelecidos para a fermentação ideal do salame, para uma temperatura de 20°C e uma UR de 90%. No início da operação, a temperatura encontrava-se a 18,6°C e a UR à 73,6%, após um curto retardo de tempo o vaporizador foi acionado, elevando a umidade e a temperatura.

Devido a parametrização de temperatura estar em 20°C, no momento em que a mesma ultrapassou a referência, o sistema de refrigeração foi acionado, mantendo assim a temperatura e umidade em valores próximos aos níveis desejados.

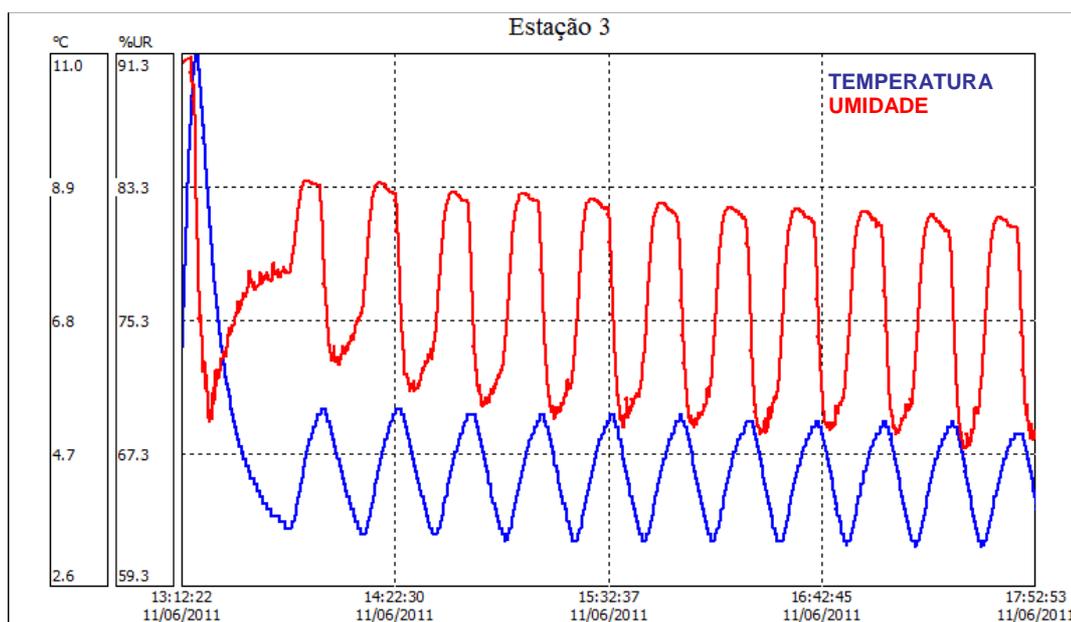


Figura 9: Gráfico da parametrização em 2°C e 70% de UR

Na sequência, parametrizou-se o controlador em 2°C e 70% de UR, conforme observa-se na Figura 9. Nele é possível identificar o início em que a temperatura interna da câmara era de 11°C e a umidade era de 91,3%. Com o acionamento do sistema de refrigeração, a umidade e a temperatura dirigiram-se aos parâmetros estabelecidos pelo controlador. Quando o limite inferior de uma delas é atingido, o controlador é desligado automaticamente e a CLP temporiza em sete minutos a nova ação a ser tomada.

Por meio dos procedimentos descritos, constatou-se que os ciclos das variáveis ficaram cada vez mais próximos dos valores de referência, comprovando, assim, a eficiência necessária para a utilização do equipamento conforme essa parametrização do CLP.

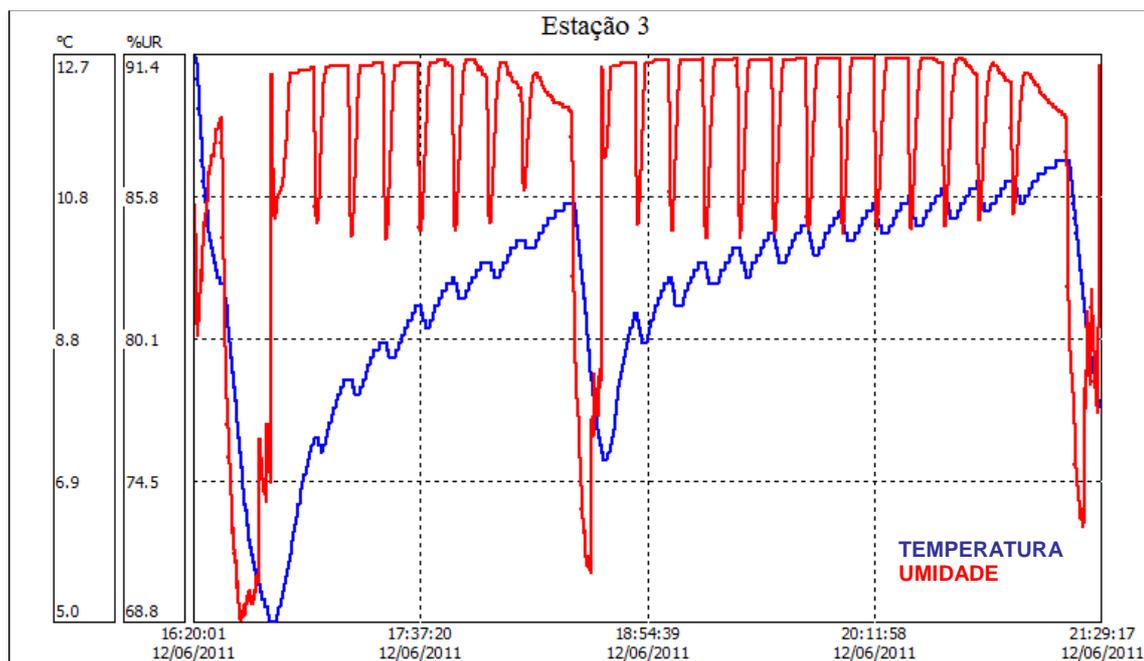


Figura 10: Gráfico da parametrização em 0°C e 90% de UR

No gráfico da Figura 10, estabeleceu-se parâmetros que, diferentes dos anteriores, são de 0°C e 90% de UR. É importante salientar que tais parâmetros não são utilizados para a maturação ou cura do salame, mas são muito utilizados para o armazenamento e conservação de frutas e verduras. Nesse intuito, a temperatura teve início em 12,7°C e a UR em 80,1%. Observou-se que o sistema de refrigeração teve a eficiência comprometida, devido ao sistema estar com o tempo de funcionamento interligado ao tempo do vaporizador e o ciclo deste ser muito rápido.

Os ciclos de funcionamento tornaram-se muito pequenos, em decorrência do alcance rápido do parâmetro da umidade, ocasionando o desligamento do equipamento sem a obtenção do resfriamento necessário.

Logo, para o funcionamento eficaz, seria necessária nova programação da CLP, individualizando os atuadores de temperatura e de umidade.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou como proposta um refrigerador comercial adaptado para conservação e/ou maturação de alimentos condimentados, como exemplo o salame. Como esse produto é fabricado, muitas vezes, artesanalmente, deixa-se de seguir alguns padrões de qualidade, tais como a correta maturação e secagem com níveis de temperatura e umidade relativa diferentes do desejado.

Dessa forma, objetivou-se apresentar um protótipo de câmara de maturação com controle das variáveis acima citadas, através do CLP, proporcionando um padrão do produto a ser fabricado, bem como sua qualidade no que diz respeito à maturação.

Para tanto, a temperatura foi parametrizada em 20°C e a umidade em 90%, sendo que a câmara permaneceu com esses padrões por cinco horas. Nesse contexto, observou-se que as variáveis levaram cerca de uma hora e trinta minutos para alcançar certa estabilidade, de acordo com os níveis desejados. Após o alcance desses níveis, os valores se mantiveram, sofrendo alteração somente nos intervalos de sete minutos, decorrentes da parametrização do CLP.

Logo, conclui-se que, a partir da transformação do refrigerador comercial em uma câmara climática com o auxílio dos controladores e atuadores, foi possível a obtenção dos níveis desejados para o controle das variáveis do processo de cura e fermentação de produtos.

Constatou-se também que, com algumas modificações na programação do CLP e no modo de umidificação da câmara, é possível a utilização para outras finalidades, assim como o armazenamento e acondicionamento de frutas e verduras.

REFERÊNCIAS

AUTOMACAOINDUSTRIAL. **Instrumentação industrial prática**. Encontrado na página. <http://www.automacaoindustrial.com/instrumentacao/temperatura/introducao.php> . Acessado dia 25 de abril 2011.

ELGIN. **Catálogo de produtos de refrigeração**. Encontrado na página. [http://www.elgin.com.br/PortalElginAdm/Upload/DownloadPublico/Refrigeracao/QuickCatlogo\(1\).pdf](http://www.elgin.com.br/PortalElginAdm/Upload/DownloadPublico/Refrigeracao/QuickCatlogo(1).pdf) . Acessado dia 19 de abril 2011.

ETEC. **Umidade Relativa – Brasil**. Encontrado na página <http://www.etec.com.br/>. Acessado dia 25 de abril 2011.

GALLI, F. **Os embutidos: como fabricá-los**. Revista Nacional da Carne, 17(194):14-27,1993.

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

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

REIS, A. G. B.; SOARES, G. J. D. **Salame colonial processando com carne suína e ovina**. UFPEL/FAEM - Departamento de ciência e tecnologia agroindustrial, Campos Universitário, Pelotas, 1996

SCHEID, G. A. et al. **Avaliação físico-química e sensorial de Salame Tipo Italiano contendo diferentes concentrações de cravo-da-índia (Eugenia caryophyllus)**. Ciências Agrotécnicas, Lavras. Edição Especial, p.1576-1583, dez., 2003.

SILVA, J. C. S. & Castro, A. C. G. **Refrigeração e Climatização para Técnicos e Engenheiros**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.

SILVA, J. C. S. **Refrigeração Comercial Climatização**, Rio de Janeiro: Hemus, 2006.

STOECKER, W. F. **Refrigeração industrial**. W. F. Stoecker, J.M. Saiz Jabardo, 2ª edição. São Paulo: Blucher, 135p. 2002

TERRA, N. N. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. São Leopoldo. Editora Unisuinos, 216 p, 1998.

TERRA, N. N. **Fabricação de salames**. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N. N.; FRANCO, B. D. G. de. **Atualidades em ciência e tecnologia de carne**. São Paulo: Varela, 2006.

ANEXO 1: TABELA DE CUSTOS

DESCRIÇÃO DA PEÇA	UN	PREÇO UNITÁRIO R\$	PREÇO TOTAL R\$
Manifold 3/8	02	15,00	30,00
Válvula de Retenção	02	70,00	140,00
Válvula Solenoide	02	75,00	150,00
Evaporador 8 Curvas	02	145,00	290,00
Caixa de Montagem com flange 480X380X170MM	01	165,00	165,00
Controlador Full Gauge MT 530	01	350,00	350,00
Contactores 9 A	05	33,00	165,00
Chave Seletora XB 2	01	12,00	12,00
Disjuntor Bifásico 20 A	01	20,00	20,00
Disjuntor Monofásico 6 A	02	6,00	12,00
Capilar 0,42	01	6,00	6,00
Resistência Tubular de Imersão	01	60,00	60,00
Gás MP 39	01	46,00	46,00
Porca SAE 3/8	08	3,00	24,00
Filtro Secador PL	01	5,00	5,00

CLP	01	180,00	180,00
Fonte Retificadora 12V	01	18,00	18,00
Dimmer Potenciômetro	01	89,00	89,00
Geladeira Comercial em aço inox	01	4.200,00	4.200,00
TOTAL			5.962,00

ANEXO 2: PROGRAMAÇÃO DO CLP