

**INSTITUTO FEDERAL**  
**GOIANO**  
**Câmpus Rio Verde**

**CURSO DE BACHARELADO DE ENGENHARIA DE  
ALIMENTOS**

**AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE  
QUEIJOS EM ESCALA REDUZIDA**

**JÉSSICA SILVA MEDEIROS**

**Rio Verde, GO**

**2022**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
CURSO DE BACHARELADO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJOS EM  
ESCALA REDUZIDA**

**JÉSSICA SILVA MEDEIROS**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva

Rio Verde - GO  
Fevereiro, 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

Medeiros, Jéssica Silva  
M488a Automação do processo de fabricação de queijos em escala  
reduzida / Jéssica Silva Medeiros; orientador Marco  
Antônio Pereira da Silva. -- Rio Verde, 2022.  
29 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Engenharia de  
Alimentos) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio  
Verde, 2022.

1. Produção. 2. Queijo frescal. 3. Processamento.  
4. Automação industrial. 5. Programação. I. Silva,  
Marco Antônio Pereira da, orient. II. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Jéssica Silva Medeiros

Matrícula: 2016102200340145

Título do Trabalho: Automação do processo de fabricação de queijos em escala reduzida

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: O documento será utilizado como base para o depósito de registro de software, necessitando portanto de, confidencialidade dos dados.

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 14/02/2032

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

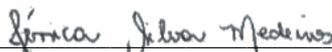
**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 14/02/2022.

Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do orientador



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 1/2022 - CCMEALI-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

### ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos nove dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e dois, às treze horas e trinta minutos reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Marco Antônio Pereira da Silva (Orientador) e Karen Martins Leão (membro interno) e a Mestre em Tecnologia de Alimentos Maria Siqueira de Lima para examinar o Trabalho de Curso intitulado “**AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJOS EM ESCALA REDUZIDA**” da estudante **JÉSSICA SILVA MEDEIROS**, Matrícula nº **2016102200340145** do Curso de Engenharia de Alimentos do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Marco Antônio Pereira da Silva)

Orientador

*(Assinado Eletronicamente)*

(Karen Martins Leão)

Membro Interno

*(Assinado Eletronicamente)*

(Maria Siqueira de Lima)

Membro Externo

*(Assinado Eletronicamente)*

**Observação:**

( ) A estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Maria Siqueira de Lima, 2021102320140272 - Discente**, em 09/02/2022 14:42:59.
- **Karen Martins Leao, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/02/2022 14:41:11.
- **Marco Antonio Pereira da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/02/2022 14:35:15.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/02/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 356652

Código de Autenticação: 49e2e365f7



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3620-5600

*“Ele dá poder ao cansado e enche de vigor aquele que está sem forças” - Isaías 40:29*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus, por todas as bênçãos alcançadas e toda a força que me foi dada nos momentos onde eu acreditava que era impossível prosseguir.

À minha querida Mãe que nunca mediu esforços para me oferecer tudo que estava ao seu alcance e até mesmo o que não estava, por me inspirar sempre a ser uma pessoa melhor com sua gentileza tanto com as pessoas quanto com os animais, te amo infinito!

Ao meu Pai e em conjunto toda a minha família, por todo o apoio que me foi dado durante a graduação e claro, ao longo da minha vida, amo vocês.

Agradeço a todos os colegas e amigos que a Engenharia de Alimentos me possibilitou conhecer, especialmente à Juliana Rodrigues e Marcus Azzi, vocês são os melhores amigos que alguém poderia ter. À Lorrane Soares por ser tão presente em minha vida, por ter sonhado tantos sonhos em conjunto comigo e me oferecido tanto amor, amizade e paciência ao longo da nossa caminhada. Ao Samuel Viana que além de amigo é uma inspiração de esforço e dedicação, à família, Deus e amigos, obrigada por tudo, você é demais.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marco Antônio, por todo o ensinamento, apoio e carinho oferecidos, você me inspira sempre, em conjunto à toda a equipe do LPOA por todas as manhãs mais alegres e toda a ajuda oferecida ao longo desse período.

Agradeço imensamente ao professor Givanildo Oliveira por todo o auxílio oferecido, por sempre estar à disposição e ser exemplo de indivíduo, que Deus te abençoe grandemente, você merece!

Em especial agradeço ao meu esposo, Jhonatas Moraes, por todo apoio oferecido, por ser meu suporte e companheiro de vida, por todo o amor, carinho e cumplicidade, obrigada por nós. Você foi essencial na elaboração desse trabalho. Eu amo você!

Agradeço ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde pelo suporte oferecido durante o desenvolvimento da pesquisa e ao Conselho Nacional de Pesquisa pelo financiamento disponibilizado.

Muito obrigada a todos que fizeram parte da minha caminhada, são muito importantes para mim.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Produtividade ao professor Dr. Marco Antônio Pereira da Silva, sob Processo n. 302114/2018-1 da Chamada CNPq n. 09/2018 de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, que se refere a este Trabalho de Conclusão de Curso.

## RESUMO

MEDEIROS, Jéssica Silva. **Automação do processo de fabricação de queijos em escala reduzida**. 2022. 29 p. Trabalho de Curso (Curso de Bacharelado de Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

O queijo faz parte do hábito alimentar populacional, com grande aceitação comercial, gerando lucros desde pequenos produtores até grandes indústrias. Nesse sentido, objetivou-se automatizar e controlar o processo de produção de queijos frescos através do desenvolvimento de um equipamento de bancada, capaz de otimizar o tempo de produção, por meio da utilização do controlador lógico Arduino Uno, realizando sua programação pela linguagem C, tendo como base para confecção Panela Elétrica de Pressão 4L PE-09 - Preto/Inox e hastes de inox para correta homogeneização do produto. Para melhor visualizar o circuito elétrico do equipamento elaborou-se o mesmo através da plataforma Fritzing, pois a mesma possibilita o desenvolvimento de diversos circuitos diferentes. Obteve-se resultados satisfatórios quanto ao processo de fabricação, sendo que o equipamento é capaz de realizar o processo de fabricação praticamente de forma autônoma, demonstrando o rendimento de 7,69 kg de leite por kg de queijo. O protótipo de produção de queijo de forma automatizada e em menor escala demonstrou-se eficiente após a realização de todo o trabalho, atuando conforme o esperado. O equipamento elaborado é de suma importância para a aplicação laboratorial de pequenas escalas e realização de pesquisas científicas, dessa forma, será possível obter resultados semelhantes aos processos de automação industrial, utilizados em indústrias com maior escala de produção, levando-se em consideração a qualidade e resultado final do produto.

**Palavras-Chave:** Produção, Queijo fresco, Processamento, Automação industrial, Programação.

## **LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS**

|      |  |
|------|--|
| IDE  | Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) |
| DSL  | Domain Specific Language (Linguagem de Domínio Específico)                 |
| LCD  | Liquid Crystal Display (Display de Cristal Líquido)                        |
| a.C. | Antes de Cristo  |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| %                   | Porcentagem      |
| kg*kg <sup>-1</sup> | Rendimento bruto |
| °C                  | Graus Celsius    |
| ®                   | Marca registrada |
| g                   | Gramas           |
| cm                  | Centímetro       |
| mL                  | Mililitro        |
| Kg                  | Quilograma       |
| L                   | Litro            |

## **LISTA DE EQUAÇÕES**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>EQUAÇÃO 1 - Rendimento bruto. ....</b> | <b>21</b> |
|---|-----------|

## **LISTA DE FIGURAS**

|  |    |
|--|----|
| <b>FIGURA 1</b> - Plataforma de desenvolvimento Arduino Uno. ....                | 16 |
| <b>FIGURA 2</b> - Pá responsável pela homogeneização do leite. ....              | 17 |
| <b>FIGURA 3</b> - Código confeccionado para automação do equipamento. ....       | 19 |
| <b>FIGURA 4</b> - Diagrama elétrico do equipamento. ....                         | 21 |
| <b>FIGURA 5</b> - Equipamento para produção de queijos em escala reduzida. ....  | 23 |
| <b>FIGURA 6</b> - Queijos produzidos através do sistema de escala reduzida. .... | 23 |

# SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                  | <b>10</b> |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>        | <b>12</b> |
| 2.1 Leite .....                            | 12        |
| 2.2 Histórico do Queijo e Surgimento ..... | 12        |
| 2.3 Produção Artesanal de Queijos.....     | 13        |
| 2.4 Produção Industrial de Queijos.....    | 13        |
| 2.5 Inovação em Processo.....              | 14        |
| 2.6 Linguagem de Programação .....         | 14        |
| 2.7 Automação .....                        | 15        |
| 2.8 Arduino .....                          | 15        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>          | <b>17</b> |
| 3.1 Material.....                          | 17        |
| 3.2 Funcionamento do Equipamento .....     | 18        |
| 3.3 Processamento dos Queijos .....        | 20        |
| 3.3 Rendimento.....                        | 20        |
| 3.4 Diagrama Elétrico .....                | 21        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>      | <b>23</b> |
| <b>5 CONCLUSÕES.....</b>                   | <b>25</b> |
| <b>6 REFERÊNCIAS .....</b>                 | <b>26</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A qualidade do leite é caracterizada e influenciada por fatores como o estresse dos animais, estágio da lactação, estação do ano e condições higiênico sanitárias, a qualidade é analisada pela indústria e órgãos governamentais por meio dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos (JAMAS, 2018).

O leite e derivados representam a maior parcela proteica de origem animal ingerida pelo homem, dentre diversos produtos, tais como bebida láctea, sorvetes e manteiga, o queijo possui grande destaque por ser um dos mais consumidos, isto se deve as características de sabor, conveniência, facilidade de consumo e diferentes tipos (VISOTTO, 2011).

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Produtos Lácteos (BRASIL, 1997), queijo é o produto fresco ou maturado obtido à partir da separação parcial do soro de leite ou leite reconstituído, ou de soros lácteos, coagulados pela ação física do coalho, enzimas e bactérias específicas, ácido orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes.

O queijo frescal possui ampla aceitação comercial, por fazer parte do hábito alimentar populacional, na maioria das regiões do Brasil. Quando é fabricado de forma artesanal, por pessoas que não possuem embasamento técnico, o risco de contaminação por diversos organismos é alto, comprometendo tanto a qualidade do queijo, quanto a saúde do consumidor (LOGUERCIO & ALEIXO, 2001).

Os derivados lácteos são passíveis de contaminação durante todas as etapas de produção como os processos de manipulação, transporte, distribuição e armazenagem, através de bactérias, vírus ou substâncias tóxicas, isso se deve à grande quantidade de nutrientes presentes no leite, propiciando o desenvolvimento de microrganismos (FREITAS, 2016).

O processo de industrialização de produtos de origem láctea surgiu em meados de 1980, garantindo maior segurança na produção, além da grande geração de empregos, as técnicas industriais são utilizadas para prevenir e retardar a deterioração do leite e derivados, a fim de destruir totalmente as bactérias patogênicas e quase por completo a flora restante, realizando transformações simples na matéria-prima (SESI SENAI, 2018).

O processo de industrialização está relacionado com a automação, que está presente não somente nas indústrias, mas no controle dos semáforos de trânsito, smartphones, veículos, eletrodomésticos sendo a automação realizada através do processo de programação. A

programação é definida como o desenvolvimento do algoritmo em determinada linguagem de programação, possui relação com a lógica e algoritmos presentes no cotidiano, através da programação é possível o desenvolvimento de softwares, aplicativos e programas (SHITSUKA et al., 2019).

A partir disto, pleiteia-se otimizar o processo de fabricação de queijos frescos, através de utilização da automação tornando o processamento tecnológico, através de um equipamento de bancada, capaz de produzir massa de queijo em escala reduzida.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Leite**

Leite é o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas. O leite de outras espécies denomina-se de acordo com a espécie de procedência. Classifica-se o leite quanto ao teor de gordura em integral, semidesnatado e desnatado (BRASIL, 2018).

O leite é um alimento simples e completo, apresentando alta digestibilidade e valores biológicos elevados, contendo teores consideráveis de proteína e cálcio. Existe uma vasta gama de derivados lácteos, em alguns países suprem aproximadamente 25% de proteínas, 50% de cálcio, cobrindo cerca de 20% das necessidades energéticas (GONZÁLEZ & NORO, 2011).

A caracterização química do leite é de suma importância no processamento de derivados lácteos. O leite possui alto valor nutricional, é composto de água, na maior proporção, representando aproximadamente 87% do valor total, assim como é composto por elementos dissolvidos em água, como lipídios, carboidratos, proteínas, sais minerais e vitaminas, representando de 12% a 13% da composição (GROSSO & KATSUDA, 2016).

Utilizando o leite como matéria prima é possível produzir diferentes derivados lácteos, dentre estes, manteiga, iogurte e queijo, isto é possível devido a composição físico-química do mesmo, que simplifica vários processos químicos e biológicos para elaboração de novos produtos, também possui nutrientes de grande importância, o que torna a ingestão ainda mais essencial (NASCIMENTO, 2016).

### **2.2 Histórico do Queijo e Surgimento**

O surgimento do queijo está ligado com o início da domesticação dos animais e consequente aproveitamento de produtos, com a ordenha de cabras e ovelhas, este sofria coagulação natural, a partir disto elaborou-se o queijo, alimento que se encontra em grande parte dos documentos históricos produzidos pelas primeiras civilizações, adquirindo variedades tipológicas advindas de identidade regional e gosto alimentar (MENESES, 2007).

Posteriormente, observou-se que a coalhada gerada possuía estabilidade e durabilidade a tempos elevados de armazenamento e que quando desidratada e salgada, tal estabilidade aumentava consideravelmente (PAULA et al., 2009). Sendo que a estocagem era realizada em “bolsas” feitas a partir de estômagos ou peles de animais, com isso, o leite entraria em contato com as enzimas coagulantes presentes no tecido animal e se coagularia, realizando a liberação

do soro, posteriormente começou-se a armazenar o leite em cerâmicas, em cerca de 5000 a.C. (FOX et al., 2000).

O leite representa excelente fonte de nutrientes para as bactérias que o contaminam, sendo que grande parte destas utilizam o açúcar presente no leite como fonte de energia para produção de ácido láctico, essas bactérias tem a temperatura ambiente como ideal para crescimento, quando o ácido é produzido em grandes quantidades a caseína coagula no ponto isoelétrico, dando origem a um gel que prende a gordura em fase aquosa (CASSAROTI et al., 2009).

No Brasil, Minas Gerais destaca-se como um Estado laticinista, sendo que a produção de queijo é de extrema importância social, histórica e econômica. O queijo Minas tem origem da fabricação caseira, tratando-se de um dos queijos mais produzidos comercialmente (MACHADO et al., 2004).

### **2.3 Produção Artesanal de Queijos**

A produção do queijo participa do processo de abastecimento alimentar que convive em uma economia diversa, onde mineração, artesanato e agropecuária são fontes de riqueza interdependentes. O queijo trata-se de importante elemento da economia e cultura agropastoril, dos tempos coloniais aos atuais, assentado na tradição dos colonizadores (MENESES, 2007).

A produção artesanal indica a busca alternativa dos agricultores por renda, baseada na territorialidade e identidade, apropriada pelo trabalho. No entanto, as controvérsias que envolvem a produção de queijos artesanais estão intrinsecamente relacionadas à preservação do alimento, isto é, a problemática higiênico-sanitária no processo de produção e legalização (MENEZES, 2011).

### **2.4 Produção Industrial de Queijos**

A produção de queijo industrial no Brasil é representada em mais de 50% pelos parques industriais de laticínios presentes em Minas Gerais, sendo cerca de 500 laticínios, constituídos na maior parte de estabelecimentos de porte pequeno distribuídos em todo o Estado, esta produção industrial vem se diversificando, em termos de tipos de queijos (MENESES, 2007).

Os queijos são de forma geral produtos muito manipulados, sendo assim, passíveis de contaminação, principalmente de origem microbiológica, podendo ocasionar uma série de doenças, queijos produzidos a partir de leite cru ou de condições higiênicas insatisfatórias tornam-se impróprios para consumo (AMORIM, 2013).

Com objetivo de evitar contaminações de origem microbiológica, os queijos tipo Minas padrão são elaborados a partir de leite pasteurizado, em indústria laticinista, com serviço de inspeção, e devem atender aos requisitos de qualidade e identidade estabelecidos pela Portaria 146 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1996).

## **2.5 Inovação em Processo**

A inovação de um determinado processo diz respeito à implementação de técnicas ou metodologias de produção e/ou comercialização novas ou aperfeiçoadas, podendo englobar modificações nos equipamentos, recursos humanos, métodos de trabalho ou um *blend* dos mesmos (ARAÚJO, 2014).

Segundo Reis (2004) o conceito de inovação em processo engloba qualquer mudança tecnológica inserida em uma etapa de produção. Para Tigre (2006) existem diversas classificações para as inovações em processo, tais como tecnologias novas ou aprimoradas de formas de operação, manuseio e entrega do produto final.

De forma geral, as inovações de processo são uma subcategoria das mudanças tecnológicas, inclusive no mercado agroindustrial, como nos segmentos de processamento das cadeias produtivas de leite, carne e café. A aquisição de tecnologia (máquinas e equipamentos) realizada por empresas da agroindústria auxilia como exemplificação deste processo, sendo que parte considerável destes equipamentos são programados de forma que otimize o processo, por meio da utilização de micro controladores e linguagens de programação (SANTINI et al., 2006).

## **2.6 Linguagem de Programação**

O estudo da computação, especialmente da programação é essencial para o engenheiro, independente da área de atuação, pelo fato da programação relacionar-se com a lógica e algoritmos, isso possibilita o desenvolvimento de habilidades específicas ao indivíduo, além dos recursos computacionais realizarem a simplificação dos cálculos de engenharia (SHITSUKA, 2018).

A programação trata-se da escrita do algoritmo em determinada linguagem de programação, através do uso da programação é possível o desenvolvimento de softwares ou programas de computador (BOGHI et al., 2016).

Segundo Gotardo (2015) os algoritmos são sequências lógicas de etapas ao se realizar um trabalho ou tarefa, tratam-se de comandos onde seguidos em uma ordem específica resultam na mesma saída.

A programação está incluída no processo de automação, presente nos eletrodomésticos, semáforos de trânsito, cartões bancários, aplicativos e especialmente em equipamentos e máquinas industriais (JÚNIOR & DA ROCHA FIÚZA, 2019).

## 2.7 Automação

A automação pode ser resumida em tudo aquilo que uma máquina programada tem a capacidade de fazer repetidamente no lugar de trabalho mecânico humano, possui como objetivo o crescimento da produtividade e redução quanto aos custos da empresa (BOTKE, 2014).

Na década de 80 a automação surgiu de forma expressiva nas indústrias, consolidando-se e realizando diversas modificações nas características capitalistas, a partir deste momento foi possível automatizar atividades anteriormente realizadas por seres humanos, desde que as mesmas fossem processos repetitivos (SCHNITZ & CARVALHO, 1988).

A automatização das atividades é resultado da integração de três diferentes e básicas tecnologias: sensores, controladores e atuadores, na ausência de algum destes elementos o sistema torna-se incompleto e não é capaz de alcançar sua máxima capacidade (BOTKE, 2014).

## 2.8 Arduino

Os microcontroladores ou controles embutidos dizem respeito a computadores contidos em um chip, ou em *single-chip*, ou seja, são de tamanho muito pequeno (micro) e possuem a capacidade de controlar objetos, eventos ou processos, além de suportarem os circuitos que são construídos nos dispositivos controlados (FORESTI, 2013).

Uma das plataformas dos microcontroladores é o Arduino, que possui como grande diferencial a facilidade de uso e *layout* aberto, permitindo a conexão de circuitos eletrônicos aos seus terminais possibilitando controlar o dispositivo desejado (BOTKE, 2014).

Para ser capaz de realizar estas atividades, o Arduino apresenta como principal peça um microcontrolador de 28 pinos, o mesmo possui a memória com o objetivo de receber dados e a eletrônica necessária para os pinos de saída e entrada, existe uma grande variedade de microcontroladores, a partir disso o que diferencia o Arduino dos demais é a multi funcionalidade em um único microcontrolador padrão (MONK, 2013).

Outra vantagem disponibilizada pelo Arduino é a gama de extensões, chamadas de *Shields*, agregando funcionalidade para a placa, além das variedades de *Shields* existem diversas placas de Arduino, dentre estas as mais utilizadas são: Uno, Mega, Nano, Bluetooth e Lilypad

(ARDUINO, 2020).

O Arduino participa da conceituação de *hardware* e *software* livre, estando disponível para utilização e contribuição da sociedade. A Figura 1 apresenta um modelo de plataforma de desenvolvimento do Arduino, especificamente, o Arduino Uno.



**FIGURA 1** - Plataforma de desenvolvimento Arduino Uno.

A plataforma de desenvolvimento Arduino é representada como computação física, onde os sistemas digitais conectados aos atuadores e sensores possuem a capacidade de medir variáveis no meio físico, realização de cálculos e tomada de decisões lógicas dando origem a novas variáveis no ambiente físico (ARAÚJO et al., 2012).

Para a elaboração de um projeto na plataforma Arduino, é necessário realizar a comunicação entre o mesmo e o computador, isto é possível com a utilização de um *Integrated Development Environment* (IDE), o IDE utiliza uma DSL (*Domain Specific Language*) baseada nas linguagens C e C++ (FONSECA & VEGA, 2011).

Na plataforma encontra-se pinos de: entrada com conversores analógico-digital, portas digitais, saídas analógicas e comunicação serial (ARDUINO, 2020).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material

A metodologia utilizada baseia-se no princípio de funcionamento do equipamento Queijomatic<sup>®</sup>, como demonstrado por Fracasso & Pfüller (2014), adaptada, em escala reduzida e com matérias-primas de baixo custo.

A partir disto, iniciou-se o processo de aquisição dos materiais a serem utilizados, sendo estes, Panela Elétrica de Pressão Mondial Pratic Cook 4L PE-09 - Preto/Inox; Display LCD Shield com Teclado, este display conecta diretamente o LCD ao Arduino, não sendo necessário solda ou protoboard, a placa possui cinco divisores de tensão que são respectivos a cada tecla, sendo possível detectar o botão pela porta A/D devido sua voltagem específica; Placa Uno R3; Sensor de Temperatura DS18B20 a prova d'água, foi necessário que o sensor seja impermeável, pois isso permitiu realizar a medição no interior do equipamento; Motor de Passo Nema 17 17HS4401 com driver Easydriver A3967.

Para a confecção da pá (Figura 2) encarregada pela homogeneização do produto, utilizou-se ferro inox, nas dimensões de 12 x 8 cm, para que fosse possível realizar a homogeneização de forma perfeita e completa do leite, sem que o fundo e as laterais do equipamento fossem atingidos, considerando também o espaçamento apropriado para o termômetro responsável pela aferição da temperatura do líquido no interior do equipamento.



**FIGURA 2** - Pá responsável pela homogeneização do leite.

### **3.2 Funcionamento do Equipamento**

Para o equipamento ser capaz de realizar as funções necessárias para a produção de queijo realizou-se a programação dos acessórios, através da utilização da linguagem de programação C. Para a confecção do código utilizou-se a própria plataforma fornecida pelo Arduino (Arduino IDE), e está demonstrado abaixo.

```

case 1: {
    int x;
    int t = 0;
    /* 1 - Aquecimento = Motor Inicia, Aquecer até 72°C.
    2 - Após 72°C interrompe aquecimento e motor continua ligado até chegar a
42°C;
    3 - Após 2 etapa, motor é interrompido e é realizada a contagem de 30min.
    4 - Após 3 etapa, é realizada sinalização sonora e visual para corte manual
da massa e requisição para iniciar 5 etapa.
    5 - Após 4 etapa, motor é iniciado por 3 min e realizada sinalização sonora
e visual para conclusão do processo.
    */
    lcd.clear();
    float temperatura = get_Temperatura();
    digitalWrite(porta_rele1, HIGH); //Liga Resistencia

    // 1 etapa
    while (temperatura < 72) {
        temperatura = get_Temperatura();
        Serial.println(temperatura);
        d1.motorMoveTo(5, HIGH);
    }

    // 2 etapa
    digitalWrite(porta_rele1, LOW); //Desliga Resistencia

    while (temperatura > 42) {
        temperatura = get_Temperatura();
        Serial.println(temperatura);
        d1.motorMoveTo(5, HIGH);
    }

    // 3 etapa
    delay(1800000); // 1800000ms = 30min

    //4 etapa
    x = analogRead(0);

    while (x > 800) {
        x = analogRead(0);
        lcd.clear();
        //digitalWrite(buzzer, HIGH); //Liga Buzzer
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Etapa 2");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Corte Manual");
        delay(200);
        //digitalWrite(buzzer, LOW); //Desliga Buzzer
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Press. Qualquer");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Bt P/ Continuar");
        delay(200);
    }

    // 5 etapa
    unsigned long currentMillis = millis();
    while (t == 0) {
        if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
            t = 1;
        }
        d1.motorMove(HIGH);
    } //fim processo
}
}

```

**FIGURA 3** - Código confeccionado para automação do equipamento.

O código confeccionado e implementado no Arduino foi programado para realizar a seguinte sequência de comandos: primeiramente inicia-se o processo utilizando-se os botões e o LCD, após iniciar-se o processo o motor dará início a mexedura do leite e o sensor de temperatura realizará a leitura, iniciando o processo de aquecimento até 72 °C, após alcançar a temperatura desejada o processo de aquecimento é interrompido, no entanto o motor continua executando sua função até o sensor detectar 42 °C, temperatura ideal para realizar-se a coagulação do leite, após o sensor detectar esta temperatura o motor interrompe o processo de mexedura e inicia-se a contagem de 30 minutos, tempo necessário para que possa ocorrer a coagulação do leite. Após esse período é realizado o corte manual da massa, em seguida o motor iniciará novamente o processo de mexedura durante 3 minutos para que seja possível obter o corte do coalho, após o coalho ter sido quebrado a massa é retirada manualmente da panela e enformada para que se possa obter o queijo.

### **3.3 Processamento dos Queijos**

Posteriormente, com a montagem da máquina foram realizados os testes de fabricação dos queijos e observou-se que o equipamento elaborado possuía capacidade de produzir queijos de forma eficiente. Dessa forma, comparou-se a metodologia padrão de processamento de queijos frescos, que baseia-se no processamento manual dos queijos, com o processamento realizado no equipamento desenvolvido.

Desta forma, para validação do equipamento foram processados queijos frescos conforme metodologia proposta por Furtado & Lourenço Neto, (1994). O leite foi pesado, filtrado e submetido à pasteurização rápida a 72 °C por 30 segundos. Após este tratamento térmico, o leite foi mantido a 42 °C, para adição de 40 mL por 100 L da solução aquosa de cloreto de cálcio na concentração de 40 % e 30 mL por 100 L de coalho (coalho líquido Estrela<sup>®</sup>), após 30 minutos, iniciou-se a coagulação do leite.

Em seguida, realizou-se o corte da massa com faca inox em cubos de 2,0 cm de aresta, com mexedura e repouso para promover a dessoragem, e seguida da drenagem do soro e salga da massa (700 g por 100 L de sal branco refinado).

Os queijos foram repousados nas formas por 1 hora com tempo de viragem de 30 minutos, sendo, então, embalados e pesados em balança digital para determinação do rendimento e conservação a 4 °C.

### **3.3 Rendimento**

O rendimento bruto dos queijos foi calculado conforme o disposto em Andreatta et al., (2009), apresentado na Equação 1.

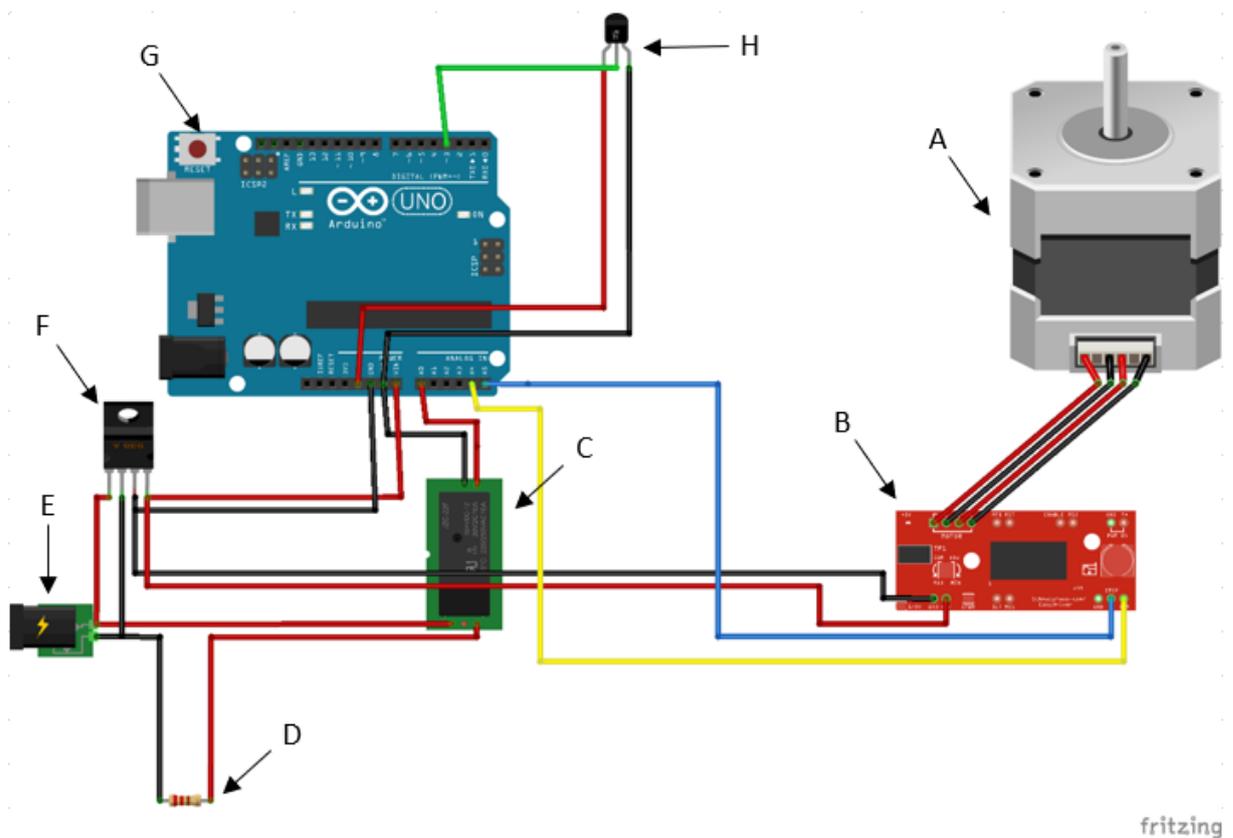
$$\text{Rendimento Bruto (kg * kg}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Peso da formulação (kg)}}{\text{Massa após embalagem (kg)}}$$

**EQUAÇÃO 1** - Rendimento bruto.

Comparando a metodologia padrão com o uso de automação em escala reduzida.

### 3.4 Diagrama Elétrico

O circuito elétrico do equipamento foi confeccionado através da utilização do programa Fritzing, onde foi possível visualizar toda a parte elétrica do equipamento, conforme demonstrado na Figura 3.



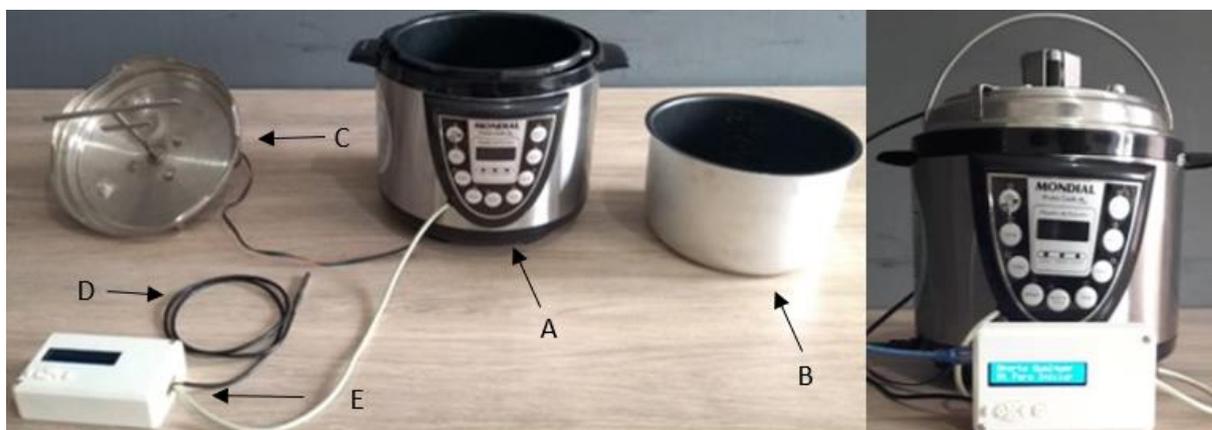
\*Os dispositivos estão identificados como: A – motor de passos Nema 17; B – driver; C – relé; D – resistência do equipamento; E – entrada de energia; F – regulador de tensão; G – arduino uno; H – sensor de temperatura.

**FIGURA 4** - Diagrama elétrico do equipamento.

Dessa forma os dispositivos atuam da seguinte maneira, o motor realiza a homogeneização da massa e tem seus comandos elétricos enviados pelo driver. O relé liga e desliga a resistência quando necessário, sendo que está é responsável pelo aquecimento do leite. O sensor de temperatura realiza a leitura de acordo quando aplicável. A entrada de energia é responsável por energizar todo o circuito, sendo que essa voltagem é controlada pelo regulador de tensão, este transforma tensão de 120V para 12V. Com isso, todos os dispositivos tem seu funcionamento comandado pelo microcontrolador Arduino Uno.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O equipamento confeccionado está apresentado na Figura 4.



\*O equipamento está disposto da seguinte maneira: A – panela de pressão, utilizada como base para o equipamento; B – parte removível do equipamento, onde ocorre a homogeneização do produto; C – parte superior onde está disposto o motor; D – sensor de temperatura; E – display LCD.

**FIGURA 5** - Equipamento para produção de queijos em escala reduzida.

Foi possível verificar que a produção automatizada de queijos frescos é eficiente, sendo que a temperatura de pasteurização foi alcançada com sucesso. Através da utilização de 1,5 litros de leite foi possível produzir 195 gramas de queijo, conforme exposto na Figura 5. Dessa forma, alcançou-se o rendimento bruto de 7,69 kg de leite por kg de queijo.



**FIGURA 6** - Queijos produzidos através do sistema de escala reduzida.

Marques et al. (2020) ao realizarem um estudo comparando a influência do tratamento térmico no rendimento de queijos frescos, obtiveram resultados próximos ao deste trabalho (6,00 a 6,09 kg de leite por kg de queijo). Demonstrando que o resultado obtido na produção

dos queijos através da utilização do equipamento para produção em escala reduzida atendeu os resultados esperados, operando de forma eficiente na fabricação dos queijos. Resultados semelhantes também foram obtidos por Resende (2014) em estudo com queijos frescos fabricados de forma artesanal obtiveram rendimento de 15% na produção, ou seja, 5 a 7 litros de leite para 1 kg de queijo.

Considerando-se a produção industrial, Perrone et al. (2010) ao estudarem o rendimento de queijo Prato obtido por meios industriais através da evaporação a vácuo, apresentou média de resultados de 8,38 kg de leite por kg de queijo, sendo que o resultado mínimo foi de 7,97 kg de leite por kg de queijo, dessa forma, apesar de se tratar de produtos distintos o rendimento obtido através da produção industrial mostrou-se próximo aos valores encontrados neste estudo.

## **5 CONCLUSÕES**

O protótipo de produção de queijo de forma automatizada e em escala reduzida demonstrou-se eficiente após a realização de todo o trabalho, atuando conforme o esperado. O equipamento elaborado é de suma importância para a aplicação laboratorial e de pequenas escalas, aos quais será possível obter resultados semelhantes aos processos de automação industrial, levando-se em consideração a qualidade, atuando de forma automática e contínua nas diversas etapas.

## 6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. L. de. **Inovações nos laticínios de pequeno e médio porte na região dos Campos Gerais-PR com vistas à manutenção no mercado**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. REIS, D. R. *Gestão da Inovação Tecnológica*. São Paulo: Editora Manole, 2004.

ARAÚJO, I. B. Q.; SOUTO, F. V.; COSTA JUNIOR, A. G. Desenvolvimento de um protótipo de automação predial/residencial utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino. In: **Anais: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (Cobenge), Belém, UFPA**. 2012.

ARDUINO. Disponível em <https://www.arduino.cc/>. Acesso em 02 de janeiro de 2022.

BOGHI, C. et al. Estudo de caso de emprego de metodologias ativas no ensino de conceitos tecnológicos. **Revista ABT Tecnologia Educacional**, v. 54, n. 212, p. 19-30, 2016.

BOTKE, D. P. *Automação de residências através de aplicação integrada com Arduino*. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 76 e nº 77, de 26 de junho de 2018. **Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite Tipo A, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Pasteurizado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel**. Diário Oficial da União, 2018.

CASAROTTI, S. N.; DE PAULA, A. T.; DE GRANDI, A. Z.; ROSSI, D. A. CASAROTTI. Enumeração de bactérias psicrotóxicas em leite cru bovino com a utilização da metodologia tradicional e do sistema Compact Dry®. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 369, p. 19-25, 2009.

EDITORA, SENAI-SP (Ed.). **Industrialização de leites**. SESI SENAI Editora, 2018.

FONSECA, E. G. P.; VEGA A. S. Tutorial sobre Introdução à Projetos Utilizando o Kit de Desenvolvimento Arduino. Anais: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Cobenge Blumenau: FURB, 2011.

FORESTI, H. B. Microcontroladores. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://robolivres.org/conteudo/microcontroladores>>. Acesso em 06 dezembro 2021.

FRACASSO, R.; PFÜLLER, E. E. Processamento do leite para a fabricação do queijo na indústria de laticínios Camozzato Ltda, Sananduva-RS. **RAMVI, Getúlio Vargas**, v. 1, p. 713-720, 2014.

FREITAS, M. A. Análises físico-químicas e microbiológicas do leite processado em uma usina no município de Mossoró, 2016.

GONZÁLES, F. H. D.; NORO, D. Variações na composição do leite no subtropical brasileiro. **González, FHD et al., Qualidade do leite bovino, variações no trópico e subtropical. Passo Fundo**, p. 11-27, 2011.

GOTARDO, R. A. Linguagem de programação. **Rio de Janeiro: SESES**, 2015.

GROSSO, F. S. **Diagnóstico das propriedades e qualidade do leite produzido por agricultores familiares**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

JAMAS, L. T.; SALINA, A.; ROSSI, R.; MENOZZI, B. D.; LANGONI, H. Parâmetros de qualidade do leite bovino em propriedades de agricultura familiar. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 573-578, 2018.

JÚNIOR, B.; DA ROCHA FIÚZA, M. **Internet das coisas no Brasil: uma análise sobre propostas de conectividade e sua aderência aos atributos de segurança da informação**. 2019. Tese de Doutorado. Mestrado em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento.

MARQUES, K. H. S. R. et al. Influência do tratamento térmico no rendimento e composição

físico-química de queijos frescais. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19446-19460, 2020.

MENESES, J. N. C. Modos de fazer e a materialidade da cultura “imaterial”: o caso do queijo artesanal de Minas Gerais. **Patrimônio e Memória**, v. 5, n. 2, p. 19-33, 2007.

NASCIMENTO, R. C. V. **Avaliação microbiológica e físico-química de diferentes marcas de leite UHT comercializadas no município de Nossa Senhora da Glória–SE**. 2016. 26 f. Monografia (Graduação em tecnologia em laticínios) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS), Nossa Senhora da Glória, 2016.

PERRONE, Í. T. et al. Determinação da composição e do rendimento de queijo prato obtido a partir de leite concentrado por evaporação a vácuo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 65, n. 376, p. 35-41, 2010.

RESENDE, S. R. de. **Parâmetros físico-químicos e microbiológicos do queijo minas frescal produzido artesanalmente**. 2014. Dissertação de Mestrado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

SANTINI, G. A.; DE SOUZA FILHO, H. M.; BÁNKUTI, S. M. S. Inovações tecnológicas em cadeias agroindustriais: alguns casos do segmento de processamento de carnes, leite e café no Brasil. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, n. 2, p. 09, 2006.

SHITSUKA, D. M. et al. Aprendizagem ativa de programação em turmas de engenharia: uma pesquisa-ação. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 3, p. 36, 2019.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia do Brasil**. Rio de Janeiro. Elsevier. 2006.