

FTT JOURNAL

of Engineering and Business

8ª Edição



FACULDADE
ENGENHEIRO
SALVADOR ARENA



CERTIFICAÇÃO DE ENTIDADES BENEFICENTES
DE ASSISTÊNCIA SOCIAL NA ÁREA DE EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO SALVADOR ARENA
ENTIDADE MANTENEDORA

Conselho Curador

Presidente: Regina Celi Venâncio

Carlos Alberto Legori

Edson Marcos Zoccante

Hélio dos Santos Junior

Iara Satoco Fukunishi Yamada

Luis Carlos Rabello

Márcia Thiemi Uemura

Maria Luzia de Almeida

Marlene Barbieri Taveira

Nelson da Silva Leme

Regina Celi Venâncio

Toshihiko Kumamoto

Valcir Shiguero Omori

Venize Aparecida F. Vígatto

FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA

Diretor Geral

Valcir Shiguero Omori

Diretora Acadêmica

Luciana Guimarães Naves Lemos Borges

Coordenadores

Administração: Andrea Firmino de Sá

Engenharia de Alimentos: Ana Laura Tibério de Jesus

Engenharia de Controle e Automação: Silvio Celso Peixoto Gomes

Engenharia de Computação: Rodrigo Tadeu Fontes

Pesquisa e Extensão: Diogo Martins Gonçalves de Moraes

FTT Journal of Engineering and Business	São Bernardo do Campo	v. 1	n. 8	p. 106	Dez. 2022
---	--------------------------	------	------	--------	-----------

CONTATO

Faculdade Engenheiro Salvador Arena

E-mail: journal@ftt.com.br

EDITOR ACADÊMICO

Prof. Dr. Fernando Felício Pachi Filho

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO EDITORIAL

Simone dos Santos Faria

APOIO EDITORIAL

Kátia Alves Aquino Guariso

Luciane Alves

Milena Medeiros de Andrade

Rita de Cassia Ferreira de Sousa

Shirley Mayara Ferreira

Valéria Pompermayer Fazolim

SUPORTE TÉCNICO

Marcelo Salles

PRODUÇÃO EDITORIAL

Helena Cristina da Silva Santos
Déborah de Moraes Rigueira de Sousa

REVISÃO

Sérgio Martins

COMITÊ EDITORIAL CIENTÍFICO

Prof. Dr. Antonio Tavares da Silva (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)
Profa. Dra. Claudia Fonseca Rosès (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo)
Prof. Dr. Daniel Oliveira (Faculdade Engenheiro Salvador Arena)
Prof. Dr. Edmir Prado (Universidade de São Paulo-Leste)
Profa. Dra. Ilana Racowski (Faculdade Engenheiro Salvador Arena)
Prof. Dra. Isabel Machado (Universidade de São Paulo)
Prof. Dr. Jean Bonvent (Universidade Federal do ABC)
Profa. Dra. Júlia Maria D'Andrea Greve (Universidade de São Paulo)
Profa. Dra. Lidia Maria Ruv Carelli Barreto (Universidade de Taubaté)
Prof. Dr. Leo Kugnik (Faculdade Engenheiro Salvador Arena)
Prof. Dr. Mario Francisco Guerra Boaratti (Universidade Metodista de São Paulo)
Profa. Dra. Martha Regina Verruma-Bernardi (Universidade Federal de São Carlos)
Prof. Dr. Paulo Roberto Garcia Lucarelli (Universidade Nove de Julho)
Profa. Dra. Rosely Imbernon (Universidade de São Paulo- Leste)
Prof. Dr. Wagner Wu (Faculdade Engenheiro Salvador Arena)

AVALIADORES DESTA EDIÇÃO

Prof. Dr. Bruno Medeiros Ássimos (Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais)
Prof. Dr. Bruno Eduardo Slongo Garcia (UniBrasil)
Prof. Me. Caio Pedrinho da Silva (Universidade Federal do Paraná)
Profa. Ma. Cibelle da Silva Santago (universidade Federal da Paraíba)
Me. Diego Leonardo de Souza Fonseca (Universidade Estadual de Londrina)
Profa. Dra. Edna Mataruco Duarte (Faculdadde de Tecnologia de São Caetano do Sul)
Prof. Dr. Evádio Pereira Filho (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba)
Profa. Ma. Fabiana Silva (Universidade Santo Amaro)
Prof.Dr. Fabrício Carvalho Soares (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais)
Profa. Dra. Fernanda Ax Wilhelm (Universidade Federal de Roraima)
Profa.Dra. Fernanda Cristina da Silva (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina)
Prof. Me. Francisco Osmar de Jesus (Senai)
Prof. Me. Gustavo Passos Fortes (Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará)
Esp.Isabella Maciel Costa (Unversidade Federal de Minas Gerais)
Ma. Jacqueline Mayumi Akazaki (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)
Prof. Me. Laurentino Augusto Dantas (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecologia de Mato Grosso do Sul)
Me. Levi Cunha Braga (Universidade Federal Rural do Semi-Árido)
Me. Marcos Antonio Matiucci (universidade Estadual de Maringá)
Prof.Me. Marco Rogério da Silva Richetto (universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho)
Prof.Dr. Mauro Fonseca Rodrigues (Universidade Federal do Pampa)
Bel. Natally Marques da Silva (Universidade Estadual de Maringá)
Prof. Esp. Paulo Vicari (Universidade Comunitária da Região de Chapecó)
Prof. Dr. Ricardo Breganon (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná)
Prof. Me. Ricardo Martinez Vicentini (Faculdade Senai)
Prof. Me. Roberto Oliveira Santos (Universidade Federal da Bahia)
Dr. Thiago Luiz de Oliveira Cabral (Universidade Federal de Santa Catarina)
Prof.Me. Vagner dos Santos Macedo (Faculdade de Tecnologia da Praia Grande)
Prof. Dr. Vandor Roberto Vilardi Rissoli (Universidade de Brasília)

Sumário

6

Editorial

Administração

8

Análise da implementação dos objetivos da Agenda 2030 em uma companhia multinacional de chocolates

*Ilana Racowski
Carolina Maciel*

Engenharia de Alimentos

21

Alimento análogo à linguiça calabresa à base de cogumelos *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus* e *Agaricus bisporus* e proteína de soja

*Ana Laura Tibério de Jesus
Rúbner Gonçalves Pereira
Bruna Mayumi Kayano
Gabriela Dias Silva
Nádia Maria Surita
Sílvia Aparecida da Silva*

34

Hambúrguer de frango com teor de sódio reduzido

*Paula Beatriz Peracini Dogani do Valle
Raphael Augusto Ramos
Kemellyn Azevedo Alves da Silva
Lucas de Carvalho Martins
Matheus Alves de Albuquerque Lima
Mikaelli de Sousa Amâncio
Vitória Rodrigues de Araújo*

Engenharia de Computação

47

Modelo preditivo do desempenho acadêmico: um estudo para a disciplina de cálculo diferencial e integral para Engenharias

Diogo Martins Gonçalves de Moraes

Heloísa Rades de Sousa

Vinicius Benevides da Silva

Engenharia de Controle e Automação

69

Aplicação da água em vez do leite para o levantamento de dados da pasteurização do leite com o intuito de projetar e implementar um controle automático

Rogério Issamu Yamamoto

Victor Inácio Oliveira

Ilana Racowski

Lilian Bozzi

Flávia Mendes Santos

Alexsander Vilaça Rodrigues

86

Envasadora de líquidos desenvolvida a partir de conceitos da indústria 4.0

Rogério Etchebehere Júnior

Marcones Cleber Brito da Silva

Editorial

A *FTT Journal of Engineering and Business*, publicação da Faculdade Engenheiro Salvador Arena, chega à oitava edição com a notícia de sua entrada na lista preliminar do novo Qualis Periódico, referente à Avaliação realizada no quadriênio 2017-2020, fato que muito nos orgulha e prova a adaptação de nossa revista aos critérios de qualidade que regem as publicações científicas. O Qualis Capes é um sistema de avaliação e classificação dos periódicos científicos considerado um indicador importante do impacto da produção científica de pesquisadores vinculados aos programas de pós-graduação no Brasil. A nova classificação da Capes reúne periódicos em oito grupos (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3 e B4, sendo a A1 a mais elevada). Nesta avaliação, a *FTT Journal* foi classificada como B3, situando-se entre as revistas de relevância para pesquisadores. Com o ingresso no Qualis Periódico, esperamos atrair mais pesquisadores interessados na divulgação de seus trabalhos e, nos próximos anos, evoluir na escala de classificação.

Nesta edição, apresentamos seis artigos, em sua maioria produzida por jovens pesquisadores em colaboração com seus orientadores. Na seção de Administração, Ilana Racowski e Carolina Maciel analisam a adoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em uma companhia multinacional de chocolates. Os resultados do estudo demonstram a possibilidade de ampliação das práticas de sustentabilidade com a implementação de outros objetivos nos planos da empresa.

Na seção de Engenharia de Alimentos, os autores Ana Laura Tibério de Jesus, Rúbner Gonçalves Pereira, Bruna Mayumi Kayano, Gabriela Dias Silva, Nádia Maria Surita e Sílvia Aparecida da Silva demonstram o potencial de produção de um alimento análogo à linguiça calabresa e à base de um mix de cogumelos e proteína texturizada de soja, considerando uma pesquisa de mercado. Os autores ainda fazem uma proposta de formulação e de fluxograma do processo. Paula Beatriz Peracini Dogani do Vale, Raphael Augusto Ramos, Kemellyn Azevedo Alves da Silva, Lucas de Carvalho Martins, Matheus Alves de Albuquerque, Mikaelli de Sousa Amâncio e Vitória Rodrigues da Araújo propõem o desenvolvimento de um hambúrguer de frango com reduzido teor de sódio por meio da substituição parcial do cloreto de sódio por cloreto de potássio e total de glutamato monossódico e eritorbato de sódio para adição do extrato de levedura. Os resultados indicam a redução de 52,7% na quantidade de sódio.

Na seção de Engenharia de Computação, Diogo Martins Gonçalves de Moraes, Heloisa Rades de Sousa e Vinícius Benevides da Silva apresentam um sistema computacional capaz de prever o desempenho escolar de estudantes das áreas de engenharia nas disciplinas de Cálculo. O sistema pode auxiliar gestores e educadores no acompanhamento do aprendizado de seus alunos.

Na seção de Engenharia de Controle e Automação, Rogério Issamu Yamamoto, Victor Inácio Oliveira, Ilana Racowski, Lilian Bozzi, Flávia Mendes Santos e Alexander Vilaça Rodrigues propõem o uso da água em vez do leite para o levantamento de dados de pasteurização do leite num projeto de controle automático. De acordo com os autores, é possível evitar o desperdício de leite no processo de aquisição e calibração do sistema de controle com o uso da água que tem comportamento similar. A criação de um protótipo de um sistema de envase por meio da utilização de conceitos da Indústria 4.0, como computação em nuvem, robótica e IoT, é a proposta do trabalho de Rogério Etchebehere

Júnior e Marcones Cleber Brito da Silva. Ao longo do trabalho, os autores demonstram a possibilidade de geração de dados no processo produtivo para fácil acesso dos gestores.

Esperamos que os artigos desta edição possam inspirar muitas outras pesquisas e estimular futuras colaborações para nossa revista.

Boa leitura!

Análise da implementação dos objetivos da Agenda 2030 em uma companhia multinacional de chocolates

Analysis of the application of 2030 Agenda goals in a multinational chocolate company

Administração

Ilana Racowski

(pro6389@cefsa.edu.br)

Doutora em Biotecnologia pela Universidade de São Paulo e professora da Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Carolina Maciel

(carolina3maciel@gmail.com)

Graduada em Engenharia de Alimentos pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

FTT Journal of Engineering and Business

• SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP DEZ. 2022

• ISSN 2525-8729

Submissão: 08 ago. 2021 Aceitação: 14 dez.2022

Sistema de avaliação: às cegas dupla (double blind review)

FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA, p. 6-20

FTT JOURNAL
of Engineering and Business



Resumo

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) fazem parte da Agenda 2030, um plano de ação que visa alavancar o nível de sustentabilidade mundial. São objetivos que devem ser alcançados até 2030 e que equilibram as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental. Este estudo analisa a possibilidade da inserção de novos ODS em uma companhia alimentícia multinacional que tem como principal atividade a fabricação de chocolates. Para tal, utilizou-se como guia o Manual elaborado pelo SDG COMPASS com adaptações demonstrando ser possível a implementação de mais 4 novos ODS nas práticas empresariais.

Palavras-chave: Agenda 2030. Sustentabilidade. ODS.

Abstract

The Sustainable Development Goals (SDGs) proposed by the United Nations (UN) are part of the 2030 Agenda, an action plan that aims to leverage the level of global sustainability. These are goals that must be achieved by 2030 and they can balance the three dimensions of sustainable development: economic, social and environmental. This study analyzes the possibility of inserting new SDGs in a multinational food company whose main activity is the manufacture of chocolates. To this achieve this goal, the Manual prepared by SDG COMPASS was used as a guide, demonstrating that it is possible to implement another 4 new SDGs in business practices.

Keywords: Agenda 2030. Sustainability. SDG.

Introdução

Em 2019 foram produzidas, de acordo com a ABICAB (Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas) 756 mil toneladas de chocolate, resultando em um faturamento de R\$ 14 bilhões. Em termos de vendas de chocolates no varejo, o Brasil ocupa o 5º lugar no mundo e atualmente há exportação do produto para 140 países, sendo o montante total estimado em 2019 de 28 mil toneladas (ABICAB, 2020). Tratando-se de produção de chocolate, a maior parcela concentra-se no estado de São Paulo, mas há importantes produtores também na Bahia, no Espírito Santo, no Paraná e no Rio Grande do Sul. Essa é uma categoria representada por 17% de microempresas e empresas de pequeno porte, 43% de médio porte e 40% de grande porte (ABICAB, 2020).

A cadeia produtiva completa do chocolate é composta por: aquisição de insumos, produção do cacau, produção de amêndoa, insumos para a indústria de transformação, indústria de chocolate (indústria de transformação) e distribuição. Dentro desta cadeia produtiva, de acordo com Leite (2019), a indústria de processamento de chocolate representa a etapa que mais contribui para o PIB brasileiro da cadeia produtiva do cacau (cerca de 38%, de um total de 21,62 bilhões de reais em 2017 referente à cadeia completa). O produto é então comercializado em diferentes formulações: chocolate ao leite ou amargo, preto ou branco, com ou sem avelãs, em forma de bebida ou em barra, agregado a bombons, mousses etc. (BUSSO, 2005)

Analisando não apenas outros aspectos além do lado comercial, trata-se de um produto que possui uma cadeia produtiva capaz de gerar impactos ambientais, além de necessitar de muitos recursos para ser produzido (KONSTANTAS et al., 2018). O cálculo do impacto de geração de CO₂ através da utilização de água e energia é analisado a partir de um estudo de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Esse estudo foi realizado em cima do processo de fabricação do chocolate, sendo essa uma metodologia disponível para ajudar as empresas a mapearem os pontos de alto impacto ambiental dentro de sua cadeia de suprimentos (GRI et al, 2015). A partir desta premissa, para Andrade (2017), seus resultados permitem que as empresas enxerguem as áreas de alto impacto, bem como avaliar contribuições sustentáveis (dimensão social, ambiental e econômica) em prol dos 17 ODS da Agenda 20

Referencial teórico

A Agenda 2030 constitui-se em um plano de ação focado na prosperidade do planeta em âmbitos ambientais, sociais e econômicos; ela também é conhecida como Agenda Pós-2015. Ao todo, foram 193 países assumindo compromisso com essa causa, incluindo o Brasil. A Agenda 2030 engloba 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (figura 1), totalizando 169 metas e 232 indicadores para que a humanidade faça a transição para um modelo de desenvolvimento mais sustentável até 2030 (NIETO, 2016). Apesar das diretrizes globais, cabe a cada governo estruturar suas estratégias de implementação a nível local.

Esses 17 objetivos (ODS) são os sucessores dos oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) que se concentraram de 2000 a 2015 (COLGLAZIER, 2015). Os ODS são mais abrangentes e mensuráveis; abordam questões como desigualdade, crescimento econômico, cidades e assentamentos humanos, oceanos, ecossistemas, consumo e produção sustentáveis, paz e justiça. São universais e aplicam-se a todos os países, enquanto os ODM foram direcionados somente para ações em países em desenvolvimento (PNUD – BRASIL, 2016).

Englobando também as empresas, elas poderão, através da Agenda 2030, utilizar os ODS como um quadro global para moldar, conduzir, comunicar e relatar as suas estratégias, objetivos e atividades, de forma que possam tirar proveito de uma escala de benefícios, tais como: identificação de futuras oportunidades de negócios, valorização da sustentabilidade corporativa, fortalecimento das relações com as partes interessadas e manutenção do ritmo com os desenvolvimentos da política, investimento em um ambiente propício aos negócios e utilização de uma linguagem comum e de uma finalidade compartilhada (SDG COMPASS, 2015).

Contribuindo para isso, o objetivo do presente trabalho foi estudar quais ODS podem ser aplicados em uma empresa de chocolate brasileira, a fim de verificar as perspectivas dessa empresa quanto ao produto em si e o seu planejamento sustentável para os próximos anos.

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)



Fonte: Organização das Nações Unidas (2015).

De acordo com a ONU (2015), são esses os 17 ODS da Agenda 2030:

- Objetivo 1 - Erradicar a pobreza extrema em todas as suas formas;
- Objetivo 2 - Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e a melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável;
- Objetivo 3 - Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades;
- Objetivo 4 - Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos;
- Objetivo 5 - Alcançar a igualdade de gênero e emponderar todas as mulheres e meninas;
- Objetivo 6 - Assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e o saneamento para todos;
- Objetivo 7 - Garantir o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos;

- Objetivo 8 - Promover o crescimento econômico sustentável e inclusivo, com emprego pleno e trabalho decente para todos;
- Objetivo 9 - Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação;
- Objetivo 10 - Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles;
- Objetivo 11 - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;
- Objetivo 12 - Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis;
- Objetivo 13 - Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos;
- Objetivo 14 – Promover a conservação e o uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o seu desenvolvimento sustentável;
- Objetivo 15 - Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade;
- Objetivo 16 - Promover sociedades pacíficas e inclusivas, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes e inclusivas em todos os níveis;
- Objetivo 17 - Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável (ONU, 2015).

Procedimentos metodológicos

Realizou-se uma pesquisa de cunho qualitativo exploratório, adotando-se a estratégia de estudo de caso único, já que, de acordo com Eisenhardt (1989), trata-se de uma forma aceitável de construção de teoria a partir de trabalhos qualitativos de estudo de casos envolvendo um ou mais exemplos de como criar construtos teóricos e proposições utilizando os dados coletados. O estudo é classificado como exploratório, porque permite maior familiaridade entre o pesquisador e o tema. Isso foi feito através da consulta de fontes que deram base ao assunto abordado, por meio de levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas experientes no problema abordado (GIL, 2008). Assim sendo, foram realizadas entrevistas não-estruturadas com funcionários da empresa em estudo, ou seja, um diálogo aberto e guiado apenas por um roteiro apresentado sob forma de tópicos (FRASER, 2004).

A primeira etapa para desenvolvimento da metodologia foi executada através da identificação da empresa, abordando todas as suas informações e sua situação no que diz respeito ao âmbito da sustentabilidade. A escolha dessa empresa se deu em função da importância dada a questões sustentáveis e à visão de longo prazo junto à comunidade. Para tal estudo, foram consultados relatórios anuais de planejamento estratégico bem como entrevistas com cinco gestores envolvidos no tema. Para o seguimento do projeto e identificação dos possíveis ODS que a empresa poderia implementar, foi utilizado como referência o Manual elaborado pelo SDG COMPASS com adaptações (SDG COMPASS, 2015). De acordo com o manual, o primeiro passo, após caracterizar a empresa, foi estudar quais práticas sustentáveis já eram aplicadas, sendo utilizado como material para aquisição de informações os relatórios anuais e entrevistas pessoais.

Vale ressaltar que, para a complementação da análise, foi necessário também obter conhecimento acerca dos impactos ambientais do produto. Entretanto, essas informações já eram conhecidas através do trabalho de Konstantas e colaboradores (2018). De posse desses dados, foi possível seguir adiante na metodologia, identificando, em consonância com o nível de sustentabilidade almejado pela empresa, quais objetivos poderiam ser incorporados às práticas empresariais, bem como suas metas, os responsáveis por averiguar o cumprimento delas e as possibilidades de parcerias.

Resultados e discussões

A empresa estudada surgiu em 1911 nos Estados Unidos como um empreendimento familiar e atualmente emprega mais de 118 mil pessoas, estando presente em cerca de 80 países. Operando em seis áreas diferentes ao redor do mundo, no Brasil seu foco encontra-se na produção de alimentos de animais, arroz especiais e chocolates. Ela é considerada, de acordo com a definição de SEBRAE (2010), uma empresa de grande porte, contando com mais de 500 funcionários. Trata-se de uma empresa que possui sede em 6 diferentes continentes (Ásia, Europa, América do Sul, África, Austrália e América do Norte).

A cultura empresarial presente em todo o processo produtivo se baseia na mutualidade de benefícios para todas as partes, sejam elas o consumidor, o fornecedor ou o meio ambiente, servindo como princípio para toda e qualquer tomada de decisão. Em função disso, a projeção

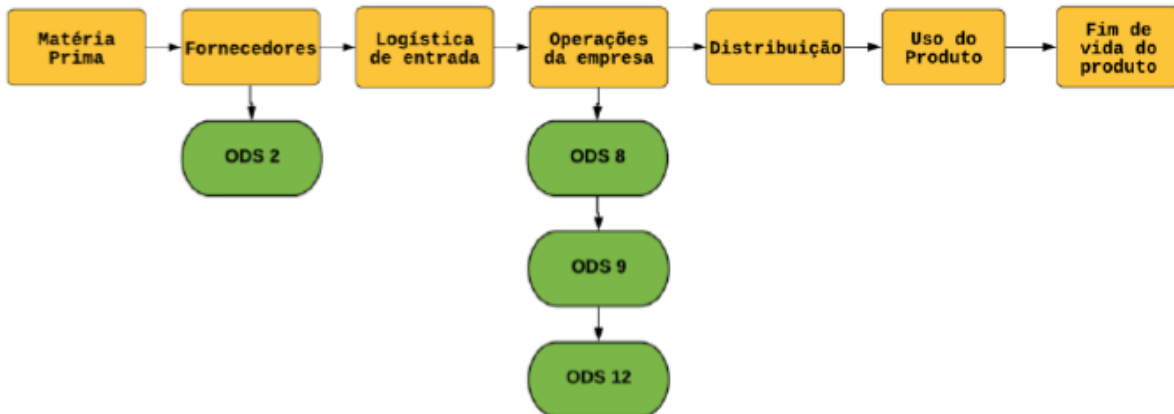
de práticas sustentáveis é uma tarefa presente em seu cotidiano. Um exemplo que pode ser dado é o fato de projetar um investimento de US\$ 1 bilhão ao longo dos próximos anos para se tornar sustentável em uma geração. Essa verba destina-se principalmente à redução de danos causados pela cadeia de suprimento e pelos processos de produção. Além disso, a companhia destaca o fato de estar desenvolvendo um plano para a sustentabilidade diretamente ligado aos cinco eixos de atuação da Agenda 2030. Isto significa que seu projeto de sustentabilidade está fundamentado nos 5Ps: 1. Pessoas; 2. Planeta; 3. Prosperidade; 4. Paz e 5. Parcerias, onde os 17 ODS também estão inseridos (ONU, 2015). Porém, atualmente, seu plano mantém foco nos quesitos: Planeta Saudável, Prosperidade para as Pessoas e Promoção do Bem-Estar. Dentre esses tópicos, destacam-se planos focados em ação climática, gestão de água, aumento de renda em comunidades locais e promoção de ciência sustentável.

Em 2018, pode-se dizer que a empresa já havia conseguido algumas conquistas nos seguintes ODS: 2- Erradicação de pobreza; 3- Saúde e bem-estar e 13- Ação contra a mudança global do clima. Além disso, deixa claro que percebia na época serem os ODS que mais poderiam contribuir pelo fato de, através deles, serem obtidas transformações em grande escala. Para a empresa, as mudanças em pequena escala não são consideradas mudanças transformacionais capazes de contribuir para um plano de sustentabilidade.

Algumas dessas contribuições foram realizadas a partir do abastecimento de matéria-prima ser quase 100% sustentável, ou seja, quase 100% de suas fontes são certificadas, contando com fornecedores trabalhando dentro das normas de sustentabilidade, como por exemplo, o fator Sustainable Rice Platform (Plataforma Sustentável para o Arroz), redução de gases de efeito estufa (GEE), uso eficiente de energia, uso de energia renovável, aumento da renda para pequenos agricultores, respeito aos direitos humanos, criação de oportunidades para mulheres, renovação em produtos e ingredientes, marketing e rotulagem responsáveis, cultivo com uso racional de água e eliminação praticamente total de envio de resíduos a aterros sanitários.

Dando seguimento à análise dos ODS e partindo do princípio de que a empresa já possuía desenvolvimento nos objetivos 1 (erradicação da pobreza); 3 (saúde e bem-estar) e 13 (ação contra a mudança global do clima), foi realizada uma análise da cadeia de valores para se identificar elos da cadeia produtiva que poderiam ter a implementação de novos ODS (Figura 2).

Figura 2 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)



Fonte: elaboração das autoras (2020).

Dessa forma, pode-se dizer que, utilizando como base os desenvolvimentos que a empresa já possui na área de sustentabilidade, é possível investir nos ODS: 2 (fome zero); 8 (crescimento econômico e trabalho decente); 9 (indústria, inovação e infraestrutura) e 12 (consumo e produção responsáveis). A ODS 2 pode ser observada na contribuição para a renda dos pequenos produtores de alimentos (particularmente mulheres e povos indígenas). No caso, as práticas são voltadas para produção de cacau de pequenos produtores do Nordeste brasileiro, aumentando investimento em infraestrutura rural, pesquisa e extensão de serviços agrícolas.

No caso do ODS 8, que visa alcançar o emprego pleno e produtivo, a empresa trabalha com uma política de bem-estar dos associados e incentiva o programa de jovens aprendizes. Além disso, principalmente por se tratar de uma multinacional, incentiva o trabalho de imigrantes. Já no ODS 9, que se propõe a construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização sustentável e fomentar a inovação, a empresa foca no fortalecimento da pesquisa científica e melhoria da capacidade tecnológica através da política de Engajamento em Pesquisas Científicas. E para o ODS 12 (assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis), almeja trabalhar no manejo ambiental saudável dos resíduos e do produto.

Dentre os objetivos destacados, podem ser mapeados alguns pontos a serem detalhados em sinergia com a visão da empresa (Quadro 1).

Quadro 1 – ODS passíveis de aplicação na empresa.

ODS	Meta	Justificativa da Meta	Indicador	Setor Responsável	Necessidades para alcance da meta	Parceria
ODS 2	Dobrar a produtividade agrícola e a renda de pequenos produtores até 2030.	Um dos cinco princípios da empresa – responsabilidade e - visa uma relação mútua e consciente com os produtores.	Verificação do volume de produção por unidade de mão de obra de diferentes patamares.	Compras diretas de matérias-primas.	-Mapeamento de pequenos produtores. -Treinamento de boas práticas para os pequenos produtores.	Pequeno produtor.
ODS 2	Reduzir o sódio em uma média de 20% do portfólio até 2021.	Olhar o futuro focando em saudabilidade de alimentos através da redução de aditivos.	Percentual de redução de aditivos.	R&D - <i>Research and Development</i>	- Teste de sabor em diversos teores.	Nenhuma.
ODS 8	Dobrar em cinco anos a quantidade de emprego para jovens, migrantes, pessoas com deficiência através de programas de incentivo.	Um benefício mútuo é um benefício compartilhado, e o benefício compartilhado dura mais. Logo, a diversidade é essencial para a construção de uma cultura multifacetária.	Taxa de associados com deficiência, menores aprendizes e migrantes.	P&O - <i>People and Organization</i>	- Elaboração de um programa conciso para recrutamento de jovens, migrantes e pessoas com deficiência -Organização de suporte para a inserção organizacional.	Nenhuma.
ODS 8	Garantir remuneração igual para trabalho de igual valor até 2022	O princípio da mutualidade é a essência do vínculo de confiança, respeito e honestidade.	Taxa de equiparação salarial.	P&O - <i>People and Organization</i>	Verificação detalhada de salários e de funções exercidas.	Nenhuma.

Continua

ODS 8	Alcançar 365 dias sem acidentes até 2030, aumentando a segurança de trabalho através do reforço de práticas protetivas.	A responsabilidade para com a saúde e bem-estar dos associados como um dos princípios da empresa.	Taxas de frequência de acidentes de trabalho fatais e não fatais, por sexo e status migratório.	H&S - <i>Hygiene & Security</i> - <i>Engenharia</i>	- Palestras de engajamento demonstrando a importância do uso de EPIs no setor fabril - Adaptação da fábrica de modo que existam menores pontos de risco.	Nenhuma.
ODS 9	Até 2040, possuir pegada zero de carbono, eliminar impactos de resíduos, etc.	Garantir a sustentabilidade e redução de impactos produtivos.	Emissões de dióxido de carbono por unidade de valor adicionado da indústria.	- Alta diretoria para aprovação de investimento - Engenharia	- Elaboração de um plano rentável de adaptação de processo visando a redução de impactos.	Empresa de gestão de resíduos.
ODS 9	Até 2038 aumentar a promoção de pesquisas multidisciplinares objetivando inovação e pesquisa, além de tornar o conteúdo público.	Intrínseca à empresa encontra-se a pretensão de geração de conteúdo de qualidade para a sociedade, contribuindo para o setor de científico.	Percentual de despesas com pesquisa e desenvolvimento no total do PIB.	- Alta diretoria para aprovação de investimentos - Centro Científico de Desenvolvimento que a empresa possui.	- Criação de um plano de pesquisa robusto, determinando plano de ação e a destinação de <i>budget</i> necessária.	Pequeno produtor (pesquisa em campo).
ODS 12	Até 2030, alcançar a gestão sustentável e uso eficiente de recursos naturais através da Política de Prevenção ao Desmatamento e Gestão de Recursos Hídricos;	Mais de 98% da água usada na cadeia de valor está associada a culturas ou animais para matérias-primas fornecidas, portanto, é mapeado o uso de água desde sua origem. Em relação ao desmatamento, a empresa visa reduzir impactos por meio de melhoramento em agrossilvicultura	Pegada material, pegada material per capita e pegada material por unidade do PIB.	- Alta diretoria para aprovação de investimentos. - Área de compras de matéria prima - escolha consciente de fornecedores; - Área de Gestão Ambiental.	- Revisão de práticas e adaptação de acordo com as novas necessidades. - Garantia de um fornecimento limpo através da continuidade do acompanhamento da cadeia produtiva de cada material.	Nenhuma.

Fonte: elaboração das autoras (2020).

Considerações finais

A empresa em questão parte do princípio de que considera a implementação de um ODS quando ele impacta de forma vigorosa e positiva uma causa, intensificando a real intenção de criar um mundo melhor para as próximas gerações, começando pelos pequenos produtores e negócios locais. Assim sendo, este trabalho mostra que a empresa, em 2018, já havia implementado cerca de 18% dos 17 ODS da Agenda 2030. Analisando-a como um todo, a forma como trabalha e as parcerias com seus fornecedores e distribuidores bem como a transformação que a matéria-prima sofre na empresa em seu âmbito interno, foi possível verificar a possibilidade da implementação de mais 4 ODS (2, 8, 9 e 12), ou seja, um aumento da porcentagem para 41,2%.

Quando falamos em energia e do modo como os projetos estão sendo implementados dentro da empresa, apesar de utilizar como referência o ODS 13, insere-se no âmbito empresarial também o ODS 7. A companhia possui diversas alternativas para a continuidade de um plano sustentável as quais envolvem os mais diversos setores, principalmente compras diretas, alta diretoria, engenharia e gestão ambiental de cadeia e de resíduos. Faz-se essencial uma comunicação com maior interação entre todas as partes para que sejam elaborados planos com metas realistas e previsões reais.

As realizações dessa indústria de chocolates demonstram que a sustentabilidade tem sido colocada em pauta, o que agrega cada vez mais valor ao processo, além de claramente ser essencial para se obter o equilíbrio do meio ambiente. O incentivo e a divulgação dessas iniciativas podem acabar por influenciar diversos outros setores a agir de forma semelhante em prol dessa causa, trazendo benefícios para todos os envolvidos e todo o meio ambiente.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES, AMENDOIM E BALAS (ABICAB), 2020. Disponível em: <http://www.abicab.org.br/paginas/chocolate/consumo/>. Acesso em: 27 jul. 2020.
- ANDRADE, V. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: no centro dos negócios**. Disponível em: <https://blog.waycarbon.com/2017/10/objetivos-desenvolvimento-sustentavelnegocios/>. Acesso em: 23 jul. 2020.
- BUSSO, M.; VISCHI, C. **O chocolate: tentações e prazeres**. São Paulo: Lisma, 2005.
- COLGLAZIER, W. Sustainable development agenda: 2030. **Science**, v. 349, n. 6252, p. 1048-1050, 2015.
- EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research, **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.
- FRASER, Márcia. **Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa**. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/paideia/a/MmkPXF5fCnqVP9MX75q6Rrd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 ago. 2021.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GRI, Global Reporting Initiative; UN Global Compact, United Nations Global Compact; WBCSD, World Business Council For Sustainable Development. **SDG Compass - A Guide for Business Action to Advance the Sustainable Development Goals**. 2015. Disponível em: <https://sdgcompass.org/>. Acesso em: 23 jul. 2020.
- KONSTANTAS, A., JESWANI, H.K., ADISA AZAPAGIC, L.S... Environmental impacts of chocolate production and consumption in the UK. **Food Research International**, v. 106, p.1012-1025, 2018.
- LEITE, L. R.C. **Cacau e chocolate no brasil: desafios na produção e o comércio global**. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais/cacau/2019/46degro/app_46ro_cacau_chocolate_cacau.pdf. Acesso em: 27 jul. 2020.
- NIETO, A.T. **Crecimiento económico e industrialización en la Agenda 2030: perspectivas para México**. Prob. Des, México, v. 48, n. 188, p. 83-112, 2017.
- ONU Brasil. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**, 2015.
- PNUD – BRASIL. **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD Brasil**. 2016. Disponível em: <https://www.facebook.com/PNUDBrasil/photos/como-os-ods-diferenciam-se-dos-odm-baseados-nos-odm-os-objetivos-globais-são-mais/1068767903204919/>. Acesso em: 24/07/2020.
- SDG Compass 2015. **Diretrizes para implementação dos ODS na estratégia dos negócios**. Disponível em www.sdgcompass.org. Acesso em: 29 jul. 2020.
- SEBRAE. **Critérios e conceitos para classificação de empresas 2010**. Disponível em: www.sebrae.com.br. Acesso em 20 jul. 2020.

Alimento análogo à linguiça calabresa à base de cogumelos *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus* e *Agaricus bisporus* e proteína de soja

*Food similar to sausage based on mushroom *Lentinula Edodes*, *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus bisporus* and soy protein*

Engenharia de Alimentos

Ana Laura Tibério de Jeus (pro21001966@cefsa.edu.br)
Doutora em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas e professora da Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Rúbner Gonçalves Pereira (rubner.pereira@ifsuldeminas.edu.br)
Doutor em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas e professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais.

Bruna Mayumi Kayano (brunamayumikayano@gmail.com)
Graduada em Engenharia de Alimentos pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Gabriela Dias Silva (gabydias353@gmail.com)
Graduada em Engenharia de Alimentos pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Nádia Maria Surita (ndsurita@gmail.com)
Graduada em Engenharia de Alimentos pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Sílvia Aparecida da Silva (siljef01@gmail.com)
Graduada em Engenharia de Alimentos pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

FTT Journal of Engineering and Business

- SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP DEZ. 2022
- ISSN 2525-8729

Submissão: 28 ago.2022 Aceitação: 16 dez.2022

Sistema de avaliação: às cegas duplas (double blind review)

FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA, p. 21-33

FTT JOURNAL
of Engineering and Business



Resumo

Tendências alimentares, saudabilidade, preocupação com o meio ambiente e com a causa animal são alguns dos motivos para o aumento no consumo de alimentos veganos e vegetarianos. O cogumelo é muito consumido pelo público que adere a esse tipo de dieta ou então que busca reduzir o consumo de carne. Esse fungo apresenta diversas vitaminas e minerais (B1, B2, B9 fósforo e vitamina C), além de ser uma fonte de fibras. Como forma de atender a esse público, projetou-se um alimento à base de um mix de cogumelos (Shimeji, Shitake e Paris) e proteína texturizada de soja (PTS). Uma pesquisa de mercado com a principal matéria-prima do produto revelou que 62% dos entrevistados consomem ocasionalmente o cogumelo e apenas uma pequena porcentagem o consomem semanalmente ou diariamente. Das pessoas que consomem esse fungo, 77,6% disseram que comprariam o produto em questão; portanto, pode-se afirmar que um alimento à base de mix de cogumelos e PTS tem o potencial de conquistar uma boa aceitação no mercado consumidor. Ademais, foi proposta a formulação desse produto, bem como o seu fluxograma de processo.

Palavras-chave: Cogumelo. Linguiça. Proteína de soja.

Abstract

Food trends, healthiness, concern for the environment and the animal rights are some of the reasons for the increase in the consumption of vegan and vegetarian foods. The mushroom is widely consumed by the public that adheres to this type of diet or that seeks to reduce meat consumption, this fungus has several vitamins and minerals (B1, B2, B9, phosphorus and vitamin C), in addition to being a source of fibers. As a way of serving this public, a product with mushrooms and textured soy protein (PTS) was projected. A market research with the main raw material of the product revealed that 62% of respondents consume the mushroom occasionally and only a small percentage consume it weekly or daily. Among the people who consume this fungus, 77.6% said they would buy the product, therefore, it can be said that food with mushrooms and PTS has the potential to have a good acceptance in the consumer market. In addition, the formulation of this product was proposed, as well as its process flowchart.

Keywords: Mushroom. Sausage. Soy protein.

Introdução

O investimento em desenvolvimento de novos produtos é essencial para manter uma empresa em alta atualmente, devido à grande competitividade do mercado, destacando-se o de alimentos. Para desenvolver um novo produto é preciso ter em vista as tendências do mercado, levando em consideração as necessidades do consumidor.

Segundo a Brasil Food Trends (2020), dois dos pilares de inovação são os produtos que visam saudabilidade e bem-estar e sustentabilidade ambiental. A busca de substitutos para a proteína animal vem crescendo, seja por motivos de saúde e/ou sustentabilidade. Assim, o mercado *plant-based* está em constante desenvolvimento para atender aos consumidores, sejam eles veganos, vegetarianos ou flexitarianos.

Entende-se como vegetarianos as pessoas que optam por se alimentar apenas de vegetais, excluindo a proteína animal de sua dieta. Os veganos, por sua vez, não consomem qualquer alimento de origem animal ou produtos que sejam testados ou provenientes de animais, como peças de vestuário e cosméticos. Já a dieta dos flexitarianos é composta majoritariamente por vegetais, mas ocasionalmente fazem o consumo de produtos de origem animal. Tendo em vista a sustentabilidade, o consumo em excesso de proteína animal se mostra cada dia mais insustentável, visto os impactos negativos gerados sobre a qualidade do ar, do solo, da água e da saúde humana, além de afetar a biodiversidade local (GOMES, 2019).

Os cogumelos estão cada vez mais presentes na dieta dos vegetarianos e flexitarianos, pois, além de ser ricos em fibras, minerais e vitaminas, apresentam baixo teor de lipídios e poucas calorias; é preciso esclarecer que esses dados apresentam variações de acordo com a sua variedade. Acrescido a este fato, o cultivo deste fungo tem se expandido em território nacional. Segundo a Agência Nacional de Produtores de Cogumelos (ANPC), estima-se que haja mais de 300 cultivadores desse produto, os quais, em sua maioria, são considerados micro e pequenos produtores que(e) se enquadram como agricultores familiares.

O cultivo de soja representa cerca de 50% de toda colheita de grãos no Brasil (CONAB, 2021) e os seus derivados estão muito presentes na alimentação humana, podendo ser adicionados a produtos vegetais para aumentar o teor proteico, de acordo com a pesquisa realizada em 2020 pelo The Good Food Institute. A proteína texturizada de soja é muito utilizada pela indústria de alimentos como forma de substituição da proteína animal.

O presente trabalho tem como objetivo projetar um alimento à base de cogumelos e proteína de soja, com teor reduzido de gorduras e sabor e textura semelhantes a uma linguiça calabresa, voltado principalmente para o público vegetariano e flexitariano.

Justificativa

A busca por uma alimentação mais saudável levou a indústria de alimentos a diminuir certos ingredientes na composição de seus produtos, como o sódio, o açúcar e a gordura. Nesse contexto, busca-se oferecer um produto nutritivo, uma vez que os cogumelos podem ser considerados uma fonte de fibras, serem ricos em vitaminas e minerais, principalmente B1, B2, B9, fósforo e vitamina C. No entanto, não são um alimento rico em proteínas, possuindo cerca de 2,9g desse macronutriente em 100g de cogumelos em base úmida (TOMAZ, 2017).

A proteína de soja texturizada, de acordo com Falcão (2013) tem cerca de 39% de proteínas e 0,99% de gorduras e, por esses motivos, ela é considerada um ingrediente essencial para aumentar o teor proteico e dar textura ao insumo, juntamente com o cogumelo.

Principalmente nas grandes cidades, há a necessidade do consumo de produtos de fácil preparo. Essa praticidade se encontra nesse novo produto, uma vez que o alimento é pré-cozido. Para consumi-lo, basta colocá-lo no forno ou grelhá-lo em uma frigideira até que fique dourado.

Segundo a pesquisa realizada pelo The Good Food Institute (2018) em parceria com a Snapcart, o Brasil é o 5º maior mercado de alimentos e bebidas saudáveis no mundo, com crescimento considerável de 20% ao ano. A pesquisa apontou dados indicando que os brasileiros estão diminuindo o consumo de produtos cárneos e abertos a mudanças de hábitos.

Considerando que o Brasil é o segundo país que mais produz carne vermelha no mundo, o impacto que esta atividade causa ao ambiente é enorme, contribuindo para a degradação do solo, a poluição das águas, a destruição de ecossistemas e a emissão dos gases do efeito estufa, entre outros. A substituição da alimentação de base animal por vegetal tem como um dos objetivos a preservação do ambiente, uma vez que a produção de vegetais causa menores danos aos recursos naturais (ZEN, 2008).

Assim, se torna oportunidade de crescimento para micro e pequenos agricultores e uma grande oportunidade para a indústria de alimentos investirem em novos produtos à base de plantas e cogumelos, buscando atender as mudanças no mercado consumidor e suas necessidades.

Um ponto desafiador encontrado na produção de um alimento à base de mix de cogumelos e proteína texturizada de soja é o alto custo do ingrediente principal, o cogumelo.

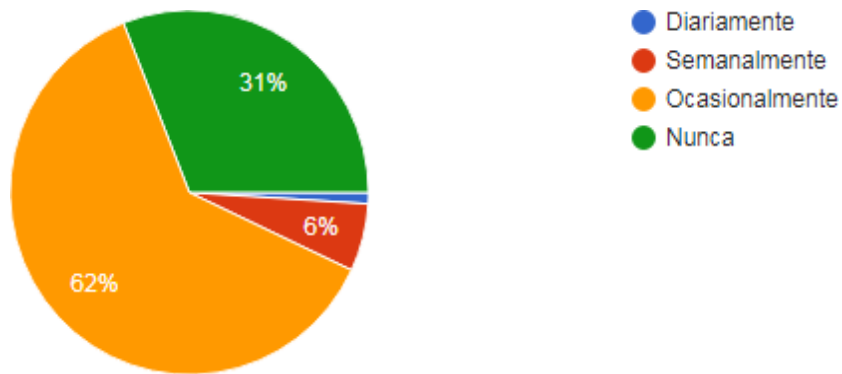
No entanto, duas dificuldades são observadas para tornar o produto mais conhecido. O cogumelo apresenta um sabor normalmente mais acentuado e a textura e aparência podem dificultar seu consumo, o que torna a sua aceitação mais difícil pelo consumidor brasileiro, apesar do crescente aumento no consumo desses fungos. Além disso, sua difícil aceitação pode ser descrita pelo não conhecimento, ou seja, o consumidor nunca provou ou segue o que as outras pessoas dizem.

Pesquisa de mercado

Foi realizada uma pesquisa de mercado com 100 pessoas, com diferentes dietas e faixas etárias, para verificar o nível de aceitação da principal matéria-prima do produto (cogumelo) e do produto final. Além de definir o peso líquido da embalagem que mais atende às suas necessidades. A plataforma Google Forms foi utilizada para a realização da pesquisa, a qual foi divulgada por meio de redes sociais dos integrantes do grupo.

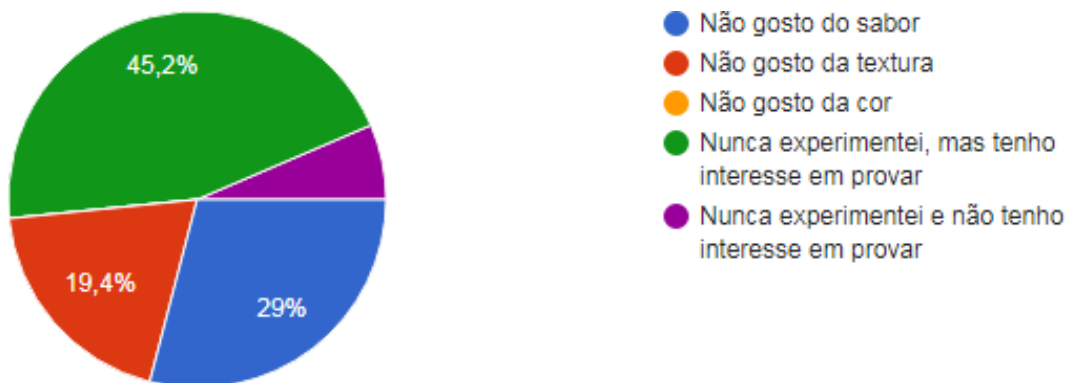
No gráfico ilustrado na Figura 1, pode-se observar que mais da metade dos entrevistados (62%) ocasionalmente consomem cogumelos (matéria-prima principal do produto aqui em estudo). No entanto, 31% nunca consomem esse tipo de alimento. A Figura 2 revela que 45,2% das pessoas que nunca consomem cogumelos não o experimentaram, mas têm interesse em prová-lo, revelando que a principal matéria-prima do produto ainda é desconhecida por muitos brasileiros. Todavia, esse número (45,2%) abre margem para o potencial aumento de pessoas que possam se tornar consumidores desse alimento.

Figura 1: Frequência de consumo de cogumelos



Fonte: elaboração dos autores (2021).

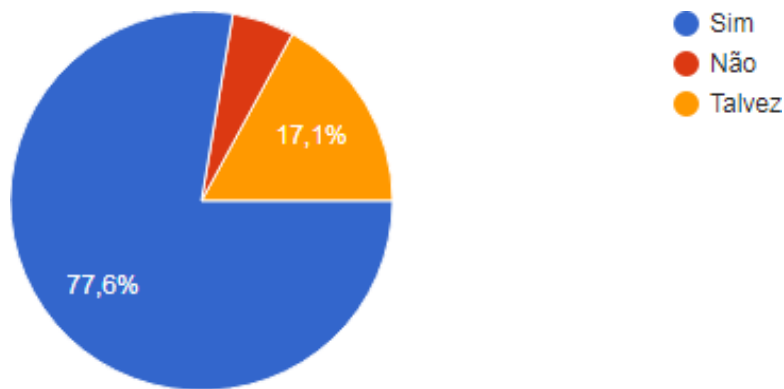
Figura 2: Motivos para nunca consumir cogumelos



Fonte: elaboração dos autores (2021).

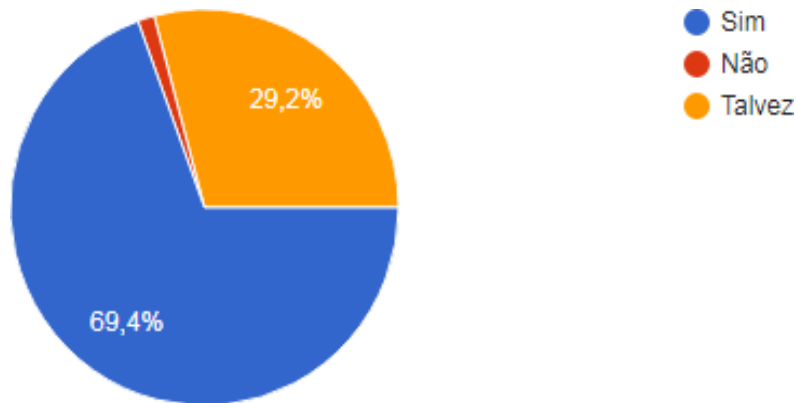
Com base na pesquisa realizada, pode-se inferir que o alimento à base de mix de cogumelos e proteína texturizada de soja tem potencial para ter uma boa aceitação no mercado consumidor, devido às altas porcentagens de intenção de consumo e de compra (Figuras 3 e 4), apesar de boa parte dos entrevistados não ter o hábito de consumir diariamente ou semanalmente cogumelos, principal ingrediente do produto. Pode-se observar também que, das pessoas que nunca consomem cogumelos, a maioria é por desconhecimento deste fungo, uma vez que nunca provaram, mas revelaram interesse em experimentar.

Figura 3: Intenção de consumo



Fonte: elaborações dos autores (2021).

Figura 4: Intenção de compra



Fonte: elaboração dos autores (2021).

O dado revelado na pesquisa sobre o fato de o cogumelo não ser um alimento inserido no cotidiano das pessoas está em conformidade com as informações fornecidas pela Associação Nacional de Produtores de Cogumelos (ANTP), a qual relata que o Brasil não faz parte do grupo dos países que mais ingerem esse tipo de alimento, com um consumo per capita de 160 g por ano.

No entanto, os produtos à base de plantas e vegetais se tornaram uma tendência devido ao desejo de uma alimentação mais saudável e à busca por um estilo de vida mais natural (FOOD CONNECTION, 2019). Essa condição abre espaço para inovações e a geração de novas oportunidades na indústria de alimentos, o que propicia a inserção da “linguiça” *plant-based* à base de cogumelos e proteína de soja texturizada no mercado.

Proposta de formulação

Para formular o produto à base de mix de cogumelos e proteína texturizada de soja foi proposta a utilização dos seguintes ingredientes e suas respectivas proporções (Tabela 1):

Tabela1: Formulação do alimento à base de mix de cogumelos e proteína texturizada de soja

Ingredientes	Quantidade (%)
Cogumelos frescos	50,0
Proteína de soja texturizada	20,0
Aveia	15,0
Água	10,0
Levedura	1,85
Sal	1,00
Páprica defumada	0,55
Cebola	0,30
Alho	0,30
Salsa	0,30
Orégano	0,25
Goma xantana	0,20
Pimenta calabresa	0,15
Acidulante ácido cítrico	0,10

Fonte: elaboração dos autores (2021).

O mix de cogumelos é o principal ingrediente do produto, uma vez que é utilizado em muitas preparações de alimentos *plant-based*, como o hambúrguer de okara com shiitake elaborado por Paula *et al.* (2019). Os cogumelos Shiitake (*Lentinula edodes*), Shimeji (*Pleurotus ostreatus*) e Paris (*Agaricus bisporus*) foram selecionados para elaborar o alimento em questão, pois são as

espécies mais cultivadas no Brasil (FURLANI, 2007). Ademais, a mistura de diferentes espécies traz diferentes texturas no produto.

A proteína de soja texturizada surgiu como uma alternativa na substituição da proteína animal, uma vez que a textura deste alimento se assemelha às fibras musculares da carne (MILANI, 2008).

A farinha de aveia apresenta um importante papel na formulação da linguiça, uma vez que atua na retenção do excesso de umidade e melhora o rendimento após a cocção, como relatado por Seabra (2002, apud RODRIGUES, 2012) ao utilizar este ingrediente para substituir gordura na formulação de hambúrguer de carne ovina. Segundo a ANVISA (2019), a aveia é um alimento funcional por apresentar beta glucana, uma fibra alimentar que auxilia na redução do colesterol.

O extrato de levedura foi utilizado na formulação da linguiça *plant-based* por possuir notas específicas de carne e de alimentos grelhados, remetendo às características sensoriais de uma linguiça tipo calabresa de origem animal, podendo ser consumido por veganos e vegetarianos por não derivar de origem animal, além de mascarar notas de ingredientes indesejáveis, como o residual da proteína texturizada de soja. Além disso, segundo Revillion et al (2000), os extratos de leveduras atuam como realçadores de sabor, contribuindo também para a redução de sódio nos produtos, uma vez que podem atuar como substituto do glutamato monossódico. A páprica picante defumada em pó foi utilizada com o objetivo de agregar coloração avermelhada ao produto, além de ser usada como flavorizante, dando-lhe sabores picante e defumado (PAULI-YAMADA *et al.*, 2021), características de linguiças do tipo calabresa.

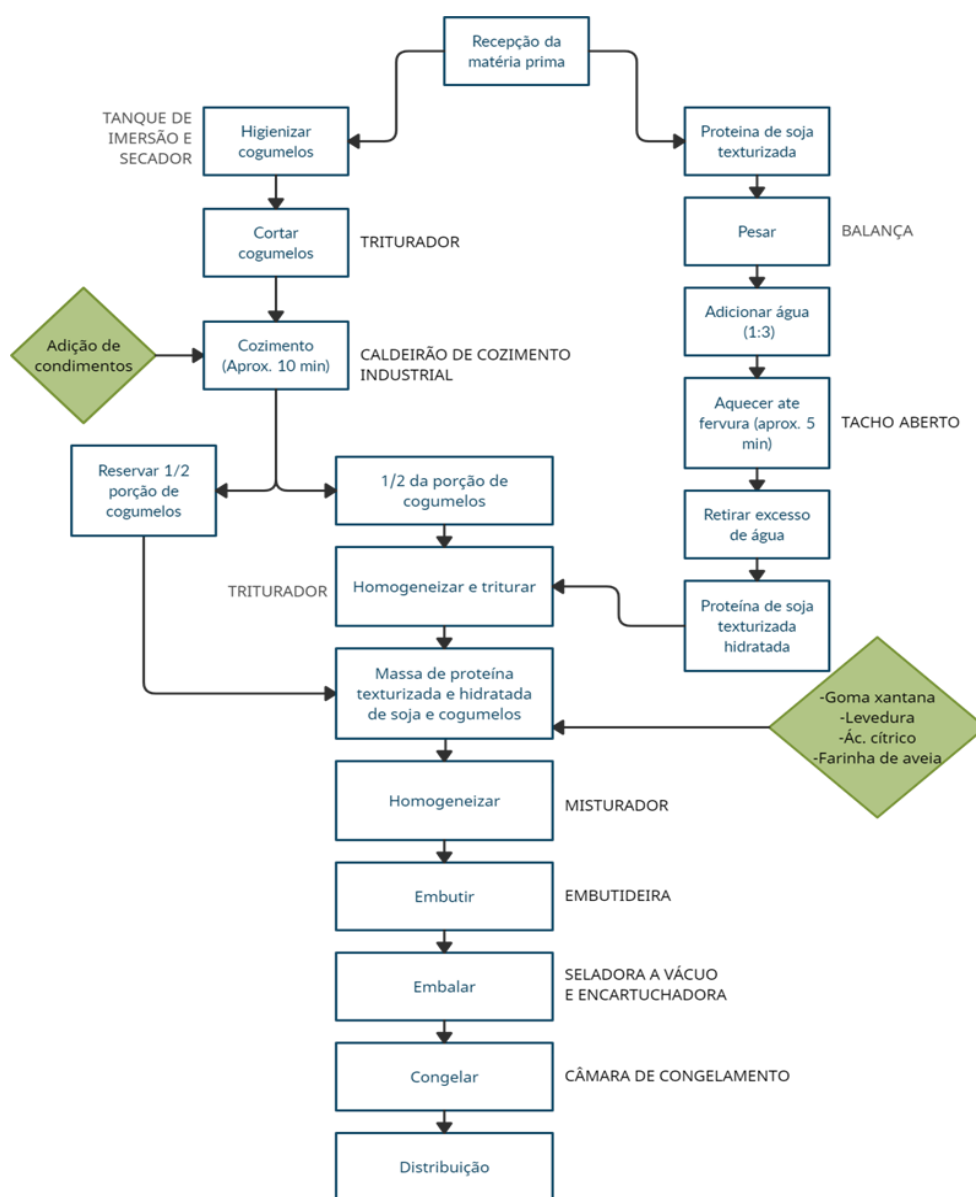
A goma xantana atua como espessante, apresentando alta viscosidade em baixas concentrações, além de ser estável a uma ampla faixa de pH e de temperatura (LUVIELMO et al., 2009). Na pesquisa elaborada por Henry et al. (2012), a goma xantana foi utilizada como substituto de gordura e sal na produção de linguiça suína e teve como resultado o aumento da umidade do produto, proporcionando um melhor rendimento industrial. O ácido cítrico é utilizado como acidulante e antioxidante, além de atuar na manutenção da coloração e do aroma no alimento (FREIBERGER, 2016). O restante dos ingredientes (salsa, alho, cebola e orégano) foram utilizados com o objetivo de agregar sabor ao produto e todos foram utilizados na sua forma desidrata ou em pó, a fim de facilitar a produção, descartando as etapas de

higienização destes ingredientes caso fossem utilizados in natura. Para realçar e dar sabor à linguiça foi adicionado sal.

Proposta de fluxograma

Para obtenção do alimento à base de mix de cogumelos e proteína texturizada de soja (PTS) foi seguido o fluxograma representado na Figura 5.

Figura 5: Fluxograma de processamento do alimento à base de mix de cogumelos e proteína texturizada de soja



Fonte: elaboração dos autores (2021).

A recepção das matérias-primas é a primeira etapa do processo, sendo necessário se certificar de que elas chegaram em perfeito estado e com a qualidade esperada. Os cogumelos precisam estar frescos, com uma boa aparência e com odor característico. Em seguida, eles passam pelo processo de lavagem, realizado em um tanque de imersão com solução de água clorada ou de água oxigenada, que tem como objetivo retirar todas as impurezas neles contidas (terra, pedra, material vegetal estranho) e reduzir a carga microbiana. (SAPATA, 2016)

A secagem dos cogumelos é feita com a utilização de um secador, o qual atua sobre a pressão atmosférica e mantendo temperaturas entre 45°C a 65°C (SAPATA, 2016). Foi escolhido o secador de bandejas, pois nele é possível controlar o tempo e a temperatura em que os cogumelos ficarão expostos, além de ser um equipamento que permite secar uma ampla variedade de produtos utilizados para produções em pequena escala (1 a 20T/dia). Vale ressaltar que os cogumelos não devem ficar desidratados; o processo de secagem é utilizado apenas para retirar o excesso de água da lavagem.

Depois de secos, os cogumelos serão cortados em pedaços menores por um triturador e levados ao cozimento juntamente com cebola, alho, salsa, páprica picante, orégano, pimenta calabresa e sal em um caldeirão de cozimento industrial. O processo de trituração e cozimento é feito em batelada. Após a trituração dos cogumelos, eles serão destinados ao caldeirão. Após o cozimento, deve-se dividir a massa em duas porções: uma será reservada e a outra destinada ao processamento juntamente com a proteína de soja texturizada já hidratada.

Ao receber a proteína de soja texturizada proveniente da indústria, deve-se pesar em uma balança industrial a quantidade necessária desta matéria-prima para o processamento da linguiça e hidratá-la.

No mesmo triturador utilizado para picar os cogumelos, é preciso adicionar a PTS hidratada e metade dos cogumelos até formar uma massa, a qual, juntamente com a outra metade dos cogumelos, serão transferidas para um misturador específico para massa de linguiça, onde serão adicionados a goma xantana, o ácido cítrico, a levedura e a farinha de aveia, de modo que todos esses componentes serão homogeneizados. Após a mistura, a massa da linguiça deverá seguir para a embutidora, onde será envasada em tripas vegetais.

Após o envase, as linguças seguirão para a seladora a vácuo e depois para a encartuchadeira, onde serão inseridas em caixas. Uma vez embaladas, serão mantidas em câmara de congelamento a -18°C.

Considerações finais

O presente trabalho atingiu o objetivo proposto e pode-se concluir que o alimento à base de uma mistura de cogumelos e PTS é uma alternativa à alimentação vegetariana e flexitariana para pessoas que desejam consumir fontes de proteína com sabor aproximado de carne. Compreendeu-se a problemática do desenvolvimento de produtos que atendam a este público-alvo, levando em consideração que ele está em crescimento no âmbito atual da sociedade. O estudo também constatou que, mesmo sem poder fazer os testes experimentais, o produto em questão teria um potencial para uma aceitação positiva dos consumidores a partir da pesquisa de mercado realizada. Ademais, o desenvolvimento de um produto *plant based* que não possui uma legislação própria se mostrou um desafio quanto às consultas de referência para que seja respeitada a legislação vigente.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DOS PRODUTORES DE COGUMELOS. Cogumelos. Disponível em: <https://www.anpccogumelos.org/cogumelos>. Acesso em: 7 mar. 2021.
- ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Alegações de propriedade funcional aprovada**. 2019. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/alegacoes-de-propriedade-funcional-aprovadas_anvisa.pdf. Acesso em: 2 abr. 2021.
- BRASIL FOOD TRENDS. **As tendências da alimentação**. 2020. Disponível em: <https://alimentosprocessados.com.br/arquivos/Consumo-tendencias-e-inovacoes/Brasil-Food-Trends-2020.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2021.
- CONAB. **Colheita de soja tem início e produção deve atingir 133,7 milhões de toneladas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3788-colheita-de-soja-tem-inicio-e-producao-deve-atingir-133-7-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 1 abr. 2021.
- FALCÃO, Heloisa Gabriel. **Desenvolvimento e caracterização de hambúrgueres de carne bovina com adição de farinha de okara**. 88f. Mestrado em Tecnologia de Alimentos – Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica do Paraná, Londrina, 2013. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/620/1/LD_PPGTAL_M_Falc%C3%A3o%20Heloisa%20Gabriel_2013.pdf. Acesso em: 1 abr. 2021.
- FOOD CONNECTION. **Cresce busca por alimentos plant based**. Disponível em:

<https://www.foodconnection.com.br/tecnologia/cresce-busca-por-alimentos-plant-based>.

Acesso em: 6 fev. 2021.

FREIBERGER, Ramona Cristina do Prado. **Utilização de ácidos orgânicos como conservantes em linguças curadas cozidas embaladas à vácuo**. 77f. Mestrado em Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/167792/341386.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 abr. 2021

FURLANI, Regina Prado Zanes; GODOY, Helena Teixeira. **Valor nutricional de cogumelos comestíveis**. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v27n1/26.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2021.

GOMES, Cecília Siman. **Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais**. 2019. Disponível em:

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/caderleste/article/view/13160/10396>. Acesso em: 7 mar. 2021.

HENRY, Fábio da Silva et al. **Elaboração de linguça suína com baixo teor de gordura e sódio**. 2012. Disponível em:

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vti-2294>. Acesso em: 11 abr. 2021.

LUVIELMO, Márcia de Mello et al. **Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação**. 2009. Disponível em:

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:K0uHPI5T-2YJ:revistas.unisinos.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/view/4964/2210+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 11 abr. 2021.

MILANI, Talita Maira Goss. **Adição pré-extrusão de tiamina como precursor de odor e sabor de carne em proteína texturizada de soja: do desenvolvimento à aplicação**. 177 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciência dos Alimentos, Unesp, São José do Rio Preto, 2018. Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/154220/milani_tm_g_dr_sjrp_int.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Acesso em: 26 fev. 2023.

PAULA, Gleiciane Teixeira et al. **Desenvolvimento de uma formulação do “tipo hambúrguer” de okara com shiitake**. 2019. Disponível em:

<https://sagaweb.unisuam.edu.br/index.php/semioses/article/view/186/101>. Acesso em: 18 abr. 2021.

PAULI-YAMADA, Laís Fernanda de et al. **Estudo microscópico de páprica (Capsicum annum L.): detecção de fraudes e matérias estranhas**. 2021. Disponível em:

<https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/1431/1241>.

Acesso em: 10 abr. 2021.

RÉVILLION, Jean P. et al. Produção de extratos de leveduras de uso alimentar a partir do soro de queijo: abordagem de elementos técnicos e mercadológicos relevantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S.L.], v. 20, n. 2, p. 1-12, ago. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20612000000200020>. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/19328/000284670.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 26 fev. 2023.

RODRIGUES, Janmile Bonfim. **Processamento de hambúrguer de carne ovina adicionado com diferentes tipos de castanhas**. 63 f Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2012. Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/ppgecal/wp-content/uploads/2017/04/JANMILE-BONFIM.pdf>.

Acesso em: 28 ago. 2022.

Hambúrguer de frango com teor de sódio reduzido

Chicken patty development with reduced sodium content

Engenharia de Alimentos

Paula Beatriz Peracini Dogani do Vale

(paula.valle2@etec.sp.gov.br)

Mestre em Meio Ambiente e Biodiversidade pelo Instituto de Botânica do Estado de São Paulo e professora da Etec Sapopemba

Raphael Augusto Ramos

(raphael.ramos8@etec.sp.gov.br)

Especialista desenvolvimento de produtos alimentícios pelo Instituto Mauá de Tecnologia e professor da ETEC Sapopemba.

Kemellyn Azevedo Alves da Silva

(kemellyn2002@gmail.com)

Tecnóloga em Radiologia pela Uninove.

Lucas de Carvalho Martins

(lukkasmartins@gmail.com)

Graduando em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal do ABC

Matheus Alves de Albuquerque

(matheuspm2605@gmail.com)

Técnico em Alimentos pela ETEC Sapopemba.

Mikaelli de Sousa Amâncio

(amanciomikaelli@outlook.com)

Graduanda em Ciência e Tecnologia e Engenharia Biomédica pela Universidade Federal do ABC

Vitória Rodrigues da Araújo

(virodriguesw@gmail.com)

Graduanda em Biomedicina pela Universidade Cidade de São Paulo

FTT Journal of Engineering and Business

- SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP DEZ. 2022
- ISSN 2525-8729

Submissão: 23 nov.2021 Aceitação: 14 dez.2022

Sistema de avaliação: às cegas duplas (double blind review)

FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA, p. 34-46

FTT JOURNAL
of Engineering and Business



**FACULDADE
ENGENHEIRO
SALVADOR ARENA**

Resumo

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um hambúrguer de frango com reduzido teor de sódio, substituindo parte do cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl) e retirando totalmente o glutamato monossódico e o eritorbato de sódio para adição do extrato de levedura. Foram avaliadas uma formulação padrão e outra como teste, sendo elas investigadas quanto a sua quantidade teórica de sódio, perdas de massa durante o cozimento, ocorrência de diferenças significativas por teste discriminativo triangular e aceitação sensorial para os atributos sabor e textura. A formulação teste, elaborada com cloreto de sódio (0,7%), cloreto de potássio (1,3%) e extrato de levedura (0,3%) apresentou uma redução de 52,7% na quantidade de sódio de acordo com os cálculos teóricos. Menores perdas por unidade foram identificadas na formulação padrão (11,1%) quando comparada com a equivalente de teste (15,7%). Apesar de serem considerados produtos diferentes pelo teste sensorial discriminativo, ambos apresentaram semelhantes graus de aceitabilidade para os atributos sabor e textura, sendo muito e moderadamente aceitos respectivamente.

Palavras-chave: Hambúrguer. Redução de sódio. Cloreto de potássio. Extrato de levedura.

Abstract

This study has the objective to develop a chicken patty with less sodium content, replacing part of sodium chloride (NaCl) with potassium chloride (KCl), removing monosodium glutamate and sodium erythorbate to add yeast extract. One control formulation and one test formulation have been developed to be investigated by their theoretic sodium content, weight losses, significative differences using triangle discrimination test, and sensorial acceptance for flavor and texture attributes. The test formulation produced with sodium chloride (0,7%), potassium chloride (1,3%) and yeast extract (0,3%) presented 52,7% sodium content reduction according to the theoretic calculations. The control formulation showed lesser weight losses during the cooking process (11,1%) when compared with the test formulation (15,7%). Although both products have been considered different by the results of discriminative tests, similar acceptability grades were found for flavor and texture attributes equivalent to much and moderate acceptances.

Keywords: Hamburger patties. Sodium reduction. Potassium chloride. Yeast Extract.

Introdução

Entre as cadeias produtivas do agronegócio brasileiro, a carne de frango representa um dos maiores avanços tecnológicos dos últimos tempos (VEGRO; ROCHA, 2007). Segundo Campos (2016), a elevação dos preços da carne bovina fez com que o consumo de carne de aves aumentasse, tornando o Brasil um dos seus maiores produtores. Até o mês de abril de 2019, foram produzidas cerca 13,7 milhões de toneladas do produto, das quais aproximadamente 72,1% foram destinadas ao consumo interno (USDA, 2020).

O hambúrguer pode ser industrializado adicionando-se, ou não, em sua produção, tecido adiposo e outros ingredientes, desde que seja moldado e submetido a processo tecnológico adequado (BRASIL, 2000). Seu consumo é impulsionado pelo aumento da demanda por produtos congelados, classe de alimentos que atrai os mais jovens e também os moradores de grandes centros urbanos, que buscam um alimento nutritivo, saboroso, mas também acessível e de fácil preparo (NASCIMENTO; OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2005; PAULA *et al.*, 2019).

Problemas com a qualidade nutricional do hambúrguer estão relacionados com os elevados teores de gordura e sódio. Aproximadamente 90% do sódio encontrado no corpo humano é oriundo dos alimentos, sendo os hambúrgueres e outros produtos cárneos responsáveis por 20% a 30% dessa quantidade (RUUSUNEN; PUOLANNE, 2005; KAMENÍK, *et al.* 2017). O sal de cozinha, ou cloreto de sódio, que está presente em grande parte das formulações, é a principal fonte de sódio, porém outros ingredientes e aditivos também contribuem para o aumento desse mineral (KAMENÍK, *et al.* 2017).

A ingestão excessiva de sódio é prejudicial à saúde humana. Considerando que o consumo mundial esteja acima do recomendado, devemos reduzir sua concentração nos alimentos visando contribuir para a redução das taxas de hipertensão e de doenças cardiovasculares (EZZATI *et al.*, 2002; NEWSON *et al.*, 2013). Em 2017, o Ministério da Saúde, junto com algumas empresas alimentícias, propôs a redução do sódio em produtos industrializados para solucionar ou, ao menos, reduzir esse problema (BRASIL, 2017).

Do ponto de vista tecnológico, o cloreto de sódio é responsável pela solubilização das proteínas miofibrilares, onde os íons de cloro atuam para aumentar a carga negativa dos polipeptídios, afastando o pH do ponto isoelétrico, aumentando a repulsão entre eles e conseqüentemente melhorando sua capacidade de retenção de água (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006). Não

interferindo no equilíbrio eletrolítico, a substituição do cloreto de sódio por cloreto de potássio tem se mostrado uma das alternativas para a redução de sódio; entretanto, em maiores proporções, pode conferir sabor amargo e adstringente para os produtos (LEMOS, 2008; IGNÁCIO, et al. 2013).

Os extratos de células de levedura são utilizados desde a década de 1940 nos países industrializados. É um aditivo natural que atua como realçador de sabor e pode substituir o glutamato monossódico por ser reconhecido como uma fonte rica de compostos que representam o gosto umami. Sua obtenção pode ocorrer por processos autolíticos, plasmolíticos ou físico-químicos. No Brasil, a principal matéria-prima das empresas produtoras de extrato de levedura é o resíduo resultante das indústrias de cerveja (RÉVILLION; BRANDELLI; AYUB, 2000; ALIM, et al. 2019).

Diante do contexto apresentado, objetivou-se elaborar um hambúrguer de frango com redução parcial de cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl) com incorporação do extrato de levedura para a substituição do glutamato monossódico e do eritorbato de sódio. Além disso, pretendeu-se também avaliar o hambúrguer por meio da determinação teórica do teor de sódio, com perda de massa pelo cozimento durante a cocção e por testes sensoriais discriminativos e afetivos.

Materials e métodos

Elaboração dos hambúrgueres

A elaboração do hambúrguer foi iniciada pela preparação da carne de frango, com a remoção do tecido conjuntivo e moagem em disco de 6 mm. Na sequência, a carne moída e todos os ingredientes foram submetidos à pesagem, seguindo as formulações apresentadas na Tabela 1, para obtenção de 1,5 kg de massa de hambúrguer. A formulação padrão foi elaborada a partir das concentrações recomendadas para cada constituinte de acordo com Lemos (2008). Na formulação teste, o glutamato monossódico e o eritorbato de sódio foram totalmente removidos, enquanto o cloreto de sódio teve sua proporção reduzida para 0,7%. Em contrapartida, foram utilizados 1,3% de cloreto de potássio e 0,3% de extrato de levedura.

Tabela 1 – Formulações do hambúrguer padrão e teste (%).

Ingredientes	Padrão (%)	Teste (%)
Carne de aves	65,7	65,7
Água gelada	14,3	14,3
Banha suína processada	15,0	15,0
Cloreto de sódio	2,0	0,7
Cloreto de potássio	0,0	1,3
Tripolifosfato de sódio	0,3	0,3
Cebola	0,4	0,4
Alho	0,3	0,3
Aroma de fumaça	0,2	0,2
Pimenta do reino preta	0,1	0,1
Proteína isolada de soja	0,4	0,4
Fécula de mandioca	1,0	1,0
Eritorbato de sódio	0,2	0,0
Glutamato monossódico	0,1	0,0
Extrato de levedura	0,0	0,3

Fonte: elaboração dos autores (2022).

Uma pré-mistura manual foi elaborada a partir da carne de frango e da banha suína processada, para então receber o cloreto de sódio e o tripolifosfato de sódio previamente diluído em água gelada. A mistura manual prosseguiu com a adição dos demais ingredientes e perdurou por 5 minutos, tempo necessário para alcançar uma massa homogênea e coesa sem ultrapassar 10 °C, temperatura acompanhada com o auxílio de um termômetro digital durante todo o processo. Esta massa foi dividida em porções de 70 g, colocada em embalagens plásticas individuais de polietileno de alta densidade e moldadas por meio de uma hamburgueira plástica de acionamento manual com 11 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura. Os hambúrgueres modelados e embalados foram acondicionados em freezer sob uma temperatura igual ou inferior a -12 °C.

Todos os insumos foram adquiridos em comércio atacadista no município de São Paulo, com exceção do cloreto de potássio e do extrato de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*), que foram fornecidos pela empresa Globalfood.

Determinação teórica da quantidade de sódio

Para a determinação da quantidade teórica de sódio nas formulações, foi necessário obter a fórmula molecular de cada um dos ingredientes que continham sódio. Nesta relação podemos citar: cloreto de sódio, tripolifosfato de sódio, eritorbato de sódio e glutamato monossódico. Somente o extrato de levedura não foi pesquisado, porque os dados de sódio foram informados pela empresa fornecedora. Para a carne de frango, de acordo com a Unicamp (2011), foi considerado um teor de sódio de aproximadamente 0,1%.

Tabela 2 – Fórmula molecular, massa molecular em gramas, massa de sódio em gramas e porcentagem de sódio para cada um dos ingredientes utilizados na formulação

Ingredientes	Fórmula molecular	Massa molecular (g)	Massa de sódio (g)	Sódio (%)
Cloreto de sódio	NaCl	58,4	22,9	39,3
Tripolifosfato de sódio	Na ₅ P ₃ O ₁₀	367,8	114,95	31,2
Eritorbato de sódio	C ₆ H ₇ NaO ₆	198,1	22,9	11,6
Glutamato de sódio	C ₅ H ₈ NO ₄ Na	169,1	22,9	13,6
Extrato de levedura	-	-	-	20,0
Carne de frango	-	-	-	0,1

Fonte: elaboração dos autores (2022).

A partir dessa etapa, com o auxílio de uma tabela periódica dos elementos, foi coletada a massa molecular de cada elemento químico para então se obter a massa de cada composto. Com esses dados, foi possível determinar a porcentagem de sódio de cada componente utilizando a Equação 1. Os dados de referência e as porcentagens de sódio obtidas podem ser conferidos na Tabela 2.

$$\% \text{ sódio}_{\text{ingrediente}} = \frac{\text{massa}_{\text{sódio}} \times 100}{\text{massa}_{\text{molecular}}} \quad (1)$$

Uma vez conhecidas as porcentagens de sódio para cada ingrediente, foi possível descobrir a quantidade desse elemento em cada formulação. A Equação 2 foi utilizada para determinar o quanto de sódio cada ingrediente incorporou na formulação, incluindo a carne de frango. Os resultados foram somados para se estabelecer a massa total de sódio das formulações, que foram submetidos à Equação 3 para serem expressos em gramas de sódio para cada 100 gramas de hambúrguer.

$$massa_{\text{ sódio incorporado}} = \frac{massa_{\text{ ingrediente formulação}} \times \% \text{ sódio}_{\text{ ingrediente}}}{100} \quad (2)$$

$$massa_{\text{ sódio g/100g}} = \frac{massa_{\text{ sódio formulação}} \times 100}{massa_{\text{ formulação}}} \quad (3)$$

Para comparar os teores de sódio de cada formulação foi calculada a porcentagem de redução de sódio com base na Equação 4.

$$\% \text{ redução} = \frac{(Concentração_{\text{ sódio}_{\text{Padrão}}} - Concentração_{\text{ sódio}_{\text{Teste}}})}{Concentração_{\text{ sódio}_{\text{Padrão}}}} \times 100 \quad (4)$$

Perda de massa pelo cozimento

Para cada teste, dez amostras foram coletadas e então pesadas com o auxílio de balança semi-analítica. Individualmente, os hambúrgueres foram colocados em uma sanduicheira onde foram aquecidos por 4 minutos de cada lado. Após o cozimento, as amostras foram novamente pesadas, tendo seus valores anotados e tratados de acordo com a Equação 5.

$$\% \text{ perda de massa pelo cozimento} = \frac{(Massa_{\text{ crua}} - Massa_{\text{ cozida}})}{Massa_{\text{ crua}}} \times 100 \quad (5)$$

Os resultados foram avaliados de acordo com a análise de variância (ANOVA) com auxílio do software Microsoft Office Excel 365.

Análises sensoriais

Preparação das amostras

Os hambúrgueres foram colocados em uma sanduicheira onde foram aquecidos por 4 minutos de cada lado. A temperatura interna de cada peça foi verificada com termômetro digital e deveria estar acima dos 73°C para garantir a segurança de consumo. Em seguida, as amostras foram cortadas em quadrados semelhantes e então encaminhadas para a manutenção de sua temperatura em banho termostático regulado para 80 °C.

Teste triangular

O teste triangular foi realizado entre as formulações padrão e teste. Esse experimento foi conduzido nos laboratórios de processamento de alimentos da ETEC de Sapopemba. O perfil dos provadores que participaram da análise sensorial do hambúrguer de frango foi composto por um total de 100 provadores não treinados, dentre eles, funcionários e alunos dos cursos técnicos modulares do período noturno, independente de gênero, e todos maiores que 16 anos. Todos os julgadores se declararam consumidores de hambúrguer.

Figura 1 – Ficha utilizada para realização do teste triangular.

Nome: _____ Data: ___ / ___ / ___ Provador N°: _____
Você está recebendo três amostras codificadas de hambúrguer de frango. Duas amostras são iguais e somente uma é diferente. Prove as amostras da esquerda para direita e assinale o código da amostra diferente:

Obrigado!

Fonte: elaboração dos autores (2022).

Respeitando a ficha apresentada na Figura 1, foram distribuídas três amostras codificadas, sendo duas delas iguais e uma diferente. Após a degustação, os provadores deveriam identificar a amostra diferente. Os resultados foram contabilizados e analisados de acordo com a tabela de número mínimo de respostas corretas necessárias para o estabelecimento de diferença significativa entre as amostras, contida em Dutcosky (2011). Neste caso, para cada grupo de 100 provadores se faz

necessário um número mínimo de 42 acertos para que se estabeleça diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$).

Teste de aceitação

O teste de aceitação das amostras foi realizado no laboratório de processamento de alimentos da ETEC de Sapopemba, utilizando um total de 100 provadores não treinados, dentre eles funcionários e alunos dos cursos técnicos modulares do período noturno, independente de gênero, e todos maiores que 16 anos. Todos os julgadores se declararam consumidores de hambúrguer. Cada amostra foi testada individualmente com um intervalo de uma semana.

Conforme ficha apresentada na Figura 2, foi empregada a escala hedônica de 9 pontos para avaliar os atributos sabor e textura. Todos os dados foram tratados com análise de variância (ANOVA) para se verificar a existência de diferença significativa entre as amostras.

Figura 2 – Ficha utilizada para a realização do teste de aceitação.

Nome: _____	Data: ___ / ___ / ___	Provador N°: _____
Você está recebendo uma amostra codificada de hambúrguer de frango. Prove a amostra e utilizando a escala abaixo de uma nota baseada no quanto gostou deste produto:		
9 – Gostei extremamente		
8 – Gostei muito		
7 – Gostei moderadamente		
6 – Gostei um pouco		
5 – Nem gostei, nem desgostei		
4 – Desgostei um pouco		
3 – Desgostei moderadamente		
2 – Desgostei muito		
1 – Desgostei extremamente		
AMOSTRA CÓD.: _____		
NOTA SABOR: _____		
NOTA TEXTURA: _____		
Observações: _____ _____		
Obrigado!		

Fonte: elaboração dos autores (2022).

Resultados e discussões

Determinação teórica da quantidade de sódio

Após os cálculos descritos na metodologia utilizada, as concentrações teóricas de sódio (g/100g) de cada formulação estão representadas na Tabela 3. Multiplicando esses valores por mil, também foi possível demonstrar os dados em miligramas, levando-se em consideração que o regulamento técnico de rotulagem nutricional de alimentos embalados preconiza o uso dessa unidade de medida como padrão (BRASIL, 2003).

A amostra teste apresentou 52,7% menos sódio, indicando uma menor quantidade quando comparada com a amostra padrão.

Tabela 3 – Concentrações de sódio em g/100g, mg/100g e porcentagem de redução de sódio para as formulações padrão e teste.

Formulação	Concentração de Na (g/100g)	Concentração de Na (mg/100g)	Redução de sódio (%)
Padrão	0,96	956	-
Teste	0,45	452	52,7

Fonte: elaboração dos autores (2022).

Perda de massa pelo cozimento

Os valores médios da porcentagem de perda de massa pelo cozimento estão apresentados na Tabela 4. Houve diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$) para este parâmetro, sendo a amostra teste aquela que perdeu maior quantidade de massa durante o cozimento.

Tabela 4 – Valores médios obtidos em % para massa perdida durante o cozimento para as formulações

Padrão (%)	Teste (%)
$11,1 \pm 2,8^a$	$15,7 \pm 1,9^b$

Fonte: elaboração dos autores (2022).

Quando a água e o cloreto de sódio são adicionados à massa cárnea, provocam a solubilização das proteínas miofibrilares, aumentando a capacidade de retenção de água e seu potencial para construir (gerar) uma emulsão estável (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006). Na formulação teste, com menor quantidade de cloreto de sódio, foi observada maior perda de massa pelo cozimento, que pode ser justificado por uma emulsão fraca com menores retenções de água e gordura do produto.

Análises sensoriais

No teste triangular, 50 respostas corretas foram obtidas, quantidade suficiente para estabelecer diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras padrão e teste. Isso significa que os provadores foram capazes de notar diferença entre as formulações com diferentes teores de sódio.

Entretanto, analisando o grau de aceitação, não encontramos diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras para os atributos textura e sabor. As médias obtidas estão apresentadas na Tabela 5, demonstrando que os provadores gostaram muito do sabor e moderadamente da textura de ambas as amostras.

Tabela 5 - Médias de aceitação obtidas para o atributo sabor e textura para as formulações Padrão e Teste.

Atributo	Padrão	Teste
Sabor	8,1 ^a	8,0 ^a
Textura	7,6 ^a	7,6 ^a

Fonte: elaboração dos autores (2022).

Lemos (2008) afirma que o íon sódio do cloreto de sódio é capaz de realçar o sabor dos alimentos sem atribuir gosto excessivamente salgado em concentrações de até 2% e, além da perda de sabor, segundo Ignácio *et al* (2013), a substituição do íon sódio pelo íon potássio pode provocar a percepção de gostos amargos e adstringentes. Na amostra teste elaborada por este trabalho, mesmo com a substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio, a aceitabilidade

do parâmetro sabor não apresentou diferença significativa quando comparada com a amostra padrão em sódio.

Uma vez que o cloreto de sódio, como já citado anteriormente, beneficia a capacidade de emulsão do produto e conseqüentemente a ligação de água e gordura, era esperado que na amostra teste ocorresse alteração significativa na sua aceitabilidade (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006). Entretanto, para esses produtos, tal fenômeno não foi observado.

Considerações finais

A formulação de hambúrguer de frango Teste, contendo extrato de levedura, 0,7% de cloreto de sódio e 1,3% de cloreto de potássio apresentou uma redução de 52,7% na quantidade de sódio segundo determinação teórica. Apesar de ter sido identificada como um produto diferente da formulação Padrão nos testes sensoriais discriminativos, a amostra teste não apresentou diferenças significativas quanto ao seu grau de aceitação, tanto no sabor quanto na textura, sendo estes atributos respectivamente muito e moderadamente aceitos. Portanto, do ponto de vista sensorial, considerando o sabor e a textura, a estratégia de substituição parcial do cloreto de sódio por cloreto de potássio e extrato de levedura se demonstrou viável. Entretanto, como consequência dessas alterações, houve também uma maior perda de massa pelo cozimento que poderia implicar em perdas de rendimento e um produto de menor proporção após cozido.

Referências

- ALIM, A.; YANG, C.; SONG, H.; ZOU, T.; ZHANG, Y.; ZHANG, S. The behavior of umami components in thermally treated yeast extract. **Food Research International**, v. 120, 534-543 p., 2019.
- BRASIL. CAISAN – Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. Ministério da Saúde monitora a redução de sódio em alimentos processados. 2017. Disponível em: <<http://mds.gov.br/caisan-mds/noticias/2017/setembro/ministerio-da-saude-monitora-a-reducao-do-sodio-em-alimentos-processados>>. Acesso em: 09 set. 2019.
- BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 360 de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0360_23_12_2003.pdf/5d4fc713-9c66-4512-b3c1-afee57e7d9bc>. Acesso em: 28 nov. 2019.
- BRASIL. ANVISA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA n. 20, de 31 de julho de 2000. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hambúrguer, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto**. Disponível em: <

<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=03/08/2000&jornal=1&pagina=55&totalArquivos=88>>. Acesso em: 28 nov. 2019.

CAMPOS, A. **Monitor**: a indústria do frango no Brasil. São Paulo, n. 2, jun. 2016.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champgnat, 2011.

EZZATI, M; LOPEZ, A.D; RODRIGUES, A.; VANDER, S.V.; MURRAY C.J.L. Selected major risk and global and regional burden of disease. **The Lancet**, v. 360, n. 2, 1347-1360 p., 2002.

IGNÁCIO, A.K.F.; RODRIGUES, J.T.D.; NIIZU, P.Y.; CHANG, Y.K.; STEEL, C.J. Efeito da substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio em pão francês. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 1, p. 1-11, 2013.

KAMENÍK, J.; SALÁKOVÁ, A.; VYSKOČILOVÁ, V.; PECHOVÁ, A.; HARUŠTIAKOVÁ, D. Salt, sodium chloride or sodium? Content and relationship with chemical, instrumental and sensory attributes in cooked meat products. **Meat Science**, v. 131, 196-202 p., 2017.

LEMOS, A.L.S.C. Ingredientes e aditivos no processamento de embutidos cárneos. In: LEMOS, A.L.S.C.; YAMADA, E.A.; HAGUIWARA, M.M.H. **Processamento de embutidos cárneos**. Campinas: ITAL, 2008.

DO-NASCIMENTO, M. da G.F.; DE-OLIVEIRA, C.Z.F.; DO-NASCIMENTO, E.R. Hambúrguer: evolução comercial e padrões microbiológicos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. v. 23. n. 1. 59-74 p., 2005.

NEWSON, R.S.; ELMADFA, I.; BIRO, G.; CHENG Y.; PRAKASH, V.; RUST, P.R.; BARNA, M.; LION, R.; MEIJER, G.W.; NEUFINGERL, N.; SZABOLCS, I.; ZWEDEN, R.; YANG, Y.; FEUNEKES, G. I. J. Barriers for progress in salt reduction in the general population, an international study. **Appetite**, v. 71, n. 1, 22-31 p., 2013.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Emulsões cárneas. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Editora Varela, 2006.

Modelo preditivo do desempenho acadêmico: um estudo para a disciplina de cálculo diferencial e integral para Engenharias

Predictive model of academic performance for the discipline of Differential and Integral Calculus for Engineering

Engenharia de Computação

Diogo Martins Gonçalves de Moraes (pro7113@cefsa.edu.br)
Doutor em Administração pela Universidade Municipal de São Caetano do Sul e professor da Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Heloisa Rades de Sousa (061210035@faculdade.cefsa.edu.br)
Graduanda em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Vinícius Benevides da Silva (081210030@faculdade.cefsa.edu.br)
Graduando em Engenharia de Computação pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

FTT Journal of Engineering and Business

- SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP DEZ. 2022
- ISSN 2525-8729

Submissão: 01 jun. 2022 Aceitação: 14 dez.2022

Sistema de avaliação: às cegas dupla (double blind review)

FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA, p. 47-68

FTT JOURNAL
of Engineering and Business



Resumo

O presente estudo propõe um sistema computacional (modelo preditivo) capaz de prever o desempenho escolar dos estudantes das áreas de engenharia nas disciplinas de Cálculo, a partir da análise do desempenho escolar obtido em anos anteriores pelos estudantes na educação básica, além de incluir o perfil socioeconômico desses estudantes. Para tanto, foi utilizada uma abordagem quantitativa em nível explicativo, pois o estudo investigou o grau de associação existente entre o perfil dos estudantes ingressantes de dois cursos de engenharia distintos e o rendimento constatado em suas notas do primeiro bimestre de 2022; ademais, com o uso do Algoritmo Genético, escrito em linguagem Python, foi elaborado um modelo preditivo desse rendimento. Além de oferecer uma ferramenta estratégica para os gestores educacionais, no que se refere à elaboração de propostas para o nivelamento dos estudantes ingressantes, o resultado desta pesquisa pretende auxiliar o corpo docente no acompanhamento pedagógico de suas turmas. Concluiu-se nesse estudo que o modelo preditivo é viável e conseguiu prever com sucesso o desempenho dos estudantes a partir de 7 variáveis explicativas, com taxa de acerto de aproximadamente 96%, constatando que o algoritmo genético se mostrou adequado para este tipo de aplicação. Assim sendo, este estudo confere um percurso metodológico adequado para a proposição futura de modelos preditivos do desempenho dos estudantes em outras disciplinas.

Palavras-chave: Algoritmo Genético; Cálculo Diferencial e Integral. Desempenho Escolar. Modelo Preditivo.

Abstract

This research project proposes the development of a computational system (predictive model) capable of obtaining the performance of Engineering students in Calculus, based on data obtained from school performance in previous years by the students during basic schooling, besides the socioeconomic profile from these students. To achieve this goal,, it was used a quantitative approach at an explanatory level, since the study investigated the existing degree of association between the profile from incoming students of two diferente Engineering courses and the educational attainment found in their grades during the first two months of 2022, and with the use of Genetic Algorithm, written in Python language, it was elaborated a predictive model of this performance. In addition to offering a strategic tool for educational management, regarding the elaboration of a proposal to levelling incoming students, the result of this research aims to assist the college in pedagogical monitoring of their classes. This study concluded that the predictive model is viable and it could successfully predict the performance of the students, based on 7 explanatory variables, with a success rate of 96%, showing that the genetic algorithm was adequate for this type of application. Furthermore, this study provides an adequate methodological approach for the future proposition of predictive models of students performance in other disciplines.

Keywords: Genetic Algorithm; Calculus; School Performance; Predictive Model.

Introdução

Muitos cursos do Ensino Superior, principalmente aqueles voltados à área de Ciências Exatas, possuem a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral em sua grade curricular. Sua compreensão é de suma importância para a continuidade do curso, visto que é uma disciplina básica e seus conceitos estão presentes em diversas outras disciplinas e aplicações, não só na área acadêmica.

Apesar de sua relevância, observa-se que há altos índices de reprovação dos estudantes nessa disciplina, fazendo com que as relações de ensino-aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral tenham sido alvo de diversas pesquisas que buscam quantificar e especificar as causas de tal realidade (ROSA et al., 2019; SENA, SOUZA e SOUZA, 2014; WISLAND, FREITAS e ISHIDA, 2014; ZARPELON, RESENDE e REIS, 2017).

Os resultados de Rosa et al. (2019) obtidos pela análise dos desempenhos acadêmicos do primeiro semestre de 2010 ao segundo semestre de 2016 dos alunos na Universidade Federal de Goiás demonstraram que o percentual de reprovação em Cálculo Diferencial e Integral foi de 65%. Por sua vez, Sena, Souza e Souza (2014) apontam que na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), nos períodos de 2010.1 a 2012.1, o percentual de desistência (trancamento) e de reprovação dos alunos que se matricularam na disciplina de CDI foi em média de 52%. Além desses, outros autores, tais como Wisland, Freitas e Ishida (2014) e Zarpelon, Resende e Reis (2017) também indicaram que o índice de reprovação nessa disciplina é elevado.

Dos dados apresentados emerge a questão central desse estudo, que é a possibilidade de se reduzir a reprovação dos estudantes de Engenharias na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, por meio de ferramentas da inteligência artificial que ofereçam um cenário de possibilidades palpável para os gestores educacionais e professores de Cálculo, antes mesmo que esses estudantes sejam submetidos às avaliações cotidianas da disciplina.

Nesse contexto, o estudo justifica-se por apresentar a proposta de um modelo preditivo do desempenho acadêmico para a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I no âmbito dos cursos de Engenharia, a partir de dados sobre o desempenho escolar obtidos anteriormente pelos estudantes na educação básica, além do perfil socioeconômico desses estudantes.

Diante disso, a proposta destina-se ao desenvolvimento de um algoritmo genético, produzido em linguagem Python e que, a partir de variáveis qualitativas e quantitativas, busca analisar e

antecipar a provável situação final do aluno na disciplina. Dessa forma, esse sistema proveria informações relevantes para a efetiva tomada de decisão acadêmica, tanto por parte do corpo discente quanto do corpo docente e administrativo.

Para a concretização deste estudo, foram realizados os seguintes objetivos específicos:

- a) Pesquisa na literatura científica para determinar quais seriam os fatores de influência do desempenho acadêmico dos estudantes, ou seja, que passariam a ser as variáveis válidas para serem incorporadas como parâmetros de predição do desempenho acadêmico;
- b) Estudar a codificação e a aplicabilidade do algoritmo genético;
- c) Obter testagem dos parâmetros influenciadores estudados.

A apresentação do estudo está dividida em cinco partes: a primeira delas introdutória, em que são expostos o contexto e o objetivo do estudo; a seção 2, que apresenta o referencial teórico e os resultados dos principais estudos já realizados; a seção 3, que indica os procedimentos metodológicos utilizados; a apresentação e a análise dos resultados aparecem na seção 4; e a seção 5, contendo as considerações finais.

Referencial teórico

A fim de satisfazer o objetivo geral deste estudo, que é o desenvolvimento de um modelo preditivo do desempenho acadêmico para a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I das Engenharias, com o intuito de auxiliar a tomada de decisão em gestão educacional, buscou-se identificar na literatura científica o embasamento teórico necessário para ser aplicado nas variáveis que serão utilizadas no projeto.

Os estudos de Araújo et. al (2013) visavam identificar amostras do desempenho acadêmico dos alunos do curso de Ciências Contábeis de uma IES privada em Belo Horizonte. Constatou-se que o desempenho é explicado pelas variáveis de idade, gênero, frequência às aulas, natureza da disciplina, tipo de disciplina, período letivo, existência ou não de um campus, situação final da disciplina e período letivo, levando em conta o dimensionamento da nota final das disciplinas como base. Dessa maneira, foi realizada uma pesquisa descritiva e quantitativa dos dados disponíveis dos anos de 2001 até 2009, utilizando o método de regressão *cross-section*. Finalmente, após a análise de cada amostra, concluiu-se que algumas variáveis são

correlacionadas e que seis das variáveis analisadas podem ser utilizadas para a explicação do desempenho dos alunos, sendo que a frequência às aulas, idade, gênero e tipo de disciplina tiveram uma presença maior de influência.

Os estudos de Teles et. al (2019), por sua vez, tiveram como objetivo a análise dos fatores de principal relevância no desempenho acadêmico final dos estudantes da Universidade Federal de Santa Catarina. Para tal, as variáveis selecionadas foram: a nota do vestibular de ingresso à universidade, fatores econômicos (bolsa de estudos e trabalho), idade e gênero, habilidades acadêmicas, estudo prévio e fatores institucionais (corpo docente e horários das aulas). O método de investigação escolhido foi o de análise e correlação de variáveis por procedimentos estatísticos descritivos, testes inferenciais (ex.: correlação linear de Pearson), dentre outros testes lineares (matrizes) e modelos estatísticos. Assim, percebeu-se o maior desempenho em variáveis como gênero e idade, sendo que não somente a nota de ingresso é um fator relevante como diz o material de base do estudo.

As análises de Rocha, Leles e Queiroz (2019) tratam dos aspectos interpostos entre o desempenho estudantil de Nutrição em relação aos principais testes relacionados às universidades, como o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (Enade). Para tanto, verificou-se a performance discente em relação aos fatores socioeconômicos, trajetória acadêmica e perfil da instituição. Como metodologia, após a coleta dos dados do Enade no portal do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), do Ministério da Educação (MEC), aplicou-se uma análise descritiva dos dados baseados em Estatística Descritiva. Por fim, chegou-se à conclusão de que a classe social tem grande relação com o desempenho estudantil universitário em exames como o Enade.

Os estudos de Nogueira (2013) referem-se à identificação dos fatores de estilo de aprendizagem, número de faltas, idade e gênero e suas relações com o desempenho acadêmico dos discentes de Ciências Contábeis. Por meio de uma coleta de dados obtidos por questionários, aplicados em uma população de 279 alunos, e pelo processamento das informações recolhidas através de gráficos Box plot e análises de outliers, foram postos em prática conceitos estatísticos analíticos como base de pesquisa. Concluiu-se que, de todas as variáveis analisadas, somente o número de faltas foi significativo em relação ao desempenho acadêmico.

Os estudos de Souto-Maior, Borba e Knupp (2015) tratam de fatores pertinentes ao desempenho de estudantes de Administração e Contabilidade. Metodologicamente, foram selecionadas 556 notas finais de universitários da graduação e levantaram-se hipóteses sobre a correlação dos elementos influentes, posteriormente testadas pelo teste *t bicaudal*, que acabou por confirmar a maioria delas, como a significância do gênero, a classificação no vestibular, o horário do curso (maior destaque para aqueles que estudam no período matutino) e a frequência às aulas.

Fagundes, Luce e Rodriguez Espinar (2014) propuseram um modelo avaliativo do desempenho acadêmico dos alunos que passam da Educação Básica (Ensino Médio) para o Ensino Superior (Universidades) a partir de um tratamento teórico, focado no êxito durante essa transição. Para tanto, realizou-se um estudo preditivo e desenvolvimento a longo prazo por meio da pesquisa *ex post facto*, da regressão múltipla *stepwise* e de abordagens quantitativas validadas nos cursos de licenciatura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Dessa maneira, observou-se que os itens formação na educação básica (maior influência), características sociodemográficas e antecedentes socioculturais constituem fatores de influência do desempenho acadêmico dos alunos nesse contexto.

Amaro e Beuren (2018) averiguaram a influência de fatores contingenciais no desempenho acadêmico de Ciências Contábeis. Adotou-se nesse estudo uma abordagem quantitativa da pesquisa descritiva realizada para encontrar os fatores de destaque da amostra disponível de 295 contribuintes, aplicando o teste de Kruskal-Wallis sobre ela. Assim, foram considerados o nível de instrução dos pais, as horas de estudo semanal extraclasse e a experiência profissional como fatores influentes e, que no final do estudo, tiveram alta relevância em relação à conduta acadêmica dos discentes.

Os estudos de Magalhães, Andrade (2006) tiveram por objetivo analisar, por meio de regressão múltipla e correlação linear de Pearson, a importância de alguns fatores na explicação da variação do desempenho acadêmico na disciplina Contabilidade Introdutória e no primeiro semestre do curso de graduação em Ciências Contábeis. As pesquisas apontaram que os resultados obtidos na primeira fase do vestibular não auxiliam na previsão do desempenho do aluno. Por outro lado, as variáveis idade, gênero e os resultados na segunda fase do vestibular tiveram influência no rendimento dos estudantes.

Martins et al (2015) buscaram enumerar as principais variáveis preditoras para o sucesso acadêmico. Para tal, utilizou-se uma amostra de 1318 alunos dos subsistemas politécnico e universitário, em Portugal, e recorreu-se a uma regressão hierárquica (3 modelos). Os resultados evidenciam um peso moderado (47%) do modelo mais integrador, destacando-se variáveis do sujeito e institucionais. Os dados utilizados foram: gênero, idade, nível socioeconômico, nota de candidatura, provas de ingresso, classificações obtidas no curso secundário, prioridade de escolha do curso, ano curricular (calouros e finalistas), participação em atividades extracurriculares, regularidade de estudo, adaptação ao ensino superior, área de estudos (Psicologia, Letras e Ciências neste caso) e raciocínio numérico e verbal.

Em sua pesquisa de natureza bibliográfica, Silva e Júnior (2016) buscaram mapear e sintetizar os fatores determinantes que estão relacionados ao desempenho acadêmico dos alunos no Ensino Superior, analisando seis produções acadêmicas. Dessa forma, foi concluído que variáveis como a escolaridade dos pais, o fato de trabalhar concomitantemente ao curso, a renda familiar, as expectativas acadêmicas e as habilidades sociais possuem grande relevância para o aproveitamento do estudante.

Complementando tais pesquisas, Martins e Marinho (2019) analisaram a relação entre as variáveis referentes às qualificações do corpo docente, do corpo discente e da IES em relação à variável desempenho acadêmico. Para tal, realizaram uma pesquisa de levantamento documental analisada com técnicas estatísticas univariadas, como o Alfa de Cronbach, a prova Kolmogorov-Smirnov para o teste de normalidade e os coeficientes de correlação ponto-bisserial e de Spearman. Como principal resultado, foi identificado que fatores como a estratégia de ensino, status socioeconômico, absenteísmo, desempenho escolar anterior, horas de estudo, motivação, ambiente de estudo e forma de ingresso são os que apresentam maior relação com a variável desempenho acadêmico.

Ressalta-se ainda o trabalho de Manhães e Cruz (2019), que tiveram por objetivo fornecer aos gestores educacionais das universidades uma abordagem que ofereça acompanhamento semestral sobre o desempenho acadêmico dos graduandos e a previsão dos que estão em risco de abandonar o sistema, apresentando a arquitetura WAVE baseada em Mineração de Dados Educacionais (EDM), que utilizaram dados reais de inúmeros cursos de graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) durante um período de 16 anos. Concluiu-se que

o ano e o período em que o estudante ingressou na faculdade, o curso e a instituição em que ele está matriculado, o atual Rendimento Acadêmico Acumulado durante essa graduação (sendo o fator mais relevante a nota na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I), o número de disciplinas cursadas e o número de disciplinas já reprovadas por falta e/ou média do aluno foram de considerável importância no modelo.

O trabalho realizado por Abbas e Lopes (2020) investigou a influência dos fatores pessoais, institucionais e dos estilos de aprendizagem no desempenho acadêmico dos discentes de Ciências Contábeis nas disciplinas com o maior índice de reprovação. Para testar as hipóteses, foi utilizada a estatística descritiva e multivariada (regressão). Os resultados indicam que alguns dos fatores pessoais, tais como turno, escola do ensino médio, estado civil, experiência na área, horas de estudo extraclasse, faixa etária, jornada de trabalho, membros da família, moradia, participação econômica familiar e renda familiar apresentaram relação estatisticamente significativa com o desempenho.

Sousa, Ferreira e Miranda (2019), tendo como base a Teoria da Atribuição de Causalidade, tiveram como objetivo confrontar as percepções de professores e de estudantes de Ciências Contábeis sobre a relevância dos fatores determinantes do desempenho acadêmico. Os resultados evidenciaram que as variáveis consideradas mais importantes por alunos e professores foram a motivação, esforço pessoal, quantidade de horas de estudo, frequência às aulas, conhecimento prévio, formação pedagógica do corpo docente e a infraestrutura da IES.

Miranda et al (2015) buscaram identificar variáveis apresentadas na literatura que afetam o desempenho acadêmico no ensino superior na área de Negócios. Para tanto, foi realizada uma revisão de 52 artigos relativos ao tema. Como principais resultados, pode-se constatar que as variáveis relacionadas ao corpo discente são as que mais fortemente explicam o desempenho acadêmico (status socioeconômico, absenteísmo, desempenho escolar anterior, conhecimento prévio do conteúdo, área de especialização do discente, horas de estudo, motivação e tipo de aprendizagem). Em segundo lugar, estão as variáveis relacionadas ao corpo docente (estratégias ou método de ensino, experiência profissional do docente e credenciais profissionais). O quadro 1 apresenta a síntese da revisão da literatura.

Quadro 1 – Síntese da revisão da literatura

Autores e ano	Objetivo do estudo	Revista	Variáveis relevantes
ABBAS, K.; LOPES, A. K. (2020).	Impacto dos fatores pessoais, institucionais e estilos de aprendizagem no desempenho acadêmico: uma análise com estudantes de contabilidade	Revista Catarinense da Ciência Contábil, Florianópolis, SC, v. 19, 1-31, e3020, 2020	Turno, escola do ensino médio, estado civil, experiência na área, horas de estudo extraclasse, faixa etária, jornada de trabalho, membros da família, moradia, participação econômica familiar e renda familiar.
AMARO, H. D.; BEUREN, I. M. (2018)	Influência de Fatores Contingenciais no Desempenho Acadêmico de Discentes do Curso De Ciências Contábeis	Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade (REPeC), v. 12, n. 1, p. 21–42, 29 mar. 2018.	Fatores contingenciais externos, Nível de instrução do pai, Horas de estudo semanal extraclasse, Experiência profissional
ARAÚJO, E. A. T. et al. (2013)	Desempenho Acadêmico de Discentes do Curso de Ciências Contábeis: uma Análise dos seus Fatores Determinantes em uma IES Privada.	Contabilidade Vista & Revista, v. 24, n. 1, p. 60–83, 2013.	Idade, Gênero, Frequência, Tipo de disciplina (básica ou específica).
FAGUNDES, C. V.; LUCE, M. B.; RODRIGUEZ ESPINAR, S. (2014)	O desempenho acadêmico como indicador de qualidade da transição Ensino Médio-Educação Superior.	Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação, v. 22, n. 84, p. 635–669, set. 2014.	Características sociodemográficas – gênero, idade e tipologia da instituição de origem; Antecedentes familiares e econômicos; Antecedentes escolares.
MAGALHÃES, F. A. C.; ANDRADE, J. X. (2006).	Exame vestibular, características demográficas e desempenho na universidade: em busca de fatores preditivos.	Congresso USP de Controladoria e Contabilidade. Volume 6.	Idade, Gênero, resultados na segunda fase do vestibular.
MANHÃES, L. M. B.; CRUZ, S. M. S. (2019).	Predição do desempenho acadêmico de alunos da graduação utilizando mineração de dados	XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2019.	Período de ingresso na faculdade, o curso, a instituição, o atual Rendimento Acadêmico Acumulado, o número de disciplinas cursadas e o número de disciplinas já reprovadas por falta e/ou média do aluno.

Continua

MARTINS, E. C. et al. (2015).	Um estudo dos preditores de sucesso acadêmico no ensino superior	Revista de Psicología y Educación, 2015, 10(1),77-100.	Gênero, idade, nível socioeconômico, nota de candidatura, provas de ingresso, classificações do secundário, prioridade de escolha do curso, ano curricular, participação em atividades extracurriculares, regularidade de estudo, adaptação ao ensino superior, área de estudos e raciocínio numérico e verbal.
MARTINS, Z. B.; MARINHO, S. V. (2019).	Relação das variáveis concernentes ao desempenho acadêmico: um estudo com alunos de graduação em ciências contábeis	Revista Universo Contábil, FURB, Blumenau, v. 15, n. 1, p. 27-48, jan./mar., 2019.	Estratégia de ensino, status socioeconômico, absenteísmo, desempenho escolar anterior, horas de estudo, motivação, ambiente de estudo e forma de ingresso.
MIRANDA, G. J. et al. (2015)	Determinantes do Desempenho Acadêmico na Área de Negócios	Meta: Avaliação Rio de Janeiro, v. 7, n. 20, p. 175-209, maio/ago. 2015	Status socioeconômico, absenteísmo, desempenho escolar anterior, conhecimento prévio do conteúdo, área de especialização do discente, horas de estudo, motivação, tipo de aprendizagem, estratégia ou método de ensino, experiência profissional do docente e credenciais profissionais.
NOGUEIRA, D. R. et al. (2013)	Fatores que impactam o desempenho acadêmico: Uma análise com discentes do Curso de Ciências Contábeis no Ensino Presencial.	Revista de Informação Contábil, v. 7, n. 3, p. 51-62, 2013.	Número de faltas.
ROCHA, A.; LELES, C.; QUEIROZ, M. (2019)	Fatores associados ao desempenho acadêmico de estudantes de Nutrição no Enade.	Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, v. 99, n. 251, 18 jun. 2019.	Fatores Socioeconômicos – gênero, idade, renda familiar, grau de escolaridade dos pais.

Continua

SILVA, H. G.; JÚNIOR, A. P. O. (2016).	Fatores determinantes do desempenho acadêmico no ensino superior: estado da arte	Revista Plurais – Virtual, Anápolis - Go, vol.6, n. 2 – jul./dez. 2016.	Escolaridade dos pais, trabalhar concomitantemente ao curso, a renda familiar, as expectativas acadêmicas e as habilidades sociais.
SOUTO-MAIOR, C.; BORBA, J. A.; KNUPP, P. (2015)	Como Melhorar a Aprendizagem em Pesquisa Operacional? Uma Análise do Desempenho de Estudantes de Administração de Empresas e de Contabilidade.	Sociedade, Contabilidade e Gestão, v. 9, n. 3, 4 maio 2015.	Gênero, Nota no vestibular, Período do curso (matutino/noturno), Ausência nas aulas.
SOUZA, Z. A. S.; FERREIRA, M. A.; MIRANDA, G; J. (2019).	Teoria da atribuição de causalidade: percepções docentes e discentes sobre os determinantes do desempenho acadêmico	Advances in Scientific and Applied Accounting, São Paulo v.12, n.2 p. 040-058 maio / ago. de 2019	Motivação, quantidade de horas de estudo, frequência às aulas, conhecimento prévio, formação pedagógica do corpo docente e a infraestrutura da IES.
TELES, J. et al. (2019)	Desempenho acadêmico dos estudantes: uma análise dos fatores preditivos.	FACEF Pesquisa - Desenvolvimento e Gestão, v. 22, n. 1, 17 dez. 2019.	Idade, Nota de ingresso à universidade, Gênero.

Fonte: elaborado pelos autores (2022).

A revisão da literatura evidenciou que as variáveis de influência do desempenho acadêmico de um estudante de graduação podem ser distribuídas em três categorias, a saber: influência do corpo docente, influência do corpo discente e influência institucional.

As variáveis mais relevantes, que se repetiram pelo menos uma vez nos estudos avaliados, foram:

- Influência do corpo docente: método e estratégias de ensino.
- Influência do corpo discente: idade; antecedentes, fatores socioeconômicos; gênero; frequência às aulas; horas de estudo extraclasse; desempenho escolar anterior; conhecimento prévio do conteúdo; experiência profissional na área; grau de escolaridade dos pais; nota de ingresso à faculdade (vestibular); período do curso, turno; tipo de

instituição do ensino médio proveniente; trabalhar concomitantemente ao curso; área de especialização; motivação.

- Influência institucional: infraestrutura, ambiente de estudo.

Com o intuito de adequar o estudo para o contexto de aplicação da instituição de ensino escolhida, assim como da disciplina Cálculo Diferencial e Integral I, oferecida em dois cursos de engenharia distintos, optou-se por excluir do modelo preditivo as variáveis: experiência profissional na área, trabalhar concomitantemente ao curso, área de especialização, método e estratégias de ensino, motivação, infraestrutura e ambiente de estudo, tipo de instituição do ensino médio proveniente, conhecimento prévio, frequência às aulas, nota de ingresso à faculdade (vestibular) e período do curso e turno. O quadro 2 apresenta o quantitativo das variáveis explicativas do desempenho na revisão da literatura.

Quadro 2 – Estudo de variáveis

Variáveis explicativas do desempenho	Número de artigos referenciados
Idade	7
Fatores socioeconômicos	7
Gênero	7
Horas de estudo extraclasse	6
Desempenho escolar anterior	5
Grau de escolaridade dos pais	3
Tipo de escola do ensino médio	3

Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Desta maneira, as variáveis utilizadas no modelo preditivo do desempenho acadêmico foram definidas para a elaboração do modelo preditivo.

Procedimentos metodológicos

O estudo desenvolvido para a concretização do projeto utilizou uma abordagem quantitativa em nível explicativo, pois investigou o grau de associação existente entre o perfil acadêmico e socioeconômico dos estudantes ingressantes de dois cursos de engenharia distintos, assim como os seus desempenhos na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I, em uma faculdade privada, porém gratuita, pertencente a uma Fundação, do município de São Bernardo do Campo, constatados no período compreendido entre janeiro de 2022 e junho do mesmo ano.

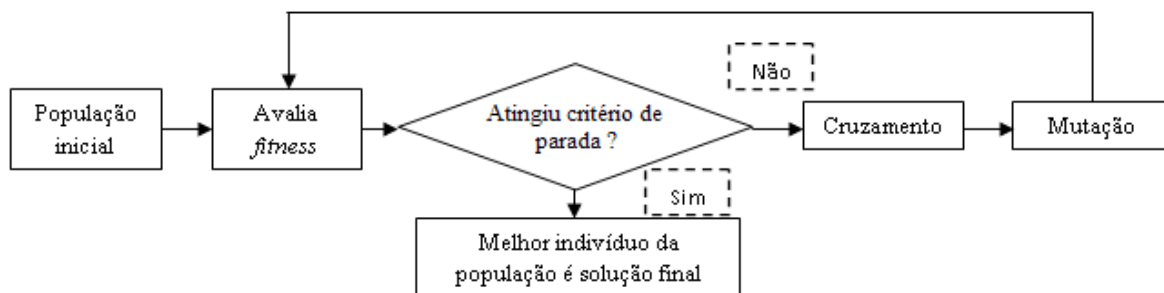
A amostra utilizada no estudo é não probabilística e intencional, formada por 63 alunos que ingressaram nos cursos de Engenharia de Alimentos (1 turma – desde o semestre/2022) e Engenharia de Controle e Automação (1 turma – desde o primeiro semestre de 2022). Em cada uma das turmas ingressaram 40 alunos, que serão classificados entre “Acima da média” e “Abaixo da média”, tendo como padrão de média 5 pontos (média necessária para a aprovação na disciplina em uma escala de 0 a 10).

Para a elaboração do modelo utilizaram-se as variáveis mais relevantes, que se repetiram pelo menos uma vez nos estudos avaliados. Além disso, excluíram-se as variáveis que não se relacionaram com o contexto de aplicação da instituição de ensino escolhida, assim como da disciplina Cálculo Diferencial e Integral I, oferecida em dois cursos de engenharia distintos. O referencial teórico apresenta as variáveis excluídas e as variáveis escolhidas para a composição do modelo.

Inicialmente foram consideradas as 7 variáveis que emergiram na revisão da literatura especializada, a saber: idade, gênero, fatores socioeconômicos, horas de estudo extraclasse, desempenho escolar anterior, grau de escolaridade dos pais e tipo de escola que concluiu o ensino médio, coletadas por meio de entrevista e pelo desempenho acadêmico desses mesmos estudantes. Duas variáveis foram diferenciadas em outros indicadores: a variável de escolarização dos pais diferiu-se para cada um, mãe e pai; a variável de fator socioeconômico foi estimada a partir de uma proxy, representada pela média de quatro questões que, no final, tornaram-se dados de influência para o algoritmo genético. As demais variáveis foram separadas em intervalos a fim de facilitar os cálculos do modelo.

Na elaboração do modelo, utilizou-se a técnica denominada algoritmo genético, escrita com a linguagem de programação denominada Python. O algoritmo genético foi inspirado na Biologia, e está representado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do algoritmo genético



Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Assim como estudado e descrito por Morais, Souza e Cassoni (2019), os algoritmos genéticos são cálculos de busca e otimização global, baseados nos procedimentos de seleção natural e da genética. O desenvolvimento desta técnica está relacionado às pesquisas de John Holland (1975), inspirado nos estudos de Charles Darwin e Gregor Mendel sobre evolução e genética, respectivamente. A princípio, é gerada uma população inicial, formada por diversos indivíduos (cromossomos, ou cadeia de bits onde cada bit é um gene) aleatórios, que podem ou não ser a solução do problema.

Cada cromossomo tem por objetivo fornecer uma função matemática cujos parâmetros de entrada são os dados coletados, e seu resultado expressa o desempenho esperado do aluno na disciplina, para este estudo. Com isso, o cromossomo possuirá, no final, um *fitness* (performance) baseado na porcentagem de acertos e erros em relação à variável independente dos alunos, neste caso, seu resultado em Cálculo.

Diante desses resultados, interpolam-se pares de cromossomos, selecionados mediante suas taxas de acerto, para gerar outros indivíduos (“filhos”). Esse processo é chamado de Reprodução e visa avaliar a eficiência e a exatidão do algoritmo final.

Dentro das populações analisadas durante o processo, armazenam-se os grupos com melhores resultados os quais estão sujeitos a modificações em seus genes, por meio de cruzamento (crossover) e mutações, assim gerando descendentes para a próxima geração, que podem ter maiores potenciais de exatidão.

Esse processo acontece repetidamente e só cessará quando um índice de acerto desejável ou favorável ao estudo for alcançado. Para isso, recomendou-se pelo menos 1 hora de realização desta atividade.

Para o desenvolvimento do modelo, utilizaram-se os seguintes equipamentos: VISAGE PC BLEU 7500 445A (Windows 10 Pro Versão 21H1 – 64 bits, com memória RAM de 4GB, Processador Intel® Core™2 Duo CPU E7500 @ 2.93GHz 2.93 GHz). Em relação à programação, foi utilizado o ambiente de desenvolvimento PyCharm, versão 2021.3.0.0, e a linguagem Python, versão 3.10, para o algoritmo genético, e a IDE (do inglês *Integrated Development Environment*) Visual Studio, versão 16.11.31729.503, em linguagem C#, versão 8.0.

Apresentação e discussão dos resultados

Para decidir as variáveis a serem utilizadas, realizou-se uma revisão da literatura especializada acerca dos fatores de influência do desempenho acadêmico, e foram escolhidos aqueles com maiores índices de repetições presentes nos estudos acadêmicos sobre o tema (3 aparições ou mais), resultando em 7 variáveis para o desenvolvimento.

Posteriormente, adequou-se a variável “fatores socioeconômicos” para quatro questões que indicaram essa condição. O quadro 3 apresenta os detalhes das variáveis utilizadas.

Quadro 3 – Especificação das variáveis utilizadas

Natureza da variável	Variável	Respostas possíveis
Atributo Individual	Idade	De 17 a 19, de 20 a 22, Maior que 23
	Gênero	Masculino e Feminino
	Desempenho escolar anterior	Intervalos: [0,2];]2,4];]4,6];]6,8];]8,10]
	Horas de estudo extraclasse	Nenhuma, De uma à 3, De 4 à 7, De 8 à 12, Mais que 12 horas
	Tipo de escola no Ensino Médio	Todo em escola pública, Todo em escola privada, Todo no exterior, Maior parte em escola pública, Maior parte em escola privada
Contexto Familiar	Escolaridade da mãe	Nenhuma, Fundamental I, Fundamental II, Ensino Médio Completo, Ensino Superior - Graduação, Ensino Superior - Pós
	Escolaridade do pai	
Fatores Socioeconômicos	Possui um smartphone	Sim, com acesso à internet; Sim, sem internet própria; Não
	Possui um notebook	
	Possui um ambiente de estudos em casa	Sim, local exclusivo; Local adequado mas compartilhado; Não
	Trabalha concomitante ao curso	Sim, todos os dias; Sim, nem todos os dias; Não

Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Figura 2 – Declaração de variáveis e constantes

```
1 var
2     Inteiro: qtdCromossomos = 14
3     Inteiro: qtdVariaveis = 11
4     Inteiro: qtdAlunos
5
6
7     Vetor: vetorAlunos = Vetor[1..qtdAlunos]
8     Vetor: PrimeiraPopulacao = Vetor[1.. qtdCromossomos]
9     Vetor: PopulacaoAtual = Vetor[1.. qtdCromossomos]
10    Vetor: fitnessAtual = Vetor[1.. qtdCromossomos]
```

Fonte: elaborado pelos autores (2022).

A quantidade inicial de cromossomos definida para o projeto foi determinada por conveniência após testagens com valores menores, e chegou-se à conclusão de que um número maior de cromossomos iniciais poderia convergir mais rapidamente à resposta do problema. Na Figura 3, mostra-se o método que origina as populações iniciais.

Figura 3 – Construção da população inicial

```
1 Metodo GeraPrimeiraPopulacao ( ): Vetor[1.. qtdCromossomos]
2
3 Inicio
4     Vetor: primeira_populacao = Vetor[1.. qtdCromossomos]
5
6     Para (Inteiro: n = 1) ate (qtdCromossomos) faca
7         Vetor: NovoCromossomo = [0] * qtdVariaveis
8
9         Para (Inteiro: m = 1) ate (qtdVariaveis) faca
10            NovoCromossomo [m] = numeroAleatorio(-10000, 10000) / 10000.0
11
12            primeira_populacao.Insere(NovoCromossomo)
13
14     Retorne primeira_populacao
15 FimMetodo
```

Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Para o cálculo do *fitness* é utilizada a seguinte fórmula matemática:

$$\text{Fitness} = \left(\frac{\text{n}^\circ \text{ desempenhos favoráveis encontrados}}{\text{n}^\circ \text{ favoráveis no banco de dados}} \right) \times \left(\frac{\text{n}^\circ \text{ desempenhos não favoráveis encontrados}}{\text{n}^\circ \text{ não favoráveis do banco de dados}} \right)$$

Na Figura 4, apresenta-se o modo como o algoritmo realiza a operação anterior para cada um dos cromossomos existentes.

Figura 4 – Cálculo do *fitness*

```
Metodo ObtemFitness (Vetor: PopulacaoAtual): Vetor[1.. qtdCromossomos]
Inicio
  Vetor: fitnessAtual = Vetor[1.. qtdCromossomos]

  Para (Inteiro: c = 1) ate (qtdCromossomos) faca
    Inteiro: acertos_acima = 0
    Inteiro: acertos_abaixo = 0

    Para (Inteiro: n = 1) ate (qtdAlunos) faca
      Real: resultado = 0

      Para (Inteiro: m = 1) ate (qtdVariaveis - 1) faca
        resultado += vetorAlunos[n][m] * PopulacaoAtual[c][m]
      resultado += PopulacaoAtual [c][qtdVariaveis]

      Se (vetorAlunos[n][qtdVariaveis] >= 5) E (resultado >= 0)
        acertos_acima += 1
      Se (vetorAlunos[n][qtdVariaveis] < 5) E (resultado < 0)
        acertos_abaixo += 1

      Real: fitness = (acertos_acima / qtdAlunosAcima) * (acertos_abaixo / qtdAlunosAbaixo )
      fitnessAtual.Insere(fitness)

  Retorne fitnessAtual
FimMetodo
```

Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Finalmente, o programa desenvolvido, que gerencia as populações, escolhe os pais, realiza cruzamentos e mutações, está descrito na Figura 5. Ele funciona repetidamente (loop) até que alcance um *fitness* desejado ou definitivo (taxa de acerto estacionária).

Figura 5 – Programação: cruzamentos e mutações

```
1 Metodo GeraFilhosEMutantes (Vetor: PopulacaoAtual): Vetor[1.. qtdCromossomos]
2
3 Inicio
4     Vetor: fitnessAtual = ObtemFitness(PopulacaoAtual)
5     Vetor: filhosEMutantes = Vetor[1..qtdCromossomos]
6
7     Para (Inteiro: v = 1) ate (qtdCromossomos / 2) faca
8         Real: fitTotal = Soma(fitnessAtual)
9         Inteiro: indicePai = numeroAleatorio (0, 100 * fitTotal) / 100
10
11         Para (Inteiro: i = 1) ate (qtdCromossomos) faca
12             indicePai = indicePai - fitnessAtual[i]
13             Se (indicePai <= 0)
14                 indicePai = i
15                 fitTotal = fitTotal - fitnessAtual [i]
16             FimPara
17
18         Inteiro: indiceMae = numeroAleatorio (0, 100 * fitTotal) / 100
19
20         Para (Inteiro: j = 1) ate (qtdCromossomos) faca
21             Se (indicePai <> j)
22                 indiceMae = indiceMae - fitness_atual[j]
23                 Se (indiceMae <= 0)
24                     indiceMae = j
25                 FimPara
26
27         Vetor: pai = PopulacaoAtual[indicePai]
28         Vetor: mae = PopulacaoAtual[indiceMae]
29
30         Inteiro: indiceDivisao = numeroAleatorio (0, qtdVariaveis - 1)
31         Vetor: filho = pai[0:indiceDivisao] + mae[indiceDivisao:qtdVariaveis]
32         filhosEMutantes.Insere(filho)
33
34         Inteiro: indiceMutacao = numeroAleatorio (0, qtdVariaveis - 1)
35         Inteiro: indiceOrigem= numeroAleatorio (0 qtdCromossomos - 1)
36         Real: valorMutacao = PopulacaoInicial[indiceOrigem , indiceMutacao]
37
38         filho[numeroAleatorio(0, qtdVariaveis - 1)] = valorMutacao
39         filhosEMutantes.Insere(filho)
40
41     Retorne filhosEMutantes
42 FimMetodo
```

Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Anota-se que o modelo preditivo elaborado dispõe de 11 variáveis, presentes no Quadro 3, e chegou a 96,97% de acerto dos alunos com alto e baixo riscos de reprovação, durante o período de 2 horas de execução do programa.

Considerações finais

O modelo preditivo desenvolvido foi capaz de identificar o provável desempenho dos estudantes da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I, com alto e baixo riscos de reprovação. As informações fornecidas, acadêmicas e pessoais, dos alunos influenciaram na taxa de acerto desejada.

Dessa forma, o modelo preditivo se configura como uma ferramenta estratégica para gestores e docentes, visto que apresenta um cenário antecipado do desempenho dos alunos, possibilitando realizar ações para a alteração da realidade em curso ou mitigar os impactos dessa realidade.

O algoritmo genético revelou-se ideal para se enfrentar esse tipo de problema, uma vez que sua eficiência de cálculo e formulação de constantes para a função final, dentro de um lapso favorável, trouxeram uma proporção de acertos satisfatória.

A linguagem de programação Python foi determinante para a elaboração do projeto, visto que possui uma sintaxe de fácil compreensão, interpretação, interação, acesso e destaca-se por seu código aberto. Além disso, a facilidade de integração com outras linguagens, neste caso C#, também é um de seus benefícios.

Em razão da alta importância de se identificar rendimentos insuficientes em disciplinas do ensino superior, o modelo preditivo aqui formulado torna-se uma ferramenta estratégica para a aplicação em gestão educacional da instituição ofertante dos dados. Antecipar possíveis reprovações mostra-se de fundamental relevância a fim de se evitar despesas e prejuízos, tanto por parte da academia quanto dos alunos. O sistema produzido é, também, replicável em outras faculdades que incorporem em seus currículos a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I, desde que disponibilizem de um banco de dados compatível com as mesmas variáveis.

Em relação a futuros estudos e aplicações, primeiramente, recomenda-se a adição de novos dados de alunos e a atualização do modelo para obter-se uma convergência que se alinhe com os fins da análise de desempenho provável. Além disso, sugere-se a implantação de outras variáveis apontadas na revisão da literatura especializadas e de acordo que se adequam a esta proposta, que, porém, não foram utilizadas.

Referências

- ABBAS, K.; LOPES, A. K., Impacto dos fatores pessoais, institucionais e estilos de aprendizagem no desempenho acadêmico: uma análise com estudantes de contabilidade. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, Florianópolis, SC, v. 19, 1-31, e3020, 2020.
- AMARO, H. D.; BEUREN, I. M., Influência de Fatores Contingenciais no Desempenho Acadêmico de Discentes do Curso De Ciências Contábeis. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade (REPeC)**, v. 12, n. 1, p. 21–42, 29 mar. 2018.
- ARAÚJO, E. A. T. et al., Desempenho Acadêmico de Discentes do Curso de Ciências Contábeis: uma Análise dos seus Fatores Determinantes em uma IES Privada. **Contabilidade Vista & Revista**, v. 24, n. 1, p. 60–83, 2013.
- FAGUNDES, C. V.; LUCE, M. B.; RODRIGUEZ ESPINAR, S., O desempenho acadêmico como indicador de qualidade da transição Ensino Médio-Educação Superior. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 22, n. 84, p. 635–669, set. 2014.
- MAGALHÃES, F. A. C.; ANDRADE, J. X., Exame vestibular, características demográficas e desempenho na universidade: em busca de fatores preditivos. **Congresso USP de Controladoria e Contabilidade**, volume 6. 2006.
- MANHÃES, L. M. B.; CRUZ, S. M. S., Predição do desempenho acadêmico de alunos da graduação utilizando mineração de dados. **XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2019.
- MARTINS, E. C. et al. Um estudo dos preditores de sucesso acadêmico no ensino superior. **Revista de Psicologia y Educación**, 2015, 10(1),77-100.
- MARTINS, Z. B.; MARINHO, S. V., Relação das variáveis concernentes ao desempenho acadêmico: um estudo com alunos de graduação em ciências contábeis. **Revista Universo Contábil, FURB, Blumenau**, v. 15, n. 1, p. 27-48, jan./mar., 2019.
- MIRANDA, G. J. et al., Determinantes do Desempenho Acadêmico na Área de Negócios. **Meta: Avaliação / Rio de Janeiro**, v. 7, n. 20, p. 175-209, maio/ago. 2015.
- MORAIS, D. M. G. DE; SOUZA, A. A. M. DE; CASSONI, V. Um modelo preditivo da evasão de estudantes no ensino superior. **FTT Journal of Engineering and Business**, v. 1, n. 5, 2 fev. 2020.
- NOGUEIRA, D. R. et al., Fatores que impactam o desempenho acadêmico: Uma análise com discentes do Curso de Ciências Contábeis no Ensino Presencial. **Revista de Informação Contábil**, v. 7, n. 3, p. 51–62, 2013.
- ROCHA, A.; LELES, C.; QUEIROZ, M., Fatores associados ao desempenho acadêmico de estudantes de Nutrição no Enade. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 99, n. 251, 18 jun. 2019.
- ROSA, C. M. et al. Desempenho Acadêmico em Cálculo Diferencial e Integral: um Estudo de Caso. **Rev. Inter. Educ. Sup. Campinas, SP**, v.5, 1-16, 2019.
- SENA, T. T. O; SOUZA, A. A; SOUZA, A. G. Cálculo diferencial e integral: analisando os fatores que interferem no desempenho dos acadêmicos do curso de matemática da Ufal – campus de Arapiraca. **I Simpósio de Pesquisa e Extensão em Grupos Colaborativos e Cooperativos**. 26 e 27 de novembro, 2014.
- SILVA, H. G.; JÚNIOR, A. P. O., Fatores determinantes do desempenho acadêmico no ensino superior: estado da arte. **Revista Plurais – Virtual**, Anápolis - Go, vol.6, n. 2 – jul./dez. 2016.
- SOUTO-MAIOR, C.; BORBA, J. A.; KNUPP, P., Como Melhorar a Aprendizagem em Pesquisa Operacional? Uma Análise do Desempenho de Estudantes de Administração de Empresas e de Contabilidade. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 9, n. 3, 4 maio 2015.

SOUZA, Z. A. S.; FERREIRA, M. A.; MIRANDA, G; J., Teoria da atribuição de causalidade: percepções docentes e discentes sobre os determinantes do desempenho acadêmico. **Advances in Scientific and Applied Accounting**, São Paulo v.12, n.2 p. 040-058 maio / ago. de 2019.

TELES, J. et al., Desempenho acadêmico dos estudantes: uma análise dos fatores preditivos. **FACEF Pesquisa - Desenvolvimento e Gestão**, v. 22, n. 1, 17 dez. 2019.

WISLAND, B; FREITAS, M, C, D; ISHIDA, C, Y. Desempenho acadêmico dos alunos em curso de Engenharia e Licenciatura na disciplina de Cálculo I. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, SC, Brasil, v. 6, n. 11, p. 94-112, 2014.

ZARPELON, E; RESENDE, L. M. M; REIS, E, F. Análise do desempenho de alunos ingressantes de Engenharia na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I. **Interfaces da Educ., Paranaíba**, v.8, n.22, p.303-335, 2017.

Aplicação da água em vez do leite para o levantamento de dados da pasteurização do leite com o intuito de projetar e implementar um controle automático

Application of water instead of milk to collect milk pasteurization data in order to design and implement and automatic control

Engenharia de Controle e Automação

Rogério Issamu Yamamoto (rogerio.yama@gmail.com)

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo e professor da Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Victor Inácio Oliveira (pro14724@cefsa.edu.br)

Doutor em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade de São Paulo e professor da Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Ilana Racowski (pro6389@cefsa.edu.br)

Doutora em Biotecnologia pela Universidade de São Paulo e professora da Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Lilian Bozzi (pro21001713@cefsa.edu.br)

Doutora em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas e professora da Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Flávia Mendes Santos (051180010@faculdade.cefsa.edu.br)

Graduanda em Engenharia de Alimentos na Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Alexsander Vilaça Rodrigues (081200032@faculdade.cefsa.edu.br)

Graduando em Engenharia de Computação na Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

FTT Journal of Engineering and Business

- SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP DEZ. 2022
- ISSN 2525-8729

Submissão: 28 ago. 2022 Aceitação: 16 dez.2022

Sistema de avaliação: às cegas duplas (double blind review)

FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA, p. 69-85

FTT JOURNAL
of Engineering and Business



Resumo

O Brasil é um dos maiores consumidores de queijo do mundo, e estudos mostram que o uso de leite cru ou tratado de forma inadequada pode trazer contaminação ao produto final. Nesse cenário, o presente trabalho tem como objetivo levantar os dados de temperatura de um equipamento de pasteurização e fabricação de queijo, buscando gerar dados para projetar e implementar um controle automático do processo de pasteurização. Primeiramente, foi necessário um mapeamento do processo, no que diz respeito à resposta do aquecimento do fluido durante a abertura de uma válvula de vapor, em função do tempo. Os dados serviram para mostrar o desempenho das válvulas de água fria e de vapor para o controle de temperatura da planta. Porém, buscando evitar o desperdício de leite, no processo de aquisição e calibração do sistema de controle, analisou-se a possibilidade de utilização de água ao invés do leite. As medidas iniciais mostram que o comportamento da água é similar ao do leite e pode ser um substituto viável para evitar o desperdício de leite na aquisição e calibração dos sensores.

Palavras-chave: Automação. Leite. Queijo.

Abstract

Brazil is one of the top cheese consumers in the world, and researches show that untreated or inadequately treated milk can contaminate the final product. In this scenario, the present paper aims to collect temperature data of a pasteurization and cheese making equipment, in order to improve its quality, through the implementation of an automatic process control. First of all, it was necessary a study of the process, searching for the relation between the plant's output and the actuator; in this case the plant is the thermal behavior of the fluid (milk) and the actuators are represented by a steam valve and a cold-water valve. The collected data would be used to show the performance of those valves and it would help to develop the automatic control system, although, in order to avoid milk waste, in the collect data process and in the control system calibration, this research analyzed the possibility of using water instead milk. The initial measures show that the behavior of water is similar to the behavior of milk, and that water can be used as a viable substitute of milk in order to avoid milk waste in the collect data and sensors calibration.

Keywords: Automation. Automation. Milk. Cheese.

Introdução

No ano de 2020, o Brasil exportou mais de 4 toneladas de queijo, chegando a faturar mais de R\$ 18 milhões nesse mercado, conforme divulgado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (2021).

Os brasileiros consomem em média 5,3 kg de queijo por ano; com isso, o Brasil chega a ocupar a 6ª posição no consumo mundial de queijos, perdendo apenas para Estados Unidos da América, Rússia, China, Alemanha e Itália, respectivamente (SEBRAE, 2021). De acordo com Veríssimo *et al.* (2019), os queijos mais apreciados pela população brasileira são: queijo minas frescal, mussarela, ricota, queijo prato e parmesão, sendo o queijo minas frescal o mais consumido nas regiões Nordeste e Sudeste (SIQUEIRA; SCHETTINO, 2021).

A Portaria nº 352, de 1997, define o queijo minas frescal como um produto obtido a partir da coagulação enzimática do leite, classificado como semigordo de alta umidade e fresco. Assim como descrito por essa mesma portaria, o leite a ser usado para sua produção deve ser pasteurizado ou passar por outro tratamento térmico equivalente à pasteurização (BRASIL, 1997).

Mesmo sendo a pasteurização um processo regulado por lei para a produção do queijo minas, o insumo utilizado majoritariamente é o leite cru ou o leite com tratamento térmico ineficaz. Uma pesquisa realizada por Loguercio e Aleixo (2001) demonstrou que 93,33% dos queijos minas frescal produzidos em Cuiabá estavam contaminados por coliformes totais, e cerca de 43,33% desses produtos poderiam causar alguma intoxicação alimentar aos seus consumidores.

A automatização das fábricas de queijo minas é vista como solução para as irregularidades apresentadas, principalmente quando são utilizados controladores de temperatura, no caso, os controladores ON - OFF (SANTOS, MENEZES e QUEIROZ, 2020). Pensando em tornar a produção desse tipo de queijo mais padronizada e segura para os consumidores, foi proposto o uso de automatização durante o processamento térmico pela utilização de controladores *ON - OFF*, para o controle ideal do binômio tempo e temperatura de pasteurização.

Revisão bibliográfica

Conforme Santos, Menezes e Queiroz (2020), as fábricas de queijo minas frescal artesanal são as menos padronizadas se comparadas com as fábricas que produzem outros tipos de queijo. A partir de uma avaliação desse fato, constatou-se que cerca de 55,6% do queijo minas frescal não atendiam a legislação em relação à quantidade nele contida de coliformes totais, além de outros problemas que prejudicam a qualidade do produto final. Isso se dá pela falta de boas práticas de fabricação e, principalmente, pelo controle inadequado da temperatura durante o seu processamento.

De acordo com Vinha et al. (2016), é comum a utilização de leite cru para a produção de queijo minas frescal artesanal, o que acarreta sua contaminação. Produtos com alto índice de manuseio, no caso os queijos, têm maior risco de propagação de microrganismos como a *Salmonella sp.* e coliformes totais, gerando em sua composição competição por nutrientes e fermentações indesejadas, proporcionando assim a falta de padronização, além de ser um alimento não seguro (BATISTELLA; PEDROSA, 2021).

Visando tornar mais segura a produção de queijo minas, foi adicionado um processo térmico brando ao leite com o intuito de diminuir a carga microbiana nele existente sem que com isso mudassem suas características, ou seja, usando-se a pasteurização. Esse processo é um tratamento térmico desenvolvido por Louis Pasteur no século XIX, tendo como objetivo a conservação dos alimentos, e é responsável por eliminar os microrganismos patogênicos e grande parte dos deteriorantes (MAIA, 2012).

A pasteurização fundamenta-se em um binômio de tempo e temperatura levemente baixos, desse modo, permitindo um aumento na vida de prateleira do produto sem que provoque alterações nas suas características sensoriais e físico-químicas. No caso do leite, a pasteurização permite a eliminação dos microrganismos patogênicos, alterando minimamente suas características, deixando-o similar ao leite cru. Outro ponto importante da pasteurização, além de ser o único tratamento térmico de todo o processamento do queijo minas frescal, é a permanência da estabilidade da caseína, proteína importante para a coagulação (BUSNELLO, 2008).

De acordo com o Decreto nº 9.013, de 2017, são permitidos dois tipos de pasteurização do leite: a lenta e a rápida. A lenta baseia-se no aquecimento do leite entre as temperaturas 63 °C e 65 °C por 30 minutos enquanto ele é mantido sob agitação. Já a do tipo rápida consiste no aquecimento do leite entre as temperaturas 72 °C e 75 °C por 15 segundos. No final dos dois processos, o leite deve ser resfriado e mantido em refrigeração até o seu uso final (BRASIL, 2017).

O processo de pasteurização para a produção de queijo minas frescal baseia-se no tipo lento e em sua maioria é realizado em um tacho aberto encamisado, devido ao baixo volume de leite trabalhado. O aquecimento ocorre pela circulação de água quente ou vapor e o resfriamento por água fria (LOPES, 2019). Também pode ser utilizada a pasteurização do tipo rápido com o uso de um trocador de calor de placas, capaz de operar em temperaturas mais elevadas, o qual é baseado no sistema de contracorrente do fluido quente-frio do leite (BARBOSA et al., 2018).

A eficácia da pasteurização do leite pode garantir a eliminação de microrganismos patogênicos e deteriorantes (CASAROTTI, 1993). O controle da temperatura durante essa etapa é essencial, por isso é que os usos de controladores podem garantir a padronização, a continuidade da temperatura e possíveis correções relacionadas a ela (SILVEIRA, 2016). Como apresentado por Santos, Menezes e Queiroz (2020), a automação nas fábricas de queijos traz diversas vantagens como a redução da contaminação microbiológica, diminuição nos custos de fabricação e controle ideal da temperatura durante o processo, tornando o produto final mais seguro e padronizado.

De acordo com Seborg *et al.* (2016), tendo em vista a necessidade de maior segurança e eficiência nas plantas industriais, foi consequência natural os sistemas de controle se tornarem indispensáveis para o avanço da indústria. Da mesma forma, não seria possível operar as plantas modernas com segurança sem os sistemas computacionais.

O uso de controladores tipo *ON - OFF* visa desenvolver a capacidade de automatização do processo e de controlar a temperatura de maneira contínua e monitorá-la de modo remoto (SANTOS, MENEZES e QUEIROZ, 2020). O controlador *ON - OFF* é o modelo mais básico e de baixo custo dentre os existentes, sendo denominado de controle clássico. Seu funcionamento é baseado no sistema de liga ou desliga dependendo da interpretação do sensor. A tomada de

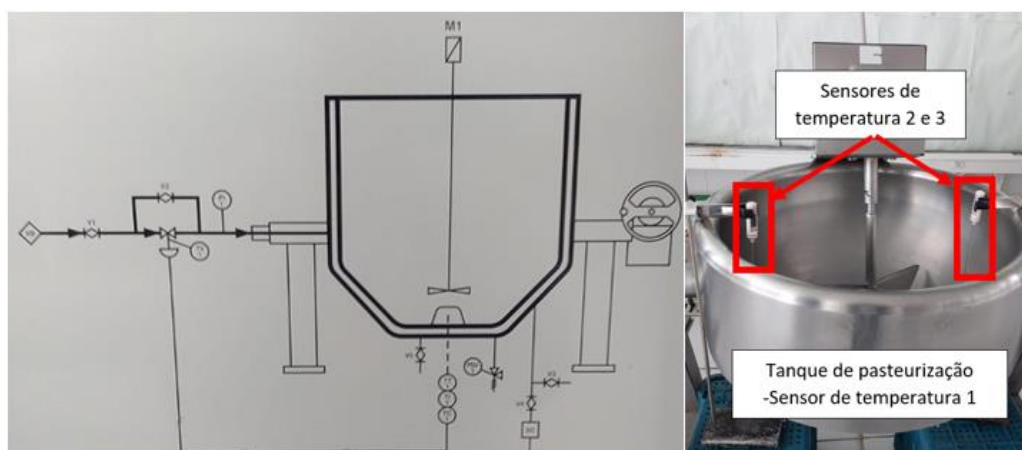
decisão para utilizá-lo é fundamentada em uma determinação contida no programa, ou seja, se a temperatura ajustada é ou não a desejada, permitindo assim, remotamente, o controle de válvulas para o aumento ou redução da temperatura (CARDOSO, 2020).

Material e método

Na planta-piloto do Centro Educacional da Fundação Salvador Arena (CEFSA), é produzido queijo minas frescal pelos funcionários da referida instituição. Nesse local, foi proposta a implementação do protótipo de automatização do processo de pasteurização do leite para a produção desse tipo de queijo.

Atualmente o procedimento realizado pelos funcionários do CEFSA consiste no acionamento das válvulas, para aquecimento e resfriamento, manualmente no tanque de produção do queijo minas frescal (Figura 1 (a)). Foi notado, durante as visitas à planta-piloto, a necessidade da realização de um procedimento operacional padrão (POP) para os acionamentos e/ou desligamentos das válvulas, já que essas ações não eram registradas anteriormente.

Figura 1 – (a) Diagrama do tanque e (b) Instalação inicial dos sensores de temperatura.



Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Para a instalação desses protótipos, foram realizados três testes iniciais para as análises das temperaturas utilizadas durante o processo. Para tanto, utilizou-se o sensor de temperatura (1) presente no tanque da planta-piloto para a produção de queijos, além de dois sensores de temperatura tipo espeto da marca Kasvi (2 e 3) e dois suportes de buretas, que foram colocados próximo ao tanque, como visualizado na Figura 1 (b). Esse protótipo tem como objetivo

automatizar a pasteurização do leite, sendo que não é necessário o controle manual da temperatura.

O primeiro teste foi realizado com a adição de 33 litros de leite no tanque, volume este que corresponde ao leite disponível no CEFSA; nesse processo foram analisados o tempo e a variação de temperatura entre os sensores de temperatura instalados e o que já existe no interior do tanque. As análises ocorreram durante a fase de aquecimento e de resfriamento, variando as temperaturas de 63, 64, 65, 66, 67, 71, 72, 73, 74 e 75 °C. O segundo teste foi realizado com o mesmo direcionamento que o primeiro, utilizando 33 litros de água. O volume de água utilizado no segundo teste foi equivalente à quantidade de leite utilizada no primeiro teste. O objetivo desse experimento foi avaliar a capacidade que a água apresenta de substituir o leite em futuros testes, já que não se pode correr o risco de desperdiçar leite caso um dos testes dê errado.

Resultados e discussão

O POP elaborado para o tanque de pasteurização do queijo minas frescal fundamenta-se no acionamento da válvula V1, responsável pela liberação do vapor através da camisa do tanque, onde se inicia o processo de aquecimento. Após atingir a temperatura desejada, a V1 é fechada e logo em seguida são abertas as válvulas: Vermelha, V5 e PSV1. A válvula vermelha é responsável por ligar a água, que está em temperatura ambiente, enquanto a válvula V5 permite a entrada de água na camisa do tanque, e a PSV1 pela saída da água; essa etapa é encarregada de resfriar o leite. As válvulas estão representadas na Figura 2.

Figura 2 - Válvulas: V1, Vermelha, V5 e PSV1, respectivamente.



Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Conforme o primeiro teste realizado na planta-piloto do CEFSa, o Quadro 1 apresenta os binômios de tempo e temperatura dos processos de aquecimento registrados pelos três sensores de temperatura, estando o tanque com 33 L de leite.

Quadro 1 – Teste 1: leite – 33 L

Temp.	Sensor de temperatura 1		Sensor de temperatura 2		Sensor de temperatura 3	
	Aquec.	Resf.	Aquec.	Resf.	Aquec.	Resf.
63 °C	10:55:00	10:58:56	10:55:00	10:59:00	10:55:00	10:58:58
64 °C	10:55:07	10:58:41	10:55:08	10:58:43	10:55:07	10:58:42
65 °C	10:55:13	10:58:26	10:55:13	10:58:27	10:55:15	10:58:27
66 °C	10:55:25	10:58:11	10:55:26	10:58:13	10:55:22	10:58:12
67 °C	10:55:36	10:57:56	10:55:36	10:57:57	10:55:37	10:57:57
71 °C	10:56:06	10:57:41	10:56:07	10:57:43	10:56:07	10:57:42
72 °C	10:56:14	10:57:26	10:56:13	10:57:27	10:56:15	10:57:27
73 °C	10:56:24	10:57:11	10:56:25	10:57:13	10:56:25	10:57:12
74 °C	10:56:33	10:56:56	10:56:32	10:56:5	10:56:36	10:56:57
75 °C	10:56:41	10:56:41	10:56:43	10:56:43	10:56:42	10:56:42

Fonte: elaborado pelos autores (2022).

O primeiro teste foi realizado no dia 28 de abril de 2022, durante o período da manhã. Foram despejados no tanque 33 litros de leite; o aquecimento foi iniciado às 10 horas e 44 minutos. Logo em seguida, foram registrados os tempos correspondentes às temperaturas descritas nos materiais e métodos, como pode ser observado na tabela 1. Esse registro ocorreu através de fotos, pois dessa forma é possível registrar a hora e os minutos em que uma foto foi tirada; além disso, devido a um termostato presente no painel, é possível registrar o tempo juntamente com a temperatura num determinado instante. Durante o processo, o sensor de temperatura 3 parou de funcionar, mas logo foi substituído; por essa razão, apenas os sensores de temperatura 1 e 2 foram utilizados nesse primeiro teste.

O aquecimento terminou após atingir a temperatura de 75 °C, o que durou uma média de 1 minuto e 42 segundos, enquanto o resfriamento, de 75 °C até 63 °C, levou em média 2 minutos e 16 segundos. Nesse primeiro teste, foi possível observar e montar a estrutura instalada para os sensores de temperatura. Durante a realização desse teste, os sensores de temperatura demonstraram pequenas variações, tanto para o resfriamento quanto para o aquecimento. A partir do segundo teste realizado com água, foi possível a obtenção do Quadro 2, no qual é

demonstrado o tempo e a temperatura registrados pelos sensores de temperatura, no Teste 2, usando água, no volume de 33 L.

Quadro 2 – Teste 2 com água – 33 L

Temp.	Sensor de temperatura 1		Sensor de temperatura 2		Sensor de temperatura 3	
	Aquec.	Resf.	Aquec.	Resf.	Aquec.	Resf.
63 °C	00:00:00	00:02:07	00:00:00	00:02:03	00:00:00	00:02:04
64 °C	00:00:07	00:01:55	00:00:07	00:01:52	00:00:07	00:01:51
65 °C	00:00:12	00:01:43	00:00:13	00:01:39	00:00:15	00:01:39
66 °C	00:00:22	00:01:32	00:00:22	00:01:28	00:00:22	00:01:30
67 °C	00:00:31	00:01:17	00:00:30	00:01:18	00:00:30	00:01:16
71 °C	00:01:01	00:00:37	00:01:01	00:00:36	00:01:00	00:00:35
72 °C	00:01:07	00:00:29	00:01:10	00:00:27	00:01:07	00:00:26
73 °C	00:01:16	00:00:19	00:01:19	00:00:18	00:01:16	00:00:17
74 °C	00:01:25	00:00:11	00:01:27	00:00:09	00:01:25	00:00:08
75 °C	00:01:33	00:00:00	00:01:36	00:00:00	00:01:34	00:00:00

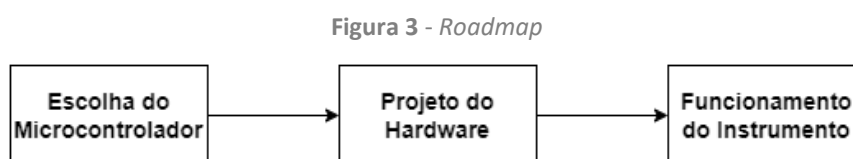
Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Para obter mais precisão no segundo teste, foi utilizado um cronômetro para registrar a variação de tempo durante os processos de aquecimento e de resfriamento. Tem-se em mente que o início do resfriamento e do aquecimento ocorre no zero e, a partir disso, são registrados os tempos relacionados às temperaturas. No segundo teste, percebe-se que os tempos da mudança de temperatura estiveram próximos; logo, os sensores de temperatura adicionais não interferiram no processo.

Seguindo o mesmo esquema do primeiro teste, o aquecimento foi encerrado ao atingir 75 °C e durou entre 1 minuto e 33 segundos a 1 minuto e 36 segundos, enquanto o resfriamento que é cessado em 63 °C durou entre 2 minutos e 3 segundos a 2 minutos e 7 segundos. Em relação ao material utilizado, como nos dois casos, o tempo total de aquecimento e de resfriamento foi similar, é compreensível que a água seja uma boa substituta para o leite durante as futuras etapas de instalação dos protótipos de controles; entretanto, existe a necessidade da realização de mais medidas para confirmar a similaridade do tempo de aquecimento entre a água e o leite.

Proposta do sistema de controle

Conforme visto na revisão bibliográfica, um controlador do tipo ON - OFF seria o ideal para este tipo de experimento, devido ao seu funcionamento simples e à natureza lenta do aquecimento do processo de pasteurização. Visando a implementação desse sistema, foi projetado o núcleo de um controlador ON-OFF. Para estas operações, deve se seguir um *roadmap* do desenvolvimento do instrumento de controle, como descrito na Figura 3.



Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Escolha do microcontrolador

O controlador escolhido tem em seu núcleo o microcontrolador ATmega328P de 8 bits, da família AVR, que possui a arquitetura RISC (*Reduced Instruction Set Computer*), fazendo com que grande parte de suas instruções possam ser executadas em um único ciclo de *clock*.

Sua escolha levou em conta duas áreas, as de suporte ao projeto e as técnicas inerentes do microcontrolador, apresentando como principais características diversidade de fabricantes, montadores, compiladores, *linkers* e *toolchain* gratuitos, fácil acesso a documentação, além de memórias, *timers* e interface I²C e SPI.

Projeto do hardware

O projeto do hardware do presente sistema buscou desenvolver um método de acesso e controle dos periféricos mantendo a simplicidade, visando a facilidade de expansão física e implementação pelo firmware.

O microcontrolador ATmega328P possui 4 portas, cada uma com 8 pinos, tendo no total 32 pinos, porém nem todos eles são utilizáveis como GPIO (*General Purpose Input - Output*), tendo apenas 23 pinos para este propósito; os demais são pinos de alimentação, controle e referência de sinais. Devido a essa limitação de pinos disponíveis, foi utilizado um método para a

multiplexação das entradas, e assim expandir o número de I - O disponíveis. Este método possui uma limitação, qual seja, de que quanto mais dispositivos se queira endereçar, mais lento será o processo de acesso a eles; porém, como será apresentado adiante, a nossa aplicação não exige muitos periféricos; logo, essa limitação não é crítica para o projeto.

O método utilizado é o *Memory Mapped I-O*, em tradução livre, E-S Mapeadas como Memória. Este método é bem conhecido e popularizado pelo microcontrolador Intel MCS-51, mais conhecido como Intel 8051. Suas versões iniciais, lançadas no início da década de 1980, não continham memória de programa (ROM) e nem memória de dados (RAM), e o acesso a estes periféricos eram feitos através do PORT2 e PORT0 em conjunto com os pinos de controle e *latches*, de modo que estes componentes trabalham juntos, para que uma mesma porta seja usada como barramento de endereços e dados ora da memória de programa, ora da memória de dados.

No caso específico deste projeto, foi reservado o PORTD como barramento de dados e endereços e foram designados dois pinos do PORTB como pinos de controle para os *latches*. Para ilustrar o funcionamento deste método, será apresentada uma descrição do procedimento de escrita da letra “a” no display de 7 segmentos.

1. Envia-se ao U2, através dos pinos PORTD.0 ao PORTD.2, o endereço do *latch* que se deseja habilitar; no exemplo, para se escrever um valor no display, primeiro seleciona-se o *latch* que guarda o seu valor, portanto escreve-se no PORTD o endereço 0x00, e “chavea-se” o pino ALE para o *latch* U2 guardar este valor, pois assim o 74HC237 ficará com a saída Y0 em nível lógico alto, fazendo com que a lógica AND do U9A fique dependente apenas do pino WRITE para habilitar o *latch* U4.;

2. Escreve-se no *PORTD* o conteúdo que se deseja mostrar no display; como será apresentado a letra “a”, coloca-se no *PORTD* o valor 0x77, que corresponde aos segmentos acesos do display que formarão a letra “a” maiúscula;

3. Em seguida, “chavea-se” o pino de controle *WRITE*, para que a lógica AND no U9A seja verdadeira, e aciona-se o pino LE (*Latch Enable*) do U4, de modo que os valores disponíveis no PORTD sejam mantidos neste *latch*.

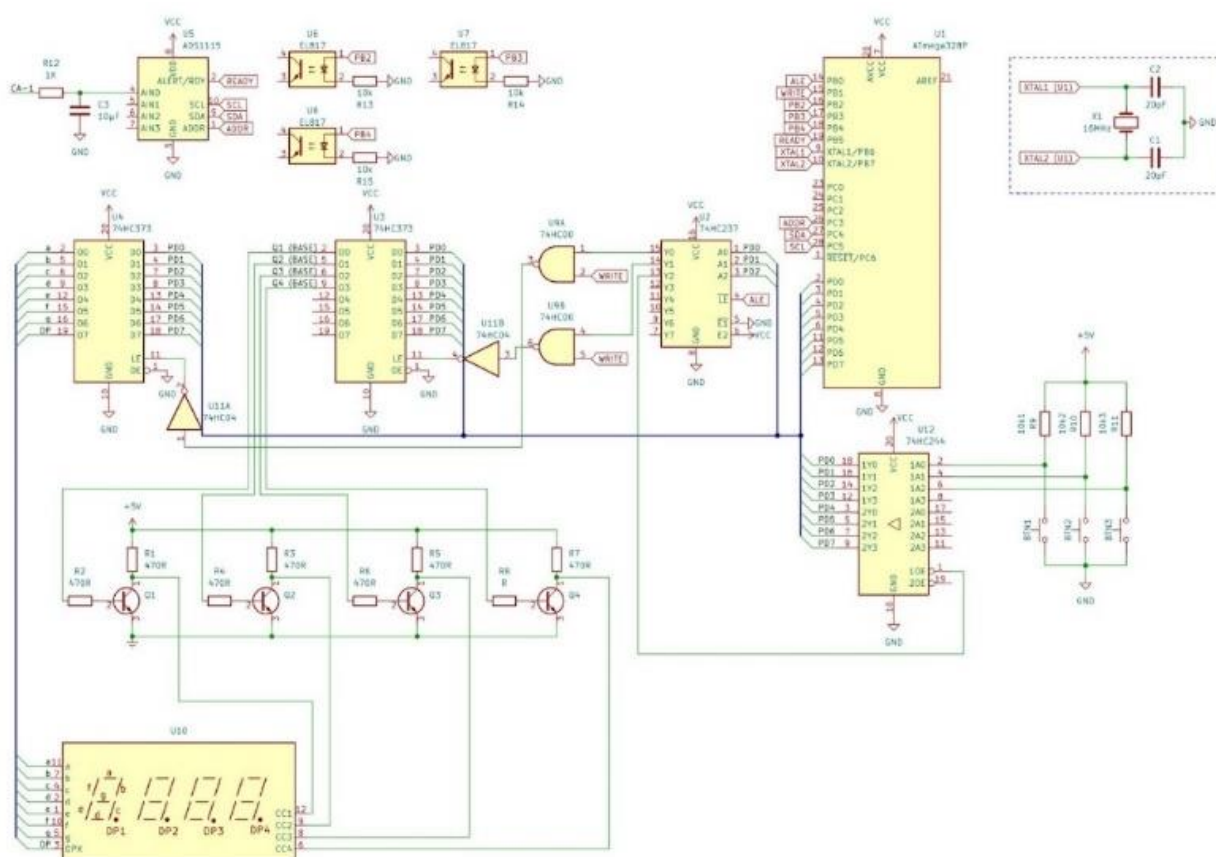
4. Neste ponto, tem-se o conteúdo que mostra o a letra “a” no primeiro display, mas ainda é necessário selecionar o display que irá receber este valor. Para isso, faz-se o mesmo procedimento descrito no item 1, porém envia-se ao *latch* o endereço do *latch* que seleciona os displays; no caso, é o endereço 0x01, que vai habilitar a porta Y1 do U2 e iniciar a lógica *AND* no U9B, para selecionar o *latch* U3;

5. Assim como no passo 2, escreve-se o valor de qual display se deseja acender; como será acionado o terceiro display, envia-se através do *PORTD* o valor 0x04;

6. E “chavea-se” o pino *WRITE* para que a lógica *AND* no U9B seja verdadeira; então, deve-se acionar o pino de *LE* do U3, para disponibilizar os bits na saída do *latch*.

Esse funcionamento, apesar de parecer complexo à primeira vista, é relativamente simples de ser implementado, e atende muito bem às necessidades do projeto, além de que, em caso de necessidade, poderiam ser adicionados mais quatro displays de 7 segmentos, totalizando 8 displays, sem grandes mudanças de hardware ou de software, e se formos além, ainda pode-se endereçar mais 5 *latches*, fazendo uma interface com mais 40 pinos de *I-O*, os quais poderiam ser conectados a outros displays, relés, LEDs indicadores, *buzzers*, entre outros dispositivos de acionamento, como visualizado na Figura 4.

Figura 4 - Circuito eletrônico.



Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Funcionamento do instrumento

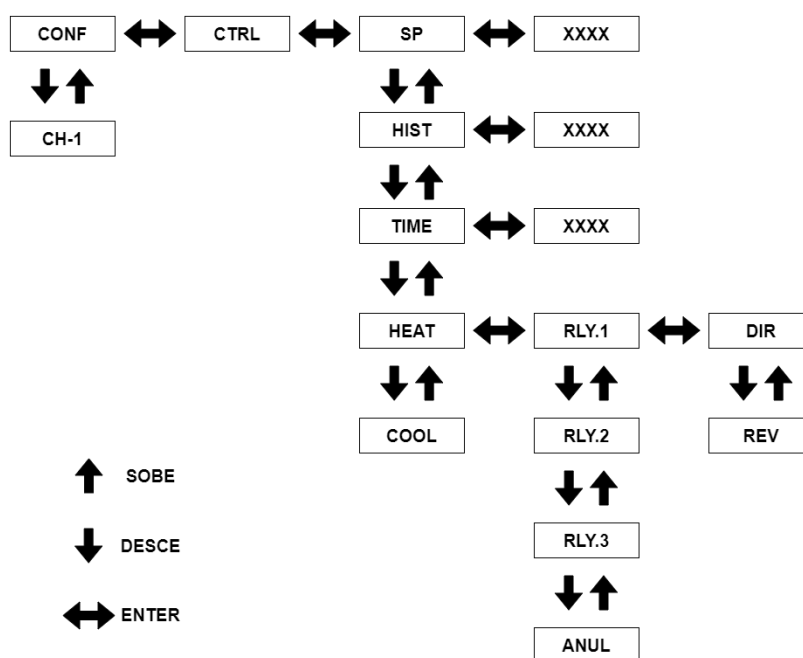
O firmware do controlador foi feito usando a IDE Microchip Studio com a *toolchain* disponibilizada pela AVR-GCC, usando a linguagem C. A árvore dos menus do instrumento é mostrada na Figura 5 e, depois disso, será explicada a função de cada mnemônico presente, no Quadro 3. A navegação entre os diversos níveis de opções é feita usando as teclas SOBE, DESCE e ENTER, conforme é indicado na Figura 5.

Quadro 3 - Descrição dos mnemônicos

Mnemônico	Descrição	Unidade
CONF	Entrada do modo de configuração	-
CTRL	Configuração dos parâmetros de controle	-
SP	<i>Setpoint</i> , temperatura desejada para a pasteurização	0-255 °C
HIST	Histerese do <i>setpoint</i> para a tolerância do controle	0-255 °C
TIME	Tempo de <i>hold</i> do <i>setpoint</i>	0-255 segundos
HEAT	Escolha dos relés que serão responsáveis pelo aquecimento	-
COOL	Escolha dos relés que serão responsáveis pelo resfriamento	-
RLY.X	Configuração do Relé X	-
DIR	Ação direta (NA)	-
REV	Ação reversa (NF)	-

Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Figura 5 - Árvore de menus



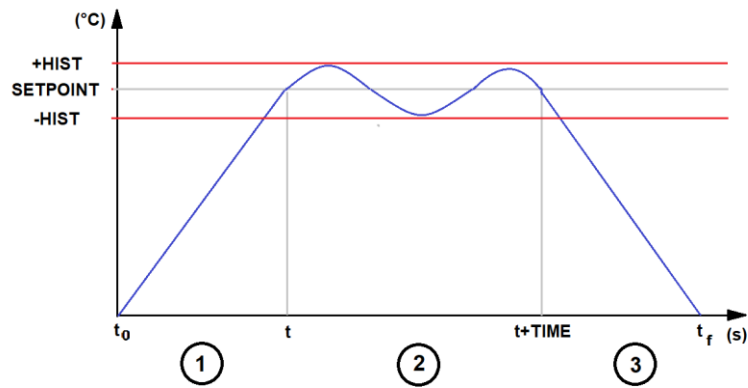
Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Estratégia de controle

De acordo com os parâmetros configurados para controle, apresentados na Figura 6, representam o comportamento desejado da temperatura em função do tempo. Nessa figura temos os três estados do sistema de controle: o estado 1 é a etapa de aquecimento até o *setpoint*; após chegar a este ponto, o sistema deve cuidar de manter essa temperatura durante o tempo preestabelecido, levando em conta o parâmetro da histerese como uma tolerância, e

também, por se tratar de um sistema ON - OFF, para evitar os acionamentos e desacionamentos muito rápidos levando ao desgaste precoce dos contatos; e após isso(essa etapa,) no estado 3, dá-se início ao processo de resfriamento do sistema.

Figura 6 – Temperatura x tempo



Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Considerações finais

Como principais objetivos alcançados, através de testes experimentais *in-loco*, foi provado que a água pode ser usada no lugar do leite para a experimentação e execução posterior dos testes com o sistema real. Também foi proposta a arquitetura eletrônica básica do sistema, visando a modularidade e facilidade de expansão, tanto do ponto de vista do hardware quanto do software.

Por fim, para trabalhos futuros, poder-se-ia conceber o aperfeiçoamento do sistema de controle, adicionando as funções e métodos que são empregados em sistemas finais, como o uso de um conversor analógico digital para a interface com os sensores de temperatura, o projeto de um circuito de alimentação baseado em fontes chaveadas, a montagem física dos circuitos e a confecção de um encapsulamento para acomodar o circuito eletrônico, além da possibilidade de realização de mais testes a fim de garantir que variações na taxa de gordura, taxa de proteína ou outros elementos não poderiam interferir no comportamento do leite em relação à água.

Referências

- BARBOSA, Célia Maria Dantas *et al.* Automação de um processo alternativo da pasteurização do leite utilizando ação de controle on-off. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ggg, v. 10, n. 1, p. 41-52, abr. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/11971/209209209893>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- BATISTELLA, V. M. C.; PEDROSA, A. Qualidade microbiológica de queijos Minas Frescal artesanais. **Scientific Electronic Archives**, [S.L.], v. 14, n. 5, p. 99-103, 30 abr. 2021. <http://dx.doi.org/10.36560/14520211302>. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1302/1405>. Acesso em: 18 fev. 2022.
- BRASIL. Decreto nº9.013, de 29 de março de 2017. **Inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/legislacao/legislacao-geral-da-pesca/decreto-no-9-013-de-29-03-2017.pdf/view#:~:text=Regulamenta%20a%20Lei%20n%C2%BA%201.283,de%20produtos%20de%20origem%20animal>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- BRASIL. Portaria nº352, de 04 de setembro de 1997. **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo minas frescal**. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-ma-352-de-04-09-1997,644.html#:~:text=O%20Queijo%20Minas%20Frescal%20dever%C3%A1,temperatura%20n%C3%A3o%20superior%20a%208%C2%BAC.&text=5.1.,para%20queijos%20de%20alta%20umidade>. Acesso em: 03 mar. 2022
- BUSNELLO, Sabrina Rotger. **Aspectos da qualidade do leite e produção do queijo minas Frescal**. 2008. 39 f. Tese (Doutorado) - Curso de Medicina Veterinária, Centro das Faculdades Metropolitanas Unidas - Fmu, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://arquivo.fmu.br/prodisc/medvet/srb.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2022.
- CARDOSO, Matheus. **Como Funciona o Controlador ON/OFF?** 2020. Disponível em: <https://edu.ieee.org/br-ufcgras/como-funciona-o-controlador-on-off/>. Acesso em: 25 fev. 2022.
- CASAROTTI, Vânia Travaglini. **Ocorrência de Listeria monocygenes em leite cru, leite pasteurizado tipo C e queijo minas frescal comercializados em Piracicaba**. 1993. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-20191218-162117/publico/CasarottiVaniaTravaglini.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2022.
- LOGUERCIO, Andrea Pinto; ALEIXO, José Antônio Guimarães. Microbiologia de queijo tipo minas frescal produzido artesanalmente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1063-1067. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/PK3m3pNcvkYYSk94YBzXpQsC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 mar. 2022.
- LOPES, Iara Alves. **Construção de sistemas Automatizados para pasteurização de Leite e produção de logurte Natural**. 2019. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2019. Disponível em: https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/1831/1/tcc_iaraalveslopes.pdf. Acesso em: 22 fev. 2022.
- MAIA, Ana Sofia Pico. **Pasteurização: estudo do efeito de Parâmetro físico-químicos na cinética e dimensionamento**. 2012. 84 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestre em Tecnologia Química, Escola

Superior de Tecnologia de Tomar, Portugal, 2012. Disponível em: https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/5844/1/2012-11-12%20Ana_TFM_final..pdf. Acesso em: 18 fev. 2022.

SANTOS, Ananza di Renzo dos; MENEZES, Ivana Bevilacqua de; QUEIROZ, Tadeu Miranda de. Proposta de automação da produção de massa de queijo com controle de nível e de temperatura. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 458-468, 22 dez. 2020. Companhia Brasileira de Produção Científica. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.003.0037>.

SEBRAE. **Agronegócio**. Santa Catarina, maio de 2021. Disponível em: https://www.sebrae-sc.com.br/storage/imagem-principal/60b0d9eb5a6ae119905118_2021-10-25-025838_fftn.pdf. Acesso em: 03 mar. 2022.

SEBORG, Dale E., EDGAR, Thomas F., MELLICHAMP, Duncan A., DOYLE III, Francis J., **Process Dynamics and Control**. Fourth edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2016.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **O Controle de Temperatura nos processos Industriais**. 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/controle-de-temperatura/>. Acesso em: 25 fev. 2022.

SIQUEIRA, Kenya; SCHETTINO, João Pedro Junqueira. **O consumo de queijos pelos brasileiros**. 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/kennya-siqueira/o-consumo-de-queijos-pelos-brasileiros-225212/>. Acesso em: 03 mar. 2022.

VINHA, Mariana Barboza *et al.* QUALIDADE DE QUEIJOS MINAS FRESCAL PRODUZIDOS E COMERCIALIZADOS INFORMALMENTE EM AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 1-11, 31 dez. 2016. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável. <http://dx.doi.org/10.21206/rbas.v6i4.377>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322577617_QUALIDADE_DE_QUEIJOS_MINAS_FRESCAL_PRODUCED_AND_MARKETED_INFORMALLY_IN_FAMILY_AGRICULTURAL_INDUSTRIES. Acesso em: 18 fev. 2022.

Envasadora de líquidos desenvolvida a partir de conceitos da Indústria 4.0

Liquid filling machine developed based on Industry 4.0 concepts

Engenharia de Controle e Automação

Rogério Etchebehere Júnior

(061210044@faculdade.cefsa.edu.br)

Graduando em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

Marcones Cleber Brito da Silva

(pro21001731@cefsa.edu.br)

Mestre em Tecnologia Nuclear pela Universidade de São Paulo e professor da Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

FTT Journal of Engineering and Business

• SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP DEZ. 2021

• ISSN 2525-8729

Submissão: 29 ago. 2022 Aceitação: 14 dez.2022

Sistema de avaliação: às cegas dupla (double blind review)

FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA, p. 86-106

FTT JOURNAL
of Engineering and Business



**FACULDADE
ENGENHEIRO
SALVADOR ARENA**

Resumo

Este trabalho consiste na criação de um protótipo de um sistema de envase, por meio da integração dos conceitos baseados na 4ª Revolução Industrial, tendo como principal objetivo implementar os seguintes temas: computação em nuvem, robótica, IoT e a integração de sistemas. Para que o trabalho pudesse chegar ao objetivo proposto foi necessário realizar o estudo da bibliografia sobre o tema principal, executar a montagem da estrutura mecânica e eletrônica, configuração e programação do ESP32, desenvolvimento da IHM, SCADA, banco de dados, aplicativo e por fim realizar a elaboração do texto. Notou-se que a integração de sistemas é de extrema importância para processos industriais, principalmente aqueles que exigem maior conectividade, produtividade e qualidade, algo presente no núcleo da indústria 4.0, onde é necessário que a manufatura conquiste melhores resultados por meio de tecnologias integradas.

Palavras-chave: Automação. IoT. Integração. Tecnologia.

Abstract

This paper consists of creating a prototype of a filling system, through the integration of concepts based on the 4th Industrial Revolution, with the main objective of implementing the following themes: cloud computing, robotics, IoT and systems integration. In order for the work to reach the proposed objective, it was necessary to study the bibliography on the main theme, assemble the mechanical and electronic structure, configure and program the ESP32, develop the HMI, SCADA, database, application and finally carry out the elaboration of the text. It was noted that the integration of systems is extremely important for industrial processes, especially those that require greater connectivity, productivity and quality, something present in the core of industry 4.0, where it is necessary for manufacturing to achieve better results through integrated technologies.

Keywords: Automation. IOT. Integration. Technhnology.

Introdução

Desde o início da Revolução Industrial, as máquinas de envase estiveram entre as primeiras aplicações industriais usadas em grande escala, sendo utilizadas nas mais diversas aplicações. O propósito de desenvolver uma linha de envase ganhou importância devido ao fato de que a indústria atual se apresenta em constante expansão, tendo em vista o aumento no uso dessas máquinas a cada dia.

As indústrias de bebidas, por exemplo, contam com uma grande participação no cenário nacional, devido a sua demanda de produção acentuada gerada pelo mercado consumidor. O Brasil é o quinto maior mercado de bebidas saudáveis do mundo, apresentando um crescimento de 20% ao ano desde 2012, enquanto o resto do mundo cresceu apenas 8% (O GLOBO, 2021).

O processo de embalagem de bebidas ou líquidos em geral, comumente conhecido como envase, corresponde à etapa final da fabricação dos produtos deste segmento, havendo a possibilidade de serem envasados em diversos tipos de embalagens, em sua maioria, de plástico ou de vidro, podendo ser descartáveis ou até retornáveis. Logo, a envasadora é o equipamento responsável para que os recipientes sejam preenchidos com as quantidades necessárias de líquidos, cumprindo com o objetivo de cada produto.

A automação contribuiu muito para as empresas deste setor, aumentando a produção e reduzindo em muito o custo de fabricação, possibilitando a obtenção de um produto mais barato para o consumidor e, conseqüentemente, um aumento significativo nas vendas.

Tendo em vista este cenário e com a iminente chegada da quarta Revolução Industrial, que, implantada juntamente com a automação geraram a otimização dos processos produtivos, percebeu-se um aumento na flexibilidade de produção, por meio da adaptação das máquinas, em sua maioria conectadas à internet para a produção diversificada conforme a demanda, reduzindo, entre outras coisas, o trabalho manual e substituindo a mão de obra humana pela automatizada.

Desse modo, pensou-se em uma forma de buscar inserir parte destes conceitos, verificando a viabilidade de cada um deles e salientando-se os benefícios dessas aplicações dentro do contexto atual para uma linha de envase de líquidos, um tipo de máquina imprescindível na indústria, com o objetivo principal de gerar dados do processo produtivo e disponibilizá-los de

fácil acesso aos gestores do processo, auxiliando no rastreamento de produtos e coletando dados precisos e em tempo real sobre o ciclo de vida completo da produção.

Fundamentação teórica

De acordo com Padilha (2007), uma linha de envase está atrelada a uma linha de produção especializada em inserir o produto produzido em uma etapa anterior do processo de fabricação em um recipiente, até tornar-se o produto pronto para o consumidor, o qual, por sua vez, deverá ser embalado em sua unidade logística e, finalmente, paletizado para posterior armazenagem no depósito.

Os maquinários para envase de cervejas nas grandes empresas operam em fábricas com linhas de alta velocidade de enchimento, dispondo de poucas opções de fornecimento, visto que estes equipamentos possuem uma tecnologia dominada por poucos fabricantes de atuação mundial. Em geral, os equipamentos de envase funcionam por meio de acionamentos pneumáticos ou elétricos fazendo uso de bombas que empurram o líquido até o recipiente (CERVIERI JÚNIOR, 2014).

Em um cenário em que as indústrias buscam a modernização e desenvolvimento de novos produtos e processos, atendendo as exigências de maneira rápida e eficaz, surge a indústria 4.0 com conceitos que visam o aumento da capacidade produtiva, com automação de processos e grande impacto na entrega de produtos. Assim sendo, os sistemas de produção passaram a ficar cada vez mais inteligentes, capazes de detectar o surgimento de necessidades produtivas, de suprimentos e matérias-primas, envolvendo a união de tecnologias físicas e digitais e a integração de todas as etapas do desenvolvimento de um produto ou processo (ALMEIDA, 2019).

Segundo Lamb (2015), na indústria, o termo robótica é definido como o projeto e a utilização de sistemas de robôs para a manufatura. Conforme definição da ISO 8373:2012, “o termo robô industrial é utilizado para caracterizar um manipulador polivalente automaticamente controlado, reprogramável, programável em três ou mais eixos”. Outros autores como Groover (2010), apontam que um robô industrial é uma máquina programável, de aplicação geral e que possui determinadas características antropomórficas (atribuição de características humanas a

animais, máquinas etc.). O autor ainda destaca que os robôs industriais são muito usados em todo o setor de manufatura e há categorias desses robôs com diferentes configurações e tamanhos.

As habilidades dos robôs articulados são agrupadas em uma “cadeia”, de modo que uma articulação sustente outra localizada mais adiante. Outro termo usado para designar um robô articulado é “braço robótico”. Romano (2002) complementa que nesta configuração existem ao menos três juntas de rotação. O eixo de movimento da junta de rotação da base é ortogonal às outras duas juntas de rotação que são simétricas entre si. Este tipo de configuração é o que permite maior mobilidade aos robôs.

Outro aspecto a ser desenvolvido neste trabalho é o da internet das coisas. Existem fortes divergências em relação ao conceito de Internet of Things (IoT), não havendo um conceito único que possa ser considerado padrão. De maneira geral, pode ser entendido como um ambiente de objetos físicos interconectados com a internet por meio de pequenos sensores embutidos voltado para a facilitação do cotidiano das pessoas, introduzindo soluções funcionais nos processos do dia a dia. O mesmo autor declara que todas as definições de IoT têm em comum o emprego de computadores, sensores e objetos, interagindo uns com os outros e processando informações e/ou dados em um contexto de hiperconectividade (MAGRANI, 2018).

A internet industrial das coisas foi a evolução das informações da cadeia produtiva, um sistema de controle de informações com o conceito de conectar via Cloud (Nuvem), tornando-se uma parte crítica no sistema produtivo, podendo se conectar diretamente com o fornecedor do produto em tempo real, permitindo-lhe que analise a qualidade e o uso de seu produto (VENTURELLI, 2021).

Um conceito que deve fazer parte deste trabalho é o de microcontrolador, um componente eletrônico de pequeno porte que possui inteligência capaz de possibilitar ao usuário a realização de uma programação em sua memória. Os microcontroladores são conhecidos como microcomputadores implementados em um único Circuito Integrado (CI). Geralmente, são limitados em termos de quantidade de memória, sendo utilizados em aplicações específicas dentro da automação industrial e na automação embarcada (GIMENEZ, 2002).

Atualmente, o termo “sensor” é muito comum para todas as pessoas, independentemente de seu grau de conhecimento do ramo da elétrica ou da eletrônica, pois são onipresentes na vida de todos, estando presentes em smartphones, carros, elevadores e inclusive em instalações domésticas. Autores como Aguirre (2013) definem sensores como sendo uma classe de transdutores que “sentem” as variáveis físicas, como movimento, temperatura e pressão e transformam tais grandezas em sinais elétricos.

No projeto, foram usados sensores ópticos de retroreflexão, também chamados de retroreflexivos e, conforme mencionado por Franchi e Camargo (2013), os sensores ópticos são extremamente utilizados para detectar objetos em longas distâncias (ao contrário dos sensores indutivos ou capacitivos) e no vácuo podem detectar qualquer tipo de material, sejam metálicos, condutivos ou porosos. O sensor óptico de retroreflexão ou retroreflexivo é constituído pelo emissor e pelo receptor, ambos localizados em uma unidade; uma vez interrompida a reflexão pela presença de algum objeto a ser detectado pelo feixe de luz, um contato elétrico é aberto ou fechado.

Um transdutor extensiométrico, conhecido popularmente como célula de carga, pode ser utilizado para medir solicitações mecânicas como força, momento e pressão, a partir do uso de extensômetros. O condicionamento mais usual para células de carga é feito a partir da utilização de *pontes de wheatstone*. A célula de carga, onde são fixados os extensômetros, sofre deformação que ocasiona a extensão ou contração dos extensômetros, provocando variação da sua resistência, causando desbalanço na ponte, o que modifica sua tensão de saída (FIALHO, 2014).

De acordo com Parede (2011), um protocolo de comunicação é um idioma no qual dois ou mais equipamentos conversam entre si. O protocolo de comunicação é uma série de regras definidas em que consta o formato no qual a mensagem deve ser transmitida entre os participantes da rede. A simbologia e os caracteres usados para questionar sobre certo evento ou responder a determinada questão e a velocidade com que essa informação flui de um lado a outro, por exemplo, são detalhes que devem ser padronizados em um protocolo.

Os protocolos necessitam de um meio físico que permita a interligação desses dispositivos na velocidade e nas condições exigidas pelo fabricante, possibilitando a construção de uma rede de

comunicação. Tais informações normalmente são transmitidas ou questionadas de forma serial, ou seja, bit a bit, por meio de sinal elétrico ou óptico. Geralmente, o protocolo e o meio físico são determinados pelo fabricante. Criados em 1979 para a comunicação entre controladores da Modicon, são de simples configuração e manutenção. Desde o início conquistaram fácil penetração no mercado e continuam sendo bem-aceitos, por sua simplicidade e certa robustez na troca de dados entre os dispositivos. Três versões são mais comuns: o Modbus RTU, o Modbus Plus e o Modbus TCP/IP (PAREDE, 2011).

Ainda de acordo com Parede (2011), o Modbus, Unidade Terminal Remota (RTU), traz o conceito de visualização remota de dados. Normalmente, é utilizado para a comunicação dos CLPs com os blocos de E/S e com os instrumentos eletrônicos inteligentes, como relés de proteção, controladores de processo, atuadores de válvulas, transdutores de energia e outros. O meio físico mais utilizado é o serial RS-232 ou RS-485 (padrão serial elétrico que trabalha com comunicação diferencial entre dois fios), podendo também ser empregados com conversores seriais – fibra óptica em uma velocidade de até 230 kbps (quilobits por segundo).

O *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) foi criado em meados de 1999 por Andy Stanford-Clark (IBM) e Arlen Nipper (Eurotech). Trata-se de um protocolo de mensagens baseado na arquitetura *publish-subscribe*, voltado para dispositivos restritos e redes inseguras, com baixa largura de banda e alta latência, além de ser altamente utilizado em aplicações de IoT. Segundo Jaffey (2014), o protocolo segue o modelo cliente-servidor. Os dispositivos sensores são clientes que se conectam a um servidor (chamado de *broker*) usando TCP. As mensagens a serem transmitidas são publicadas para um endereço (chamado de tópico), que, inclusive, assemelha-se a uma estrutura de diretórios em um sistema de arquivos, por exemplo, casa-quarto2-temperatura. Clientes por sua vez podem se inscrever para vários tópicos, tornando-se assim capazes de receber as mensagens que outros clientes publicam neste tópico.

Desenvolvimento do projeto

Encontra-se passo a passo o desenvolvimento e a construção lógica do projeto intitulado Envasadora de Líquidos aplicada a conceitos da indústria 4.0. Para melhor entendimento a Figura 1 ilustra o fluxograma.

Figura 1 – Fluxograma



Fonte: elaboração dos autores (2022).

O projeto foi desenvolvido através da simulação com um protótipo composto por um braço robótico, responsável por alimentar a linha com os devidos insumos, uma esteira transportadora, que irá conduzir o recipiente até a estação de envase, sendo acionada por meio de dois motores DC que garantem a precisão de posicionamento do produto com o auxílio de sensores. Há também a presença de bombas que realizam a sucção dos líquidos e uma célula de carga que mede o volume do recipiente, conforme Figura 2.

Figura 2 – Projeto finalizado



Fonte: elaboração dos autores (2022).

De início, o braço robótico aguarda até que haja uma embalagem no início do processo através de sensores que também identificam o tamanho do recipiente. Com isso, a linha de envase é

configurada para atender ao tamanho e ao líquido selecionado na tela da IHM, em formato de uma receita. Nesta etapa, de acordo com o *setup*, a bomba correta é ligada durante um tempo específico enquanto a célula de carga acoplada sob a plataforma em que o recipiente se encontra realiza leituras em mililitros. Ao finalizar esta etapa o produto ficará disponível para ser retirado por um operador ou por outro processo posterior.

Todo o controle é realizado por um ESP32 que se comunica via protocolo Modbus RTU com um sistema supervisor, que, por sua vez, envia os dados coletados para um broker via MQTT. Este broker é assinado por um segundo ESP32, o de comunicação, que tem a finalidade de receber essas informações e as atualizar no banco de dados Firebase. Estas informações também podem ser atualizadas no banco de dados através de um programa executável em Python.

O projeto conta ainda com a utilização de um aplicativo, no qual é possível acompanhar em tempo real o nível dos reservatórios, a quantidade envasada em cada recipiente bem como a possibilidade de pesquisar um determinado produto que já tenha sido armazenado no banco de dados.

Montagem da estrutura mecânica

A primeira etapa de desenvolvimento do projeto se deu pela montagem da estrutura da esteira transportadora, construída a partir de quatro tábuas de madeira de 500x120x10 mm, fixadas entre si a partir de parafusos de 3,5x12 mm e minicantoneiras tipo L, totalizando uma esteira de comprimento total de 1.000 mm e largura de 120 mm, o suficiente para garantir o fluxo ideal do trabalho proposto.

Os eixos de rolamento da esteira foram fixados com parafusos em sentido transversal em cada uma das pontas, onde posteriormente se alocariam os dois motores elétricos que possibilitariam os movimentos de avanço e recuo da esteira transportadora.

Para a movimentação da esteira foram acoplados dois motores elétricos de 12 V universal, de 8 dentes, um em cada uma das extremidades da esteira. Estes motores são costumeiramente utilizados em vidros elétricos de veículos automotivos. A alimentação do circuito eletrônico, assim como os motores são fornecidos por uma fonte de alimentação de 12 V, modelo S8FS-C03512, do fabricante Omron.

Montagem da estrutura eletrônica

Concluída a estrutura mecânica, foi possível a inserção dos sensores e atuadores. Foram adicionados ao todo cinco sensores ópticos reflexivos TCRT5000. Os dois primeiros ficaram alocados na base, cujos detalhes construtivos serão descritos adiante, e onde inicia-se o processo, de forma que consigam detectar a presença ou não de embalagem e distinguir qual o seu tamanho.

O próximo sensor foi designado a detectar a chegada do recipiente à esteira, após ser movimentado pelo robô. O quarto sensor foi posicionado verticalmente à estação de envase, detectando o ponto de parada exato da embalagem pronta para ser preenchida pelo líquido. Finalmente, o último sensor está localizado ao fim da esteira, no trecho em que a embalagem deve ser retirada por um operador.

Em seguida, foi realizada a implementação de uma célula de carga com leitura de carga nominal de 0 a 5 kg, posicionada de maneira que fique verticalmente ao quarto sensor óptico reflexivo descrito acima e horizontalmente ao nível da esteira, aliada a um módulo conversor HX711, utilizado para amplificar o sinal de saída da célula de carga, fazendo a interligação com o microcontrolador. Com isso, o sistema poderá reconhecer em que momento o recipiente estará completo com a quantidade desejada do líquido, verificando esta informação por meio da massa lida pelo sensor de carga.

Posteriormente, foi desenvolvido o sistema de envase. Os dois reservatórios ficaram alocados ao lado da esteira, possuindo cada um o volume total de 1,6 litros de capacidade de armazenamento. Para efeito de supervisão, foram adicionados a cada um dos reservatórios um sensor de nível de água, modelo T1592, que produz uma tensão de saída referente à resistência, sendo que a resistência é alterada de acordo com o nível de água. Para realizar a sucção do líquido que sai dos reservatórios e é guiado ao interior do recipiente, recorreu-se à utilização de duas minibombas de líquido submersível, modelo QR30E, do tipo *brushless*, com tensão de operação em 12 V e potência de 4,2 W. Para compensar a carga gerada pelo acionamento das bombas e motores foi utilizado um módulo relé de 5 V com quatro canais.

Em seguida, foi feita a adequação do braço robótico ao início da esteira. Optou-se pela utilização de um modelo construído em acrílico e que tem seu funcionamento baseado no controle

programável de quatro microsservos de 9g SG90 TowerPro interligados a cada um de seus quatro eixos. A fixação à esteira se deu através de uma pequena chapa de ACM, que são compostas pela junção de duas chapas de alumínio com uma chapa de polietileno em seu interior, com espessura de 3 mm.

Na sequência, foi construída a estação de envase, a qual se é composta por quatro chapas de ACM, fixadas entre si através de minicantoneiras tipo L, com um furo central no topo da estrutura, que permite a fixação e a passagem das mangueiras que conduzem o líquido ao interior da embalagem. Foram adotadas duas mangueiras de ar comprimido (uma para cada bomba) com aproximadamente 1000 mm.

Por último, foi idealizada a base de alocação das embalagens para início do processo. Constituiu-se de uma chapa de ACM em formato quadrado fixada sobre um suporte de alumínio, onde é inserida a embalagem na qual se deseja realizar o envase. Ao lado, é fixada uma outra chapa em formato retangular, onde são assentados os dois primeiros sensores ópticos reflexíveis do processo.

Configuração e programação do ESP32

Para o início da programação, primeiramente seleciona-se todas as bibliotecas que são utilizadas na programação, destacando-se como principais as destinadas ao microcontrolador denominado “ESP de “controle”, modbus.h”, responsável pela comunicação do ESP32 com o sistema supervisório, “Servo_ESP32.h”, que garante o controle dos servomotores do robô, “HX11.h”, que fará a utilização do driver da célula de carga, e o “IOXhop_FirebaseESP32.h”, que garantirá a comunicação com o banco de dados Firebase e o “ArduinoJson.h” que irão apresentar a informação no formato “json”, utilizado no banco de dados. A figura 3 ilustra o trecho da declaração das bibliotecas.

Figura 3 - Declaração das bibliotecas (ESP-CONTROL)

```
ESP-CONTROL-emergencia_ok
1 // -----
2 //BIBLIOTECAS
3 #include <math.h>
4 #include <modbus.h>
5 #include <modbusDevice.h>
6 #include <modbusRegBank.h>
7 #include <modbusSlave.h>
8 #include <Servo_ESP32.h>
9 #include <HX711.h>
10 #include <IOXhop_FirebaseESP32.h>
11 #include <ArduinoJson.h>
12 // -----
```

Fonte: elaboração dos autores (2022)

Para o segundo ESP32, denominado “ESP-COM”, utilizam-se as seguintes bibliotecas, conforme a Figura 4.

Figura 4 - Declaração das bibliotecas (ESP-COM)

```
ESP-COMM
1
2 #include <WiFi.h>
3 #include <IOXhop_FirebaseESP32.h>
4 #include <ArduinoJson.h>
5 #include <PubSubClient.h>
```

Fonte: elaboração dos autores (2022).

A biblioteca “Wifi.h” é responsável por conectar o microcontrolador a uma rede de internet, enquanto a biblioteca “PubSubClient.h” fará a comunicação com o broker MQTT. Para o “ESP-COM”, destaca-se o envio dos dados coletados do processo para o Firebase através do protocolo MQTT.

Como alternativa ao “ESP-COM” foi desenvolvida uma aplicação em python através da plataforma Visual Studio Code, que é usada para realizar a mesma tarefa que o segundo microcontrolador do sistema, contudo sem a necessidade de um hardware físico. A configuração junto ao broker MQTT pode ser visualizada na Figura 5.

Figura 5 - Programação em python

```
MQTT_BROKER = '192.168.0.7'
MQTT_PORT = 1883
KEEP_ALIVE_INTERVAL = 60

#SUBROTINA PARA CONECTAR
def on_connect(client, userdata, flag, rc):
    mqttc.subscribe('roger', 1)
    mqttc.subscribe('TCC/ENVASADORA/ENVIARFIREBASE', 2)
    mqttc.subscribe('TCC/ENVASADORA/PRODUTO/TEMPOCICLO', 2)
    mqttc.subscribe('TCC/ENVASADORA/PRODUTO/TEMPOROBO', 2)
    mqttc.subscribe('TCC/ENVASADORA/PRODUTO/ABOUT', 2)
    mqttc.subscribe('TCC/ENVASADORA/PRODUTO/PESO', 2)
    mqttc.subscribe('TCC/ENVASADORA/PRODUTO/NPRODUTOS', 2)
    mqttc.subscribe('TCC/ENVASADORA/PRODUTO/MAIOR-LARANJA', 2)
    mqttc.subscribe('TCC/ENVASADORA/PRODUTO/MAIOR-LIMAO', 2)
    mqttc.subscribe('TCC/ENVASADORA/PRODUTO/MENOR-LARANJA', 2)
    mqttc.subscribe('TCC/ENVASADORA/PRODUTO/MENOR-LIMAO', 2)
    #print('Connected to MQTT')
```

Fonte: elaboração dos autores (2022).

Interface homem-máquina (IHM) e sistema supervisorio de controle e aquisição de dados (Scada)

Para o sistema de supervisão foi utilizado o Aveva Edge, um software IHM (interface homem-máquina) ou SCADA (Sistemas de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados) que permite o rápido desenvolvimento de aplicações. O projeto é composto por seis telas denominadas: menu, automático, semiautomático, manual, dados e emergência. Cada tela do sistema tem suas diferentes funções e são de fundamental importância dentro do processo de enchimento de líquidos. A tela do menu é inicializada no processo de ativação do aplicativo, permitindo acesso assim como outras em telas. A tela de menu do sistema supervisorio é ilustrada na Figura 6.

Figura 6 – Tela de menu



Fonte: elaboração dos autores (2022).

A tela de modo manual do processo é composta por comandos independentes dos diferentes equipamentos presentes no sistema, caso haja a necessidade de se realizar testes de funcionamento individualizados. Ela é apresentada na Figura 7.

Figura 7 – Tela de modo manual



Fonte: elaboração dos autores (2022).

A tela de modo semiautomático do processo é composta por alguns comandos independentes dos equipamentos do sistema, permitindo a demonstração dos níveis dos tanques e a visualização do último ciclo de envase. Ela é apresentada na Figura 8

Figura 8 – Tela de modo semiautomático



Fonte: elaboração dos autores (2022).

A tela de modo automático do processo é composta por alguns comandos de start do processo, possibilitando a seleção do líquido desejado, as definições dos níveis dos tanques, informações sobre o último ciclo de envase e o estágio atual da produção. Ela é apresentada na Figura 9

Figura 9 – Tela de modo automático



Fonte: elaboração dos autores (2022).

A tela de dados é onde algumas informações são mostradas ao usuário como: níveis dos reservatórios, estado do modo automático, último ciclo, informações gerais e sabor selecionado, como(conforme) exemplificado na Figura 10.

Figura 10 – Tela de dados



Fonte: elaboração dos autores (2022).

A última tela é a de emergência. Ela aparece quando o botão de emergência é pressionado; se isso acontecer, todo o projeto para imediatamente, nada mais pode se mover ou ser quantificado. Para continuar o processo da máquina de envase, é necessário soltar esse botão e então selecionar a tela desejada. Ela é apresentada na Figura 11.

Figura 11 – Projeto finalizado



Fonte: elaboração dos autores (2022).

Banco de dados

A criação de um banco de dados é fundamental para que um sistema inteligente troque informações. Dentro do projeto aqui em foco o desenvolvimento do banco de dados proporciona a realização das tarefas de modo ágil e inteligente. Para desenvolvimento do banco de dados foi utilizada a plataforma Firebase Realtime Database, um banco de dados NoSQL hospedado na nuvem. Com ele, pode-se armazenar e sincronizar dados entre os usuários em tempo real. O monitoramento do banco de dados em tempo real é um serviço fundamental para controlar indicadores e identificar ocorrências não desejadas no sistema.

No projeto, o banco de dados é responsável por armazenar as características de cada uma das embalagens que foram envasadas como: sabor, peso, tamanho, tempo do ciclo de envase e tempo do robô.

Figura 12 - Informações no banco de dados



Fonte: elaboração dos autores (2022).

Outra funcionalidade do banco de dados é armazenar a quantidade de cada tipo de produto como: produto grande laranja, produto grande limão, produto pequeno laranja e produto pequeno limão, conforme mostrado na figura 13.

Figura 13 - Quantidade de cada produto



Fonte: elaboração dos autores (2022).

Aplicativo

No desenvolvimento do aplicativo foi utilizada a plataforma MIT App Inventor, uma plataforma de programação visual intuitiva que permite a criação de aplicativos para telefones celulares. O Aplicativo do projeto é composto por cinco telas: login, menu, níveis dos reservatórios,

quantidade dos produtos e pesquisa de produto. Cada tela tem suas diferentes funções e são fundamentais para o projeto.

A tela de login é mostrada na inicialização e conforme o usuário realiza essa operação, o acesso ao aplicativo é liberado. Em seguida, o usuário é direcionado ao menu da interface. A tela de login e o menu são apresentados na Figura 14.

Figura 14 - Telas de login e menu



Fonte: elaboração dos autores (2022).

Na tela de “níveis” há a supervisão em tempo real do nível de cada um dos reservatórios; a tela de “quantidades” é composta por informações a respeito da quantidade de produtos envasados e por fim temos a tela “pesquisa”, onde é possível buscar o histórico de qualquer embalagem envasada, cujas informações se podem ser encontradas no banco de dados. A Figura 15 ilustra cada uma dessas telas.

Figura 15 - Telas de supervisão e histórico

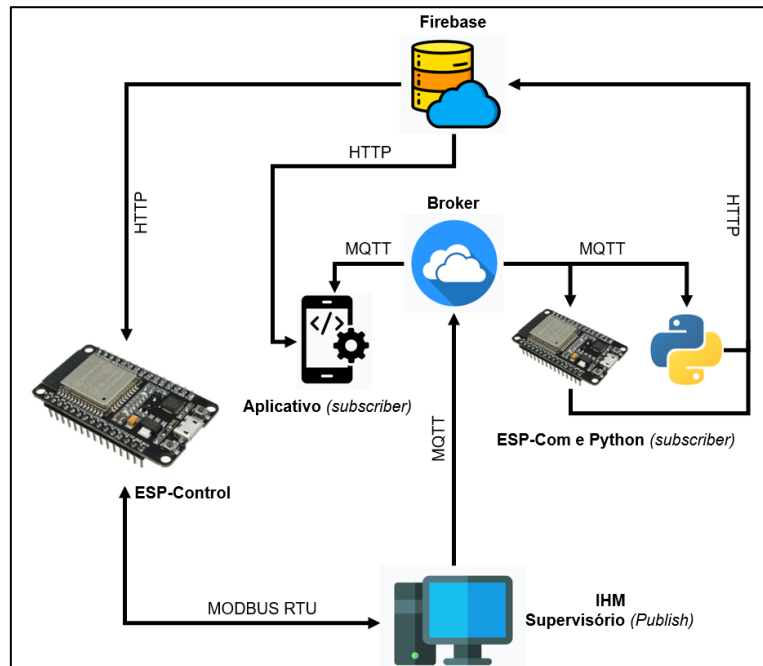


Fonte: elaboração dos autores (2022).

Resultados e discussão

Por se tratar de um projeto que contém uma série de dispositivos e plataformas interconectadas, foi elaborada uma arquitetura de toda a rede de controle que envolve o processo de envase, envolvendo três protocolos de comunicação distintos, dois microcontroladores, aplicativo para celular, sistema de supervisão e de IHM e banco de dados em nuvem, mesclando conceitos de automação industrial com conceitos tecnológicos que fazem parte da indústria 4.0. Na Figura 16, pode ser visualizada como é realizada a integração de todos os dispositivos e plataformas existentes no protótipo desenvolvido ao longo desta pesquisa.

Figura 16 - Arquitetura de rede



Fonte: elaboração dos autores (2022).

O projeto intitulado Envasadora de Líquidos Aplicada à Indústria 4.0 tem como objetivo desenvolver uma linha de envase de líquidos, tornando-a totalmente automatizada, utilizando alguns dos pilares da Indústria 4.0, entre os quais se destacam: computação em nuvem, integração de sistemas, IoT e robótica. Com a inserção e o auxílio de diferentes tecnologias, que em conjunto potencializam a conectividade, o controle, a qualidade do processo e a rastreabilidade. Através do aplicativo é possível ter acesso a informações valiosas de cada produto, sendo de extrema importância para a manutenção da qualidade desejada e para a conexão com outros setores das empresas.

Considerações finais

Os métodos e técnicas obtidos pela metodologia científica deram suporte para organizar e planejar as etapas que direcionam o caminho para o desenvolvimento do projeto. Desse modo, foi possível obter uma nova abordagem da indústria 4.0, aplicando-a em um tipo de máquina imprescindível na indústria.

Referências

- AGUIRRE, Luis Antonio. **Fundamentos de instrumentação**. 1 ed. São Paulo: Pearson, 2013.
- ALMEIDA, Paulo Samuel de. Indústria 4.0. **Princípios básicos, aplicabilidade e implantação na área industrial**. 1 ed. São Paulo: Érica, 2019.
- CERVIERI JÚNIOR, Osmar. et al. **O setor de bebidas no Brasil**, 2014. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3462/1/BS%2040%200%20setor%20de%20bebidas%20no%20Brasil_P.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.
- FIALHO, Luiz Filipe Lopes. **Simulação e Projeto de Células de Carga**. Relatório experimental para disciplina de graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instrumentação A. Porto Alegre, 2014.
- FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. 2 ed. São Paulo: Editora Érica, 2013
- GIMENEZ, Salvador Pinillos. Microcontroladores 8051: **Teoria do hardware e do software: aplicações em controle digital, laboratório e simulação**. 1 ed. São Paulo. Pearson, 2002.
- AGÊNCIA GLOBO. Brasil é o 5º maior mercado do setor de alimentos e bebidas saudáveis; 2016. Disponível em:< <https://revistapegn.globo.com/Como-abrir-uma-empresa/noticia/2016/08/brasil-e-o-5-maior-mercado-do-setor-de-alimentos-e-bebidas-saudaveis.html>>. Acesso em: 27 set. 2021.
- GROOVER, Mikell P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. 3 ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- JAFFEY, Toby. **MQTT and CoAP, IoT protocols**, 2014. Disponível em: <https://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php>. Acesso em 15 mai. 2022.
- LAMB, Frank. **Automação Industrial na Prática**. Porto Alegre: AMGH, 2015.
- MACHADO, L. **Revoluções industriais: do vapor à internet das coisas**, 2016. Disponível em: <<http://www.cofecon.gov.br/2016/10/13/revolucoes-industriais-do-vapor-a-internet-das-coisas/>>. Acesso em: 02 out. 2021.
- MAGRANI, Eduardo. **A internet das coisas**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018.
- PADILHA, J. R. et al. **Redução de set-up em linhas de envase de líquidos: um estudo de caso**, 2007. Trabalho apresentado ao 27º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, 2007.
- PAREDE, Moura Ismael; GOMES, Luiz Eduardo Lemes; HORTA, Edson. **Eletrônica: automação industrial**. Volume 6. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011.
- ROMANO, Vitor Ferreira. **Robótica Industrial: Aplicação na Indústria de Manufatura e de Processos**. 1 ed. São Paulo: Blucher, 2002.
- ROSÁRIO, João Maurício. **Automação Industrial**. São Paulo: Baraúna, 2012.
- VENTURELLI, Marcos. **A internet das coisas na indústria 4.0**; 2021. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/internet-das-coisas-na-industria-4-0/>>. Acesso em: 27 out. 2021.