

FABRÍCIO MORAES DE ALMEIDA  
(ORGANIZADOR)

# CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CATALISADORES DA INOVAÇÃO 2



Atena  
Editora  
Ano 2024

FABRÍCIO MORAES DE ALMEIDA  
(ORGANIZADOR)

# CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CATALISADORES DA INOVAÇÃO 2



**Atena**  
Editora  
Ano 2024

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2024 O autor

Copyright da edição © 2024 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelo autor.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do autor, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao autor, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Colégio Militar Dr. José Aluisio da Silva Luz / Colégio Santa Cruz de Araguaina/TO

Profª Drª Cristina Aledi Felsemburgh – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Diogo Peixoto Cordova – Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Hauster Maximiler Campos de Paula – Universidade Federal de Viçosa

Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Drª Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento – Universidade Estadual de Santa Cruz

Profª Drª Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Leonardo França da Silva – Universidade Federal de Viçosa

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira – Universidade Federal do Espírito Santo

Profª Drª Maria Iaponeide Fernandes Macêdo – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas

Profª Drª Mariana Natale Fiorelli Fabiche – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Profª Drª Priscila Natasha Kinas – Universidade do Estado de Santa Catarina

Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Rafael Pacheco dos Santos – Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

## Ciência e tecnologia: catalisadores da inovação 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Fabrício Moraes de Almeida

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
C569	<p>Ciência e tecnologia: catalisadores da inovação 2 / Organizador Fabrício Moraes de Almeida. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-2968-5 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.685242110">https://doi.org/10.22533/at.ed.685242110</a></p> <p>1. Ciência. 2. Tecnologia. I. Almeida, Fabrício Moraes de (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 501</p>
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DO AUTOR

Para fins desta declaração, o termo 'autor' será utilizado de forma neutra, sem distinção de gênero ou número, salvo indicação em contrário. Da mesma forma, o termo 'obra' refere-se a qualquer versão ou formato da criação literária, incluindo, mas não se limitando a artigos, e-books, conteúdos on-line, acesso aberto, impressos e/ou comercializados, independentemente do número de títulos ou volumes. O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação à obra publicada; 2. Declara que participou ativamente da elaboração da obra, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final da obra para submissão; 3. Certifica que a obra publicada está completamente isenta de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação da obra publicada, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. A editora pode disponibilizar a obra em seu site ou aplicativo, e o autor também pode fazê-lo por seus próprios meios. Este direito se aplica apenas nos casos em que a obra não estiver sendo comercializada por meio de livrarias, distribuidores ou plataformas parceiras. Quando a obra for comercializada, o repasse dos direitos autorais ao autor será de 30% do valor da capa de cada exemplar vendido; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a editora não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como quaisquer outros dados dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A ciência e a tecnologia são os motores da inovação, e a inovação é o motor da evolução. Dessa forma, a otimização da ciência e da tecnologia possibilita construir soluções para maximizar o futuro mais próspero.

De forma geral, a Ciência é a modelagem sistemática por conhecimento sobre o mundo. Através da observação, experimentação e análise, os cientistas descobrem, formulam teorias e aprofundam a compreensão da realidade e do abstrato. Ademais, a Tecnologia converge para ser uma aplicação do conhecimento científico no desenvolvimento de mecanismos, produtos e sistemas que resolvem problemas.

Na maioria das vezes, no livro, são apresentadas diversas abordagens teórico-práticas nos resultados obtidos pelos vários autores e coautores na construção de cada capítulo. Via de regra, a Atena Editora oferece a divulgação técnico-científica com excelência, essencial para garantir o destaque entre as melhores editoras do Brasil.

Fabício Moraes de Almeida, Dr.

**CAPÍTULO 1 ..... 1****ACCOUNTABILITY TOOL IN THE MANAGEMENT OF PUBLIC PROJECTS FOR INTEGRATED AND SUSTAINABLE LOCAL DEVELOPMENT**

Francisco Júnior Ferreira da Silva  
 Flávio de São Pedro Filho  
 David Lopes Maciel  
 Fabrício Moraes de Almeida  
 Carlos Alberto Paraguassú Chaves  
 Paulo Roberto Meloni Monteiro  
 Eduardo Lucas Jorge Serapião  
 Adjalma Campos de França Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6852421101>

**CAPÍTULO 2 ..... 13****INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA: ENGENHARIA DE PROMPT PARA OTIMIZAÇÃO DE TRABALHOS COM CHATGPT**

Márcio Mendonça  
 Daniel Almeida Colombo  
 Renato Kazuo Miyamoto  
 Rafael Carneiro Sacomann  
 Camila Fogaça de Oliveira  
 Edinei Aparecido Furquim dos Santos  
 Fabio Rodrigo Milanez  
 Vicente de Lima Gongora  
 Francisco de Assis Scannavino Junior  
 Marcio Jacometti  
 Marcos Antônio de Matos Laia  
 Rodrigo Henrique Cunha Palácios  
 Marcos Banheti Rabello Vallim  
 Roberto Bondarik  
 Iago Maran Machado  
 Eduardo Filgueiras Damasceno  
 Pedro Henrique Calegari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6852421102>

**CAPÍTULO 3 ..... 27****TECNOLOGIA RFID PARA MONITORAMENTO E RASTREABILIDADE NA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA**

Fernanda Cristina Kandalski Bortolotto  
 Alini Thaynara Tomaz  
 Bruna Bacon Bark  
 Felipe Bachtchen  
 Itacir Bertussi Neto  
 Tayna Borges de Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6852421103>

**CAPÍTULO 4 .....40****OTIMIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES E UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS E RECURSOS EM CUBESATS**

Fernanda Lyra Alves

Inácio Malmonge Martin

Mauro A. Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6852421104>**CAPÍTULO 5 .....45****BIOSURFACTANTES: MOLÉCULAS VERSÁTEIS PARA FINS BIOTECNOLÓGICOS**

Bianca Jesus Vicente

Fabiana Guillen Moreira Gasparin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6852421105>**CAPÍTULO 6 .....76****DESAFIOS DA INOVAÇÃO ABERTA SOB A LIDERANÇA FEMININA NAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE PESQUISA E ENSINO**

Klena Sarges Marruaz da Silva

Gladys Corrêa

Izabela Gimenes Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6852421106>**SOBRE O ORGANIZADOR .....92****ÍNDICE REMISSIVO .....93**

## ACCOUNTABILITY TOOL IN THE MANAGEMENT OF PUBLIC PROJECTS FOR INTEGRATED AND SUSTAINABLE LOCAL DEVELOPMENT

*Data de submissão: 26/09/2024*

*Data de aceite: 01/10/2024*

### **Francisco Júnior Ferreira da Silva**

Mestre em Administração pelo Programa de Mestrado Profissional em Administração Pública, da Universidade Federal de Rondônia, Brasil.

### **Flávio de São Pedro Filho**

Pós-Doutor em Gestão e Economia. Docente da Disciplina Gestão de Projetos Públicos no Mestrado Profissional em Administração Pública (PROFIAP/UNIR).

### **David Lopes Maciel**

Mestre em Tecnologias Emergentes na Educação. MUST UNIVERSITY, MUST, EUA, Acadêmico do Programa de Doutorado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (PGDRA/UNIR).

### **Fabício Moraes de Almeida**

PhD in Physics (UFC), with post-doctorate in Scientific Regional Development (DCR/ CNPq). Software Engineering Specialist (FUNIP). Professor at the Department of Electrical Engineering – UFRO. Researcher of the Doctoral and Master Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO). Leader GEITEC – Federal University of Rondônia, Brazil. Researcher CNPq DTI - A (2023/2024).

### **Carlos Alberto Paraguassú Chaves**

Pós-Doutor em Ciências da Saúde (UnB/U.Aquila). Pós-Doutor em Direitos Humanos (U. Salamanca). Doutor em Ciência e em Ciências da Saúde (UnB/U. Habana). Pesquisador e Professor Titular da Faculdade Instituto Rio de Janeiro (FIURJ).

### **Paulo Roberto Meloni Monteiro**

PhD student PGDRA/Federal University of Rondônia, Brazil.

### **Eduardo Lucas Jorge Serapião**

Specialization in Teaching for Professional Education – SENAC/AM. Professor at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondônia – IFRO, Brazil

### **Adjalma Campos de França Neto**

PhD in Agronomy. Júlio de Mesquita Filho State University of São Paulo, UNESP, Brazil. Associate Professor of the Federal University of Rondônia (UFRO).

**ABSTRACT:** This study seeks to verify how operational audits can be used to induce the development and modernization of regional public policies. It presents as a general objective to list the phases of an operational

audit in a Court of Auditors of the Western Amazon to leverage the modernization of regional public policies. The theoretical basis of the research pervades the study of the conceptual differentiation between state, government and public administration; knowledge of theoretical models of public administration, with emphasis on managerial public administration and New Public Management Theory; by the concept and cycles of public policies; by exploring the notions of financial and budgetary management; and by researching the concept of operational auditing and its phases. Research is applied in nature; explanatory as to the purpose; and qualitative regarding the approach to the problem. Regarding the procedures, this is a case study carried out at the Court of Auditors of the State of Rondônia, instrumentalized by a documentary and bibliographical survey. The data obtained were studied through content analysis. After studying the internal rules of the court, operational audit processes were selected, which were compared with the previous model. It can be concluded that the opportunities for improvement and innovation in carrying out operational audits by the TCE-RO can be summarized in the need to prepare its own operational audit manual, in addition to preparing executive summaries focusing on the guiding principles of the New Theory of Public Management; the possibility of carrying out operational audits should be considered, which have regional public policies as their object; and to make monitoring more effective, including reinforcing the importance of drawing up an action plan by the managers involved.

**KEYWORDS:** Public administration. Accountability. Western Amazon. Public Project Management. Court of Accounts.

## MODELAGEM DE GESTÃO DE PROJETOS PÚBLICOS E FERRAMENTA ACCOUNTABILITY PARA OTIMIZAR O DESENVOLVIMENTO LOCAL INTEGRADO E SUSTENTÁVEL

**RESUMO:** O capítulo de livro apresenta um estudo que busca verificar de que forma as auditorias operacionais podem ser utilizadas para induzir o desenvolvimento, a modernização de gestão e das políticas públicas regionais. Para tanto, apresenta como objetivo geral elencar as fases de uma auditoria operacional em uma Corte de Contas da Amazônia para alavancar modernização às políticas públicas regionais. A base teórica da pesquisa perpassa pelo estudo da diferenciação conceitual entre estado, governo e administração pública; pelo conhecimento dos modelos teóricos de administração pública, com ênfase na administração pública gerencial e New Public Management Theory; pelo conceito e ciclos de políticas públicas; pela exploração das noções de gestão financeira e orçamentária; e pela pesquisa do conceito de auditoria operacional e suas fases. A pesquisa é aplicada quanto à natureza; explicativa quanto à finalidade; e qualitativa quanto à abordagem do problema. Em relação aos procedimentos, trata-se de estudo de caso realizado no Tribunal de Contas do Estado de Rondônia, instrumentalizado por um levantamento documental e bibliográfico. Os dados obtidos foram estudados por meio da análise de conteúdo. Após o estudo das normas internas do tribunal selecionaram-se processos de auditoria operacional, que foram comparados com o modelo anterior. Pode-se concluir que as oportunidades de melhoria e inovação na realização de auditorias operacionais pelo TCE-RO podem ser resumidas na necessidade de elaborar um manual próprio de auditoria operacional, além de elaborar sumários executivos privilegiando os princípios orientadores da Nova Teoria da Gestão Pública; deve-se considerar a possibilidade de realização de auditorias operacionais, que

tenham por objeto políticas públicas regionais; e de tornar o monitoramento mais efetivo, inclusive, reforçando a importância da elaboração de um plano de ação pelos gestores envolvidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Administração Pública. Accountability. Amazônia Ocidental. Gestão de Projetos Públicos. Tribunal de Contas.

## HERRAMIENTA DE RENDICIÓN DE CUENTAS EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS PÚBLICOS DE DESARROLLO LOCAL INTEGRAL Y SOSTENIBLE

**RESUMEN:** Este estudio busca verificar cómo las auditorías operativas pueden ser utilizadas para inducir el desarrollo y la modernización de las políticas públicas regionales. Se presenta como objetivo general enumerar las fases de una auditoría operativa en un Tribunal de Cuentas de la Amazonía Occidental para apalancar la modernización de las políticas públicas regionales. La base teórica de la investigación impregna el estudio de la diferenciación conceptual entre estado, gobierno y administración pública; conocimiento de los modelos teóricos de la gestión pública, con énfasis en la gestión pública gerencial y la Nueva Teoría de la Gestión Pública; por el concepto y ciclos de las políticas públicas; explorando las nociones de gestión financiera y presupuestaria; e investigando el concepto de auditoría operativa y sus fases. La investigación es de naturaleza aplicada; explicativo en cuanto al propósito; y cualitativos en cuanto al enfoque del problema. En cuanto a los procedimientos, se trata de un estudio de caso realizado en el Tribunal de Cuentas del Estado de Rondônia, instrumentalizado por un levantamiento documental y bibliográfico. Los datos obtenidos fueron estudiados mediante análisis de contenido. Luego del estudio de las normas internas del tribunal, se seleccionaron los procesos operativos de auditoría, los cuales fueron comparados con el modelo anterior. Se puede concluir que las oportunidades de mejora e innovación en la realización de auditorías operativas por parte del TCE-RO se pueden resumir en la necesidad de elaborar su propio manual de auditoría operativa, además de elaborar resúmenes ejecutivos enfocándose en los principios rectores de la Nueva Teoría de Gestión Pública; se debe considerar la posibilidad de realizar auditorías operativas, que tengan por objeto las políticas públicas regionales; y hacer más efectivo el seguimiento, incluso reforzando la importancia de elaborar un plan de acción por parte de los gestores implicados.

**PALAVRAS CLAVE:** Administración Pública. Responsabilidad. Amazonia Occidental. Gestión de Proyectos Públicos. Tribunal de Cuentas.

## 1 | INTRODUCTION

The operationalization of the approach in this study was based on the researched documentation, which made it possible to identify good national and international practices in operational auditing in order to create an ideal auditing parameter. The expectation is to admit accountability practices as an instrument for optimizing public policies, having the audit results and respective reports as arguments for the indicatives and proposals. It is propositions like these that lead to Integrated and Sustainable Local Development, considering the convergences that can be proven from the understanding in the Court of Account.

## 2 | LITERATURE REVIEW

According to Dias (2012), the global economic reality forces states to change, changing their traditional practices in search of equating the deficit originating from the restriction of resources that must be used to meet a significant number of social demands. Furthermore, the possibility of improving public policies is evident due to the performance of operational audits carried out by the Courts of Accounts in Public Administration bodies or entities, as provided for in the 1988 Constitution of the Federative Republic of Brazil. It turns out that these measures can encompass not only control, but also come as a measure for the optimization of measures such as the construction of accountability indicators aimed at integrated and sustainable local development.

Denhardt (2012) states that the new public management is more important in discovering anomalies in traditional theories than in presenting a new alternative. The American author considers the new public service as an alternative to the old and new public management based on the definition of two fundamental themes, which are, the promotion of dignity and the value of the new public service; and the reaffirmation of the values of democracy, citizenship and public interest as prominent values in public administration. The scholar lists seven fundamental principles for the new public service: serving citizens and not consumers; pursue the public interest; valuing citizenship and public service more than entrepreneurship; think democratically and act strategically; recognize that accountability is not simple; serving instead of directing; and valuing people and not just productivity.

Denhardt (2012) refers to the new public management to refer to the first two stages of the New Public Management Theory (NPM) or Theory of New Public Management, which it treats as a new public service, previously addressed as public service orientation, which is the third stage of NPM. It is in this scenario of the new public service or public service orientation that public policies can be shaped in order to reach the interests of the community. It is against this background that operational audits can contribute to the improvement of public policies. It should be noted that the patrimonialist public administration, due to its characteristics, in particular the absence of distinction between public and private and the state considered as property of the sovereign, does not offer conditions for the development of public policies in favor of the community, since its performance is guided by meeting the demands of the elite. Bureaucratic public administration, due to hierarchical rigidity, formalism and centralization, also does not offer fertile soil for the progress of public policies. The managerial public administration model is presented as suitable for strengthening public policies, since management is guided by the principles of efficiency, quality, citizenship, equity, transparency and accountability, which are the object of this expanded summary.

Bibliographic survey carried out in Antong et al. (2018) allowed understanding a conceptual unfolding of certain procedural epistemological drivers related to accountability practices in Indonesia. The authors expose a design they constructed by quadrant in

which they indicate two paradigmatic dimensions: one functionalist, of an interpretative nature and radical humanist character, and the other radical structuralist. According to these researchers, it is clear that there is a change between private capitalism and the capitalist State that starts to support technology, while playing an important role in social and economic progress.

As for the concepts of integrated and sustainable local development, it is worth highlighting the considerations that Boff et al. (2020) offered in their study on tourism development and the reasons that encourage strategies for an Action Plan. It resulted in the emergence of Dark Tourism at Sítio de São Miguel Arcanjo, in the municipality of São Miguel das Missões, in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. There is no doubt that stimuli resulting from the reformulation of development policies in Rondônia will be able to bring similar cognitive subsidies to make ecological tourism, indigenous ecotourism and the linked activity of cultural tourism in Rondônia rise from the support of the Court of Accounts and its propositions logical.

Rolha and Figueira (2021) also focused on integrated local development through tourism, which could serve as a reference in the Western Amazon from the State of Rondônia, with the full use of an abundant biodiversity associated with scenic beautification of tourist value not yet treated for the purpose of regionalized progress. These Portuguese researchers took as an anchor the valuation of their unique endogeneity, predominant in the Municipality of Mértola, in Portugal, contributing to innovation, creativity and scale, as has been treated in the Discipline Management of Public Projects of the Professional Master's Program in Public Administration, of the Federal University of Rondônia, with the Design Thinking tool developed by its professor of the discipline.

### **3 | METHODOLOGY**

Siena (2011) understands by method the set of processes used in the research, as well as the path, form and way of thinking at the level of abstraction of the facts susceptible of observation, explanation or description. Lakatos and Marconi (2011), Lakatos and Marconi (2010) states that the “method is the set of systematic and rational activities that, with greater security and economy, allows reaching the objective – valid and true knowledge –, tracing the path to be followed, detecting errors and aiding the scientist's decisions” (Marconi and Lakatos, 2001). It is considered in this study (Marconi and Lakatos, 2004); Gil (2008); Cervo and Bervian (2018).

#### **3.1 Regarding the Content Analysis Method**

This research adopts the Content Analysis Method which, according to Bardin (2004) understands that the use of the content analysis technique involves three stages or phases: I) Pre-analysis; II) Exploration of the material and treatment of the results; and III) Inference

and interpretation.

In the first stage, the material that will be used in the analysis is organized, with the aim of operationalizing and systematizing ideas, as well as formulating objectives and hypotheses and preparing an analysis plan. The second stage is characterized by codification, classification and categorization according to defined rules. According to Siena (2011) in the last phase, the analyst reflects on the researched material and the results obtained, taking into account the different possibilities of analysis of the researched material.

### **3.2 Operationalization of the Approach**

The list of research procedures, the analysis carried out and its connection with the specific objectives are presented below: Research and analysis procedures Source: prepared by the authors. The documentary and bibliographical survey was carried out with the objective of knowing the legislation, the national and international auditing standards and the specialized literature. In the document analysis phase, planning, execution, reporting and monitoring standards used by the most diverse control bodies were identified. It was operationalized in the following way: I) Raise the main stages or cycles of an operational audit focused on improving public policies in the North region; II) Documentary and bibliographic survey; III) Survey of content in books, articles, dissertations, theses, manuals and legislation; IV) Collection of subsidies on websites and electronic magazines; V) Elaborate a critical analysis of the relevant aspects for the success of an operational audit in view of the procedures adopted in the audited body of accounts; VI) Document analysis; VII) Identification of modern national and international performance auditing standards; VIII) Survey of primary data in nine audit processes carried out by the audited body of accounts, through the technique of content analysis; IX) Propose procedural measures for innovation in performance audit practices aimed at modernizing regional public policies; X) Data processing; XI) Comparison of the standards of audits carried out by the surveyed accounting body with the modern national and international standards identified; XII) Identification of good practices used nationally and internationally capable of adding value to operational audits in the researched organization; XIII) Characterization of new operational audit procedures capable of promoting the modernization of regional public policies according to the principles of the New Public Management Theory.

### **3.3 As for good practices**

The model should serve as a parameter for observing the practices adopted in the institution studied. Thus, some operational audit processes carried out by the Court of Auditors of the State of Rondônia will be chosen and the procedures adopted will be compared with the routine standard or good practices previously identified. This comparison will point out

opportunities for improvement in operational audits carried out by the researched body and, consequently, contribute to the improvement and modernization of regional public policies. Thus, the subject is addressed in the following sequence: I) Identification of good national and international practices in operational auditing; identification of the norms that regulate the performance of operational auditing within the scope of the Court of Auditors of the state of Rondônia; II) Choice of processes in which the type of audit object of study was carried out in the researched organism; III) Analysis of the processes chosen to verify their adherence to identified good national and international practices; IV) Proposition of measures that promote innovation in the operational auditing practices of the Court of Auditors of the State of Rondônia. These practices are in line with the principles of new public management and provide for the improvement and modernization of regional public policies.

### **3.4 As for the analysis**

The Analysis followed the TCU Operational Audit Manual, which aims to define principles and standards that guide the performance and quality control of operational audits. It can be seen that the purpose of the aforementioned standards is to establish general lines, principles and guidelines, leaving the specific adjustment for the development of each work to the auditors, according to the type of audited policy and the administrative peculiarities addressed (Brazil, 2010).

Based on the purpose of guiding the identification of general principles and good practices, identified in the standards under study by INTOSAI and GAO, and based on the fact that the TCU Operational Audit Manual was prepared considering the best international experiences on the subject, in addition to being in line with the performance auditing standards adopted by INTOSAI, it references the GAO and INTOSAI Standards more than a hundred times. It is also considered that, by virtue of the principle contained in article 75 of the constitutional text, the norms referring to the organization, composition and supervision of the TCU must be observed by the Courts of Accounts of the States and the Federal District, as well as the Courts and Councils of Accounts of the Municipalities, which makes the Brazilian Courts of Accounts subject to similar norms, working conditions and structural arrangements.

We turn to the approach of best practices, taking into account, mainly, the TCU's Operational Audit Manual as a parameter. As previously explained, the existing complexity in carrying out operational audits makes it impossible to develop a parameter that includes all good practices.

## **4 | RESULTS AND DISCUSSION**

The results obtained in this study are in accordance with the Operational Audit Manual, which considers the Findings Matrix as the main instrument to support the preparation of the

report, as well as the synthetic representation of the results that will be developed; in short, it is communication regarding audit findings, issuing a qualified opinion on performance and articulating arguments in favor of adopting certain measures to improve performance, according to Brazil (2010).

The report is the formal and technical instrument, the main product of the audit, through which the objective of the audit, the audit questions, the methodology used, the findings, conclusions and proposals for forwarding are communicated. The report informs the performance of the audited program or policy to managers at the three levels of government, public policy makers and control and evaluation bodies. Documents such as executive summaries and press releases are released to the wider public. According to Brazil (2010), it should inform society about the performance of public administration and contribute to the effectiveness of the parliamentary and social control addressed.

Specifically regarding content, the report must include information on the object, criteria, methodology, data source, limitations faced and findings. In addition, it should contain well-prepared recommendations addressing the causes of the problems, as long as they do not invade the management's responsibility, are able to add value to the audited object and are still widely accessible.

As the content of the report depends on the object of the audit, it is impracticable to try to predict all of its matter. What is essential is that it be written in a clear and balanced manner, that it responds to audit questions, that it is capable of adding value to public administration with appropriate formulations of determination and that its disclosure enables the strengthening of accountability, as well as social control and political.

It is important to note that transparency is one of the informing principles of the New Public Administration, in addition to being a necessary instrument for the exercise of citizenship, accountability and equity. Hence the importance of disclosing the operational audit reports in a broad way and with the appropriate adaptation of the language to the target audience. For carrying out the subsequent phases of the present study, it was considered that the operational audit report phase is adequate when the report contains, at least, answers to the audit questions, findings and recommendations, in addition to wide publicity and dissemination of the report.

With regard to monitoring, the existence of an autonomous process for monitoring compliance with determinations or recommendations was not found; it was not possible to verify the creation of the action plan for the manager(s) and also the attempt to find him in consultation in the GSA of the Court of Accounts was not successful. Thus, regarding monitoring, the audit does not fit the adopted paradigm. A Table summarizes the analysis carried out and others the Summary of the Analysis Process Number Objective / Purpose of the Inspection.

Adequacy to adopted parameter 4435/12 Check compliance with Decision no. 340/2011, issued by the Distinguished Plenary of the Court of Auditors of the State of

Rondônia, which determined the implementation of the Integrated Computerization System of the Hospital Environment (HOSPUB). Planning: impaired analysis; Execution: impaired analysis; Report: impaired analysis; and Monitoring: partially meets. 1756/13 Identify the main problems that affect the quality and coverage of secondary education in the state of Rondônia, as well as evaluate government actions that seek to eliminate or mitigate the identified problems.

Planning: serves properly; Execution: serves properly; Report: serves properly; and Monitoring: does not attend. 3099/13 Evaluate the environmental governance of state protected areas in Rondônia, identifying risks and opportunities for improvement, by assessing the normative, institutional and operational conditions necessary to achieve the mission for which the conservation units were created. Planning: serves properly; Execution: serves properly; Report: serves properly; and Monitoring: partially meets. 3655/14 Know and assess the governance conditions of the Secretariat for Security, Defense and Citizenship of the State of Rondônia, regarding the capacity and ability to implement the National Public Security Policy. Planning: serves properly; Execution: serves properly; Report: serves properly; and Monitoring: partially meets. 3989/14 Assess whether the management exercised over primary health care is aligned with the Planning Policy: serves properly; Execution: serves properly; National Primary Care System and good governance practices, identifying opportunities for improvement that contribute to improving the management of this level of care for the health system.

Report: serves properly; and Monitoring: partially meets. 1264/15 Identify the main problems that affect the improvement of state revenue collection, especially with regard to ICMS. Planning: attends adequately; Execution: meets adequately; Report: meets adequately; and Monitoring: impaired analysis. 3721/15 3723/15 4613/15 Evaluate the quality and availability of facilities and equipment in public elementary schools. Planning: attends adequately; Execution: meets adequately; Report: meets adequately; and Monitoring: does not answer. Intervention Proposals. The analysis carried out allows us to conclude that there is a great deal of room for innovation and improvement with regard to the performance of operational audits by the Court of Auditors of the State of Rondônia.

The first opportunity for innovation and improvement is the creation of its own standard that regulates the planning, execution, reporting and monitoring of operational audits. Despite this need, it is important to note that the Audit Manual of the Court of Auditors of the State of Rondônia, approved by Resolution No. 177 of 2015, despite not specifically addressing performance audits, offers important subsidies for carrying out this type of audit, as it adequately addresses the planning, execution and audit reporting phases.

The basic standard, however, does not in any way provide for monitoring, which allows, according to the Operational Audit Manual (Brazil, 2010): verify the implementation of the recommendations; demonstrate, in an analytical way, the effective benefit resulting from the implementation; and measuring the cost/benefit ratio of the audit. Another possibility

for improvement is related to publicity and wide dissemination of audit reports.

Despite registering that the reports are having an adequate level of publicity, it is understood that for the best exercise of citizenship, a fundamental principle, as well as the accountability of the new public management, it is necessary that all operational audits generate an executive summary prepared in objective manner and in language accessible to every citizen. In addition to objective and accessible language, the executive summary should highlight the role of each body in the public policy cycle that is the subject of the audit, as well as point out the competent authorities to carry out the determinations and recommendations contained in the audit report, which allows the strengthening of the exercise of accountability.

Still in relation to the executive summary, it is essential that it be distributed and disseminated in a wide and unrestricted way, so that its content becomes the subject of discussion by organized civil society. This will make it possible for society to monitor the activities carried out by the Court of Auditors and public administrators in favor of improving and modernizing public policies.

With regard to the analysis of processes, it is necessary to emphasize that seven operational audits were verified, instrumentalized in nine processes, since processes n° 1264/15, 3721/15 and 3723/15 all refer to the audit carried out with the objective of identify the main problems that affect the improvement of state revenue collection, mainly with regard to ICMS. It is interesting to note that, of the seven audits, five were joint operational audits coordinated by the Federal Court of Auditors, that is, approximately 71% of the operational audits carried out by the Rondônia State Court of Auditors, from 2012 to 2015, had their object defined by TCU. This points to the need for reflection on the need to carry out operational audits that have their objectives defined due to regional peculiarities. As for the parameter relating to the planning, execution and reporting phases, with the exception of process n° 4435/12, which deals with monitoring and not with an operational audit, in all processes there was total adherence to the pre-defined paradigm. The same cannot be said about the monitoring phase. In this case, only process No. 4435/12 represents monitoring in an autonomous process of an audit carried out in another process. In other cases, follow-up, when it existed, was carried out in the same operational audit process. The presentation of the action plan was not identified in any of the analyzed processes, which made monitoring actions difficult. In this regard, the TCE-RO can evolve a lot by reinforcing the absolute need to present action plans to comply with the determinations that must be monitored in an autonomous process.

## **5 | FINAL CONSIDERATIONS**

The action plan must be prepared in such a way as to foresee, step by step, the actions that must be adopted in order to comply with the determinations and recommendations

contained in the report. It must indicate the budgetary source of the resources that will be used for the execution of the action plan, as well as indicate the deadline and the authority responsible for the practice of each action contained in the plan. As for the support for those measures by the DLIS – Integrated and Sustainable Local Development, it is recommended to build indices to be used for optimizing decisions and resources, originating from the analysis of accounts carried out in the Court of Accounts.

In conclusion, it is stated that the opportunities for improvement and innovation in carrying out operational audits by the TCE-RO can be summarized in the need to prepare its own operational audit manual and to: I) preparing executive summaries for each operational audit carried out, with a view to favoring the guiding principles of the New Public Management Theory, in particular citizenship and accountability; II) consider the possibility of carrying out operational audits, which have regional public policies as their object; and III) make monitoring more effective, in particular, reinforcing the importance of drawing up an action plan by managers - / + those involved.

## REFERENCES

Antong BH, Alimuddin DS, Filho FS. Critical Study of the Accounting Practices of Indonesians State-Owned Enterprises. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, Vol-5, Issue-8, Aug- 2018. Acessado em 20 de junho de 2021, link <https://ijaers.com/detail/critical-study-of-the-accounting-practices-of-indonesians-state-owned-enterprises/> DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.8.25>

Bardin L. *Análise de conteúdo*. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro (trad.). 3 ed. Lisboa: Edições 70, 2004.

Boff VA, Bordim J, Wbatuba BBB, Wittmann ML, Falkembach FR. Marketing, Tecnologia e Planejamento como Diferenciais Competitivos para Alavancar o 'Dark Tourism' e o Desenvolvimento Local e Regional. *Desenvolvimento em Questão*, v. 18, n. 52, p. 324-334, 2020.

Brasil. Tribunal de Contas da União. *Manual de auditoria operacional*. 3. ed. Brasília: TCU, SEPROG, 2010.

Cervo AL, Bervian PA. *Metodologia científica*. 10.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2018.

Denhardt RB. *Teorias da administração pública*. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

Dias R. *Políticas públicas: princípios, propósitos e processos*. São Paulo: Atlas, 2012.

Gil AC. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 8.ed. São Paulo: Atlas, 2018.

Lakatos EM, Marconi MA. *Fundamentos metodologia científica*. 8.ed. São Paulo: Atlas, 2011.

Lakatos EM, Marconi MA. *Metodologia do trabalho científico*. 8.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

Marconi MA, Lakatos EV. *Metodologia científica*. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

Marconi MA, Lakatos EM. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração e interpretação de dados. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2004.

Rolha JJSA, Figueira VMS. Mértola: Um Projeto de Desenvolvimento Local [Portugal]. Rosa dos Ventos - Turismo e Hospitalidade, v. 13, n. 2, p. 564-582, 2021.

Siena O. Normas para elaboração e apresentação de trabalhos acadêmicos: projetos, monografia, dissertação e artigo. Porto Velho: [s.n.], 2011.

## CAPÍTULO 2

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA: ENGENHARIA DE PROMPT PARA OTIMIZAÇÃO DE TRABALHOS COM CHATGPT

---

*Data de submissão: 05/09/2024*

*Data de aceite: 01/10/2024*

### **Márcio Mendonça**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
PPGEM-CP - Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Mecânica PP/CP  
Cornélio Procópio - PR  
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

### **Daniel Almeida Colombo**

Centro Universitário UniSenai PR  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/0172888278106060>

### **Renato Kazuo Miyamoto**

Centro Universitário Senai UniSenaiPR  
Londrina - Pr  
<http://lattes.cnpq.br/4663576103826232>

### **Rafael Carneiro Sacomann**

Centro Universitário Senai UniSenaiPR  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/2139273105010310>

### **Camila Fogaça de Oliveira**

UniSenaiPR Londrina  
Londrina - PR  
<http://lattes.cnpq.br/2341971599302203>

### **Edinei Aparecido Furquim dos Santos**

Governo do Paraná - Secretaria de estado  
da Fazenda  
Ponta Grossa - PR  
<http://lattes.cnpq.br/8706436030621473>

### **Fabio Rodrigo Milanez**

UniSenaiPR Londrina  
Londrina – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

### **Vicente de Lima Gongora**

UniSenaiPR Londrina  
Londrina – PR  
<http://lattes.cnpq.br/6784595388183195>

### **Francisco de Assis Scannavino Junior**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia  
Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio - Pr  
<http://lattes.cnpq.br/4513330681918118>

### **Marcio Jacometti**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Departamento Acadêmico das Ciências  
Humanas E Sociais Aplicadas (Dachs)  
Cornélio Procópio - Pr  
<http://lattes.cnpq.br/8509336134084374>

### **Marcos Antônio de Matos Laia**

Universidade Federal de São Joao Del Rei  
Departamento De Ciência Da Computação  
– UFSJ  
<http://lattes.cnpq.br/7114274011978868>

**Rodrigo Henrique Cunha Palácios**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Computação (DACOM)  
Cornélio Procópio - PR  
<http://lattes.cnpq.br/0838678901162377>

**Marcos Banheti Rabello Vallim**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/2326190172340055>

**Roberto Bondarik**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento de Ciências Humanas e Sociais (DACHS)–  
Cornélio Procópio - Pr  
<http://lattes.cnpq.br/6263028023417758>

**Iago Maran Machado**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Mestrando - PPGEM-CP - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica PP/CP  
Cornélio Procópio - PR  
<http://lattes.cnpq.br/4733940365047328>

**Eduardo Filgueiras Damasceno**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Computação (DACOM)  
Cornélio Procópio - PR  
<http://lattes.cnpq.br/7333630388674575>

**Pedro Henrique Calegari**

Engenheiro Mecânico | Engenheiro de Segurança do Trabalho | Gerente de Projetos  
Unopar Universidade Norte do Paraná – Gerente projetos Bosch Car Service  
Jacarezinho-PR  
<http://lattes.cnpq.br/1239023712415204>

**RESUMO:** O texto destaca o uso do *ChatGPT* como uma ferramenta poderosa para diversas aplicações, incluindo criação de conteúdo, copywriting, e desenvolvimento de negócios. A Inteligência Artificial (IA) está revolucionando áreas como engenharia, direito e tecnologia da informação. Um estudo nos EUA demonstrou que a IA pode alcançar 85% de acurácia em menos de 30 segundos, tarefa que levaria advogados experientes cerca de uma hora e meia. O artigo oferece uma variedade de prompts que tornam a interação com o *ChatGPT* mais eficiente e personalizada, abrangendo desde a geração de soluções até a criação de conteúdo otimizado. Além disso, discute o uso de prompts em inglês, devido à predominância desse idioma nos dados de treinamento. Por fim, o texto conclui com sugestões para futuros trabalhos, enfatizando o potencial do *ChatGPT* para resolver desafios e aumentar a

produtividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** *ChatGPT*, Inteligência Artificial, Prompts, Criação de conteúdo e Produtividade

## APPLIED ARTIFICIAL INTELLIGENCE: PROMPT ENGINEERING FOR OPTIMIZING CHATGPT WORKFLOWS

**ABSTRACT:** The text highlights the use of *ChatGPT* as a powerful tool for various applications, including content creation, copywriting, and business development. Artificial Intelligence (AI) is revolutionizing fields such as engineering, law, and information technology. A study in the US demonstrated that AI can achieve 85% accuracy in less than 30 seconds, a task that would take experienced lawyers about an hour and a half. The article offers a variety of prompts that make interacting with *ChatGPT* more efficient and personalized, ranging from generating solutions to creating optimized content. Additionally, it discusses the use of English prompts due to the predominance of this language in the training data. Finally, the text concludes with suggestions for future work, emphasizing the potential of *ChatGPT* to solve challenges and increase productivity.

**KEYWORDS:** *ChatGPT*, Artificial Intelligence, Prompts, Content Creation, and Productivity.

## INTRODUÇÃO

A aplicação da inteligência artificial (IA) tem o potencial de revolucionar o mundo corporativo de maneira profunda e abrangente. Com a capacidade de processar grandes volumes de dados, automatizar tarefas complexas e fornecer insights precisos, a IA pode transformar desde operações internas até a forma como as empresas interagem com seus clientes (DÁVILA, 2024).

No mundo corporativo, a IA é utilizada para otimizar processos de produção, personalizar experiências de clientes, prever tendências de mercado e melhorar a tomada de decisões estratégicas. Ferramentas como o ChatGPT, por exemplo, estão permitindo que empresas automatizem o atendimento ao cliente, criem conteúdo em escala e desenvolvam estratégias de marketing altamente direcionadas, tudo com maior eficiência e menor custo.

Além disso, a IA facilita a análise de dados em tempo real, permitindo que as empresas sejam mais ágeis e responsivas às mudanças do mercado. A capacidade da IA de aprender e adaptar-se ao longo do tempo também significa que as soluções baseadas em IA se tornam mais eficazes à medida que são utilizadas, criando um ciclo contínuo de aprimoramento e inovação.

Em resumo, a inteligência artificial não apenas está mudando o mundo corporativo, mas também está redefinindo o que é possível em termos de eficiência, inovação e competitividade no ambiente de negócios global.

A aplicação da inteligência artificial (IA) tem o potencial de revolucionar o mundo corporativo de maneira profunda e abrangente. Com a capacidade de processar grandes

volumes de dados, automatizar tarefas complexas e fornecer insights precisos, a IA pode transformar desde operações internas até a forma como as empresas interagem com seus clientes (Mendonça, et al, 2024).

Por exemplo, um prompt utilizado para gerar ideias de negócios pode ser: “Sugira cinco ideias de negócios inovadores no setor de tecnologia verde.” Outro exemplo é um prompt para melhorar o SEO de um conteúdo: “Reescreva este parágrafo para otimizar palavras-chave relacionadas a marketing digital.” Esses exemplos ilustram como o ChatGPT pode ser aplicado para resolver problemas específicos e elevar a produtividade em diferentes contextos V. Dutt, S. M. Sasubilli and A. E. Yerrapati, 2020).

O livro *Conversational AI: Chatbots that Work* é um guia sobre a criação de *chatbots* eficazes, abordando princípios de design de conversas, uso de processamento de linguagem natural (NLP) e integração de tecnologias de IA. O livro discute desafios como compreensão de intenções, gestão de diálogos e correção de erros, oferecendo conselhos práticos para testar e implantar *chatbots*. É um recurso útil para desenvolvedores e designers que desejam criar *chatbots* funcionais e envolventes (Andrew Freed, 2021).

O livro “ChatGPT Explicado” de Helbert Costa (COSTA, 2024), este livro é um guia abrangente sobre o ChatGPT e outras inteligências artificiais, voltado para explicar suas funcionalidades, aplicações e impactos. Essa obra se propõe a ser um recurso essencial para compreender as nuances dessa tecnologia emergente e como ela está moldando diferentes aspectos da sociedade.

Alguns aspectos para melhor compreensão dessas ferramentas, em especial o ChatGPT como por exemplo ter sido aprovado em testes para programadores na google. Quanto mais informações você passar, mais precisa é a resposta. Isso sugere que é necessário mais detalhamento do seu prompt 170 bilhões de dados, GPT 4 foi testado por um ano antes do seu lançamento, posto essas considerações o ChatGPT entre outros similares podem proporcionar maior velocidade e qualidade do trabalho!!!

No livro de Diego Dávila (2024) marketing digital, direito e tecnologia da informação, destacando seu potencial transformador. Além disso, referências no livro mostram que o uso de prompts em inglês pode ser particularmente eficaz, devido à predominância desse idioma nos dados de treinamento da IA, o que melhora a precisão e a relevância das respostas. Por fim, o artigo resume as principais contribuições e sugere futuras explorações do potencial do ChatGPT e outras soluções baseadas em IA para aprimorar estratégias empresariais e operações cotidianas.

## FUNDAMENTOS

Como Funcionam os Principais *Chatbots*:

O Processo de Treinamento

A chave para o funcionamento de *chatbots* como GPT-3, LaMDA e Bard está no seu

treinamento. Esse processo envolve:

**Coleta Massiva de Dados:** Os modelos são alimentados com uma enorme quantidade de texto da internet, livros, códigos e outras fontes. Essa diversidade de dados permite que o modelo aprenda a reconhecer padrões e gerar texto coerente em diversos contextos.

**Processamento e Limpeza dos Dados:** Os dados coletados são processados e limpos para remover informações irrelevantes, inconsistentes ou prejudiciais. Essa etapa é crucial para garantir a qualidade das respostas geradas.

**Treinamento do Modelo:** O modelo de linguagem é treinado utilizando técnicas de aprendizado de máquina, como redes neurais artificiais. Essas redes aprendem a mapear as entradas (perguntas, comandos) em saídas (respostas) de forma cada vez mais precisa.

**Funcionamento em Tempo Real:** quando interage com um *chatbot*, o seguinte acontece:

**Entrada do Usuário:** digita uma pergunta ou comando.

**Processamento da Entrada:** O *chatbot* processa a entrada, transformando-a em uma representação numérica para o modelo poder entender.

**Geração da Resposta:** O modelo utiliza seus conhecimentos adquiridos durante o treinamento para gerar uma resposta que seja relevante e coerente com a sua pergunta.

**Saída:** A resposta gerada pelo modelo é apresentada ao usuário.

**Os Modelos em Destaque**

**GPT-3:** Conhecido por sua capacidade de gerar textos longos e coesos, o *GPT-3* é capaz de escrever poemas, roteiros e até mesmo código de programação.

**LaMDA:** Especializado em diálogos, o *LaMDA* busca simular conversas naturais e envolventes, adaptando suas respostas ao contexto da conversa.

**Bard:** Baseado no *LaMDA*, o *Bard* se destaca por fornecer respostas informativas e criativas, podendo ser utilizado para diversas tarefas, como pesquisa e geração de ideias.

## A Importância dos Dados de Treinamento

Os dados de treinamento desempenham um papel fundamental no desempenho dos *chatbots*, pois:

**Conhecimento:** A quantidade e a qualidade dos dados determinam o conhecimento do modelo sobre o mundo.

**Capacidade:** Modelos treinados com dados mais diversos são capazes de gerar respostas mais criativas e abrangentes.

**Qualidade:** Dados limpos e bem estruturados garantem que o modelo gere respostas precisas e relevantes.

## O Futuro dos *chatbots*:

A área de *chatbots* está em constante evolução, com novos modelos e técnicas sendo desenvolvidos a cada dia. No futuro, podemos esperar *chatbots* ainda mais sofisticados, capazes de realizar tarefas complexas, como tradução simultânea, programação e até mesmo criação de conteúdo original.

Em resumo, os *chatbots* funcionam através de modelos de linguagem treinados com grandes quantidades de dados. Esses modelos são capazes de gerar texto humano de alta qualidade, simulando conversas naturais e realizando diversas tarefas. A contínua evolução dessas tecnologias promete transformar a forma como interagimos com computadores. A figura 1 mostra um comparativo resumido dos dois *chatbots* mais conhecidos atualmente.

Característica	GPT-3	LaMDA	Bard
Desenvolvedor	OpenAI	Google	Google
Foco principal	Geração de texto versátil	Diálogos naturais	Respostas informativas e criativas
Baseado em	Arquitetura transformer	Arquitetura transformer	LaMDA
Dados de treinamento	Textos da internet, livros, artigos, código	Diálogos e conversas	Textos e código
Capacidades	Geração de texto, tradução, criação de código, resumo de texto	Diálogos fluidos, compreensão de nuances da linguagem	Respostas informativas, geração de diferentes formatos de conteúdo
Vantagens	Versatilidade, capacidade de gerar textos longos e coesos	Diálogos naturais e envolventes, compreensão de nuances da linguagem	Baseado em um modelo de linguagem de ponta, respostas informativas
Desvantagens	Pode gerar informações incorretas ou tendenciosas, menor capacidade de compreensão de contexto em diálogos longos	Menos versátil para tarefas que não envolvam diálogos, pode gerar respostas repetitivas	Ainda em desenvolvimento, pode ter limitações em alguns contextos

Figura 1– Comparativo entre *chatbots*

### *Chatbots* Mais Conhecidos e Seus Dados de Treinamento

Uma Nota Importante:

Como supracitado com relação ao ChaGPT4 é difícil determinar o tamanho exato dos dados de treinamento de *chatbots* como GPT-3 e seus sucessores, por algumas razões:

Propriedade Intelectual: As empresas que desenvolvem esses modelos geralmente

consideram os detalhes de seus processos de treinamento como informações proprietárias.

**Constante Evolução:** Os modelos de linguagem estão em constante desenvolvimento, e o tamanho dos conjuntos de dados pode variar ao longo do tempo.

**Complexidade dos Dados:** Os dados de treinamento não se limitam a um simples número de palavras ou frases, mas envolvem uma grande variedade de formatos, como texto, código, e até mesmo dados multimodais (imagens, vídeos).

Dito isso, pode-se citar alguns dos *chatbots* mais conhecidos e algumas informações sobre seus dados de treinamento:

**GPT-3 (e seus sucessores):** Desenvolvido pela OpenAI, o GPT-3 é um dos modelos de linguagem mais avançados e amplamente utilizados. Seu treinamento envolveu uma quantidade massiva de texto da internet, incluindo livros, artigos, código e muito mais. O tamanho exato desses dados é confidencial, mas estima-se que seja da ordem de terabytes.

**LaMDA:** Desenvolvido pelo Google, o *LaMDA (Language Model for Dialogue Applications)* é outro modelo de linguagem de ponta, focado em conversas naturais. Seus dados de treinamento também são vastos e abrangem uma grande variedade de textos, incluindo diálogos e conversas.

**Bard:** Também do Google, o *Bard* é um *chatbot* que utiliza o modelo *LaMDA* como base. Ele é treinado em uma grande quantidade de dados textuais e de código, com o objetivo de fornecer respostas informativas e criativas.

O que sabemos sobre esses dados de treinamento:

**Diversidade:** Os dados de treinamento desses modelos são extremamente diversos, abrangendo uma ampla gama de tópicos, estilos e idiomas.

**Qualidade:** A qualidade dos dados é crucial para o desempenho do modelo. As empresas que desenvolvem esses modelos investem em técnicas para filtrar e limpar os dados, removendo informações falsas, tendenciosas ou ofensivas.

**Continuação do Treinamento:** Os modelos de linguagem são treinados de forma contínua, com a adição de novos dados e a melhoria das técnicas de treinamento.

Por que os dados de treinamento são tão importantes?

**Conhecimento:** Os dados de treinamento fornecem ao modelo o conhecimento necessário para gerar texto coerente e relevante.

**Capacidade:** A quantidade e a diversidade dos dados de treinamento influenciam a capacidade do modelo de entender e gerar diferentes tipos de texto.

**Qualidade:** A qualidade dos dados de treinamento afeta diretamente a qualidade das respostas geradas pelo modelo.

Em resumo:

Os *chatbots* mais avançados são treinados em quantidades massivas de dados, que são cuidadosamente selecionados e processados. Embora o tamanho exato desses dados seja geralmente confidencial, sabemos que eles são extremamente diversos e que desempenham um papel fundamental no desempenho desses modelos.

## DESENVOLVIMENTO

Exemplos nas 3 grandes áreas de conhecimentos serão abordados nesse desenvolvimento além de algumas técnicas da engenharia de prompt. A figura 2 mostra um estudo feito nos Estados Unidos Comparando uma I.A. e advogados

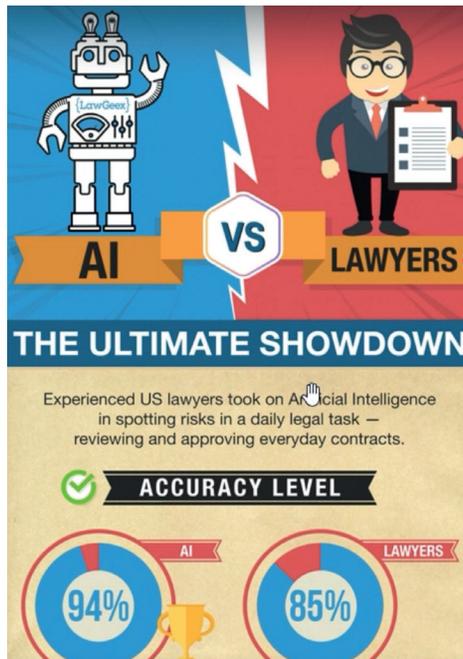


Figura 2– Comparativo entre I.A. e advogados

A imagem compara a I.A., representada pelo robô “LawGeex”, com advogados humanos na tarefa de identificar riscos em contratos legais. A IA atingiu uma precisão de 94%, enquanto os advogados alcançaram 85%. A imagem sugere que a I.A. pode ser mais eficiente e precisa que advogados em certas tarefas, mas não aborda aspectos como julgamento contextual, ética ou argumentação em cenários complexos.

Desse modo pode-se concluir que a ferramenta supracitada pode auxiliar os advogados, e não os substituir, ressalta-se o *ChatGPT* também executa tarefas similares, como mostra a figura 2 do prompt da versão *free*, a qual será utilizada por praticidade, por exemplo:

```
Desenvolva um contrato de Locação como um advogado especialista em direito imobiliário para o dono do Imóvel Márcio Mendonça CPF xxx.xxx.xxx-xx de um imóvel (residência) localizado na Av Antônio Gentil, 1344 para João Marcos Lopes de Mendonça yyy.yyy.yyy-yy de acordo com as leis do inquilinato
```

Figura 3– Prompt contrato locação

Exemplo didático de um contrato residencial resumido:

“LOCADOR: Márcio Mendonça, brasileiro, casado, empresário, inscrito no CPF sob o nº xxx.xxx.xxx-xx, residente e domiciliado na cidade de [Cidade], Estado [Estado], na Rua [Endereço do Locador], nº [Número do Endereço].

LOCATÁRIO: João Marcos Lopes de Mendonça, brasileiro, solteiro, estudante, inscrito no CPF sob o nº yyy.yyy.yyy-yy, residente e domiciliado na cidade de [Cidade], Estado [Estado], na Rua [Endereço do Locatário], nº [Número do Endereço].

IMÓVEL: Imóvel residencial localizado na Av Antônio Gentil, nº 1344, na cidade de [Cidade], Estado [Estado], de propriedade do Locador.

OBJETO DO CONTRATO: O Locador dá em locação ao Locatário o imóvel acima descrito para fins exclusivamente residenciais.

CLÁUSULA 1 - PRAZO: O presente contrato tem prazo de duração de [número] meses, com início em [data de início] e término em [data de término]. Ao término do prazo, o contrato poderá ser renovado mediante acordo entre as partes.

CLÁUSULA 2 - ALUGUEL: O aluguel mensal será de R\$ [valor], a ser pago até o dia [dia de vencimento] de cada mês, por meio de depósito bancário na conta de titularidade do Locador, no banco [nome do banco], agência [número da agência], conta corrente [número da conta]. E, assim por diante, um contrato padrão de locação

CLÁUSULA 10 - FORO: Fica eleito o foro da Comarca de [cidade], Estado [Estado], para dirimir quaisquer questões oriundas deste contrato, com renúncia expressa a qualquer outro, por mais privilegiado que seja.

Por estarem assim justos e contratados, firmam o presente instrumento em [número] vias de igual teor, juntamente com duas testemunhas.

[Local], [Data].

LOCADOR: \_\_\_\_\_

Márcio Mendonça

LOCATÁRIO: \_\_\_\_\_

João Marcos Lopes de Mendonça

TESTEMUNHAS:

1. \_\_\_\_\_ CPF: \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_ CPF: \_\_\_\_\_ ---

Ressalta-se que segundo a IA: este contrato é uma versão básica e deverá ser adaptado conforme as necessidades específicas do caso e as normas locais. É sempre recomendável que as partes busquem assessoria jurídica para garantir que todos os aspectos legais sejam adequadamente tratados.

O *ChatGPT* pode fazer uma análise do contrato supracitado e obter a seguinte resposta.



Figura 4– Prompt- análise do contrato locação

O texto aborda diversos aspectos essenciais em um contrato de locação. Primeiro, identifica as partes envolvidas, incluindo os dados completos do Locador e do Locatário, como nome, CPF, estado civil, profissão e endereço. Em seguida, descreve o imóvel, especificando o endereço completo para garantir clareza sobre o objeto do contrato. O prazo de locação é definido com o período de duração do contrato, mencionando as datas de início e término, além da possibilidade de renovação.

O valor do aluguel e a forma de pagamento são especificados, incluindo o dia do vencimento e os dados bancários para depósito. O reajuste do aluguel é abordado, estabelecendo o índice anual, como o IGP-M, para garantir transparência nas alterações de valor. O texto detalha as despesas que ficam a cargo do Locatário, como água, luz, gás, internet e condomínio, além de definir quem é responsável pelo pagamento inicial do IPTU.

Esses tópicos são cruciais para assegurar a clareza e legalidade do contrato, protegendo os direitos e obrigações tanto do Locador quanto do Locatário.

Já para aplicação em engenharia um exemplo prático e um didático serão analisados.

A figura 5 mostra o prompts para análise do dispositivo usando engenharia reversa. Observa-se, devido a troca de teor do assunto deve-se iniciar um novo chat.



Figura 5– Prompt- análise de um disjuntor

Exemplo prático, dados técnicos de um disjuntor como mostra figura 6



Figura 5– Imagem do disjuntor SOPRANO

A figura 6 mostra o uso da engenharia reversa, na qual o próprio ChatGPT fornece as opções de prompt, no caso a resposta 2 foi mais adequada.

O texto descreve um disjuntor monopolar da marca Soprano, modelo SHB-GII, com corrente nominal de 20A, tensão de operação de 240/415V, e capacidade de interrupção de 3000A. Suas principais características incluem uma curva de disparo tipo C, adequada para circuitos com cargas indutivas moderadas, e uma classificação IP20, que protege contra objetos sólidos maiores que 12,5 mm, mas não contra água. O disjuntor opera como um dispositivo de proteção que desarma automaticamente em caso de sobrecorrente, sendo ideal para aplicações residenciais e comerciais. Ele deve ser instalado por profissionais qualificados, com substituição e testes regulares recomendados.

 Resposta 2

Para extrair de maneira eficaz as características de um dispositivo elétrico, é fundamental formular um prompt claro, específico e detalhado. Isso orienta a inteligência artificial a fornecer informações abrangentes e relevantes sobre o dispositivo em questão. Aqui está um exemplo de como estruturar esse tipo de prompt:

**Exemplo de Prompt:**

*"Forneça uma descrição detalhada do [nome do dispositivo elétrico], incluindo suas principais características, componentes, especificações técnicas, princípio de funcionamento, aplicações comuns e quaisquer considerações de segurança relevantes."*

Figura 7– Engenharia reversa para a análise por meio da imagem do disjuntor SOPRANO



Forneça uma descrição detalhada do [nome do dispositivo elétrico], incluindo suas principais características, componentes, especificações técnicas, princípio de funcionamento, aplicações comuns e quaisquer considerações de segurança relevantes

Figura 8– Análise por meio da imagem do disjuntor SOPRANO

O texto descreve um disjuntor monopolar da marca Soprano, modelo SHB-GII, com

corrente nominal de 20A, tensão de operação de 240/415V, e capacidade de interrupção de 3000A. Suas principais características incluem uma curva de disparo tipo C, adequada para circuitos com cargas indutivas moderadas, e uma classificação IP20, que protege contra objetos sólidos maiores que 12,5 mm, mas não contra água. O disjuntor opera como um dispositivo de proteção que desarma automaticamente em caso de sobrecorrente, sendo ideal para aplicações residenciais e comerciais. Ele deve ser instalado por profissionais qualificados, com substituição e testes regulares recomendados.

**Já na área médica** pode-se por exemplo obter um diagnóstico (A. S. et al., 2023), pode até não sugerir ser ético, mas em países na África, na qual temos assistência médica precária, uma I.A. pode ser a única solução. Como mostra a figura 9 uma radiografia.



Figura 9– Análise de uma radiografia com a patela alta

- Pontos Chave na Análise de um Raio-X do Joelho:
- Alinhamento e Integridade Óssea:
- Fraturas: Verificação de quaisquer descontinuidades ou linhas anormais nos ossos que sugiram uma fratura.
- Posição da Patela: A posição da patela (rótula) deve ser avaliada, garantindo que ela esteja devidamente alinhada com o fêmur e a tibia.
- Espaços Articulares:
- Avaliação da Cartilagem: Embora a cartilagem não seja visível nos raios-X, o espaço entre os ossos pode fornecer pistas sobre a saúde da cartilagem. A redução desse espaço pode indicar desgaste da cartilagem ou artrite.
- Densidade e Estrutura Óssea:
- Osteoporose: A densidade óssea reduzida pode indicar osteoporose ou outras condições que afetam a força óssea.
- Avaliação dos Tecidos Moles:
- Inchaço ou Calcificações: As sombras dos tecidos moles podem revelar inchaço, calcificações ou outras anomalias.

- Patologia:
- Tendão Patelar: O comprimento e a condição do tendão patelar podem ser avaliados para sinais de lesão, como patela alta (patela em posição elevada).
- Observações Específicas:
- A imagem que você forneceu parece mostrar uma fratura da tuberosidade tibial, um local de inserção do tendão patelar. Isso pode estar relacionado a uma condição como a doença de Osgood-Schlatter em adolescentes ou uma lesão traumática em adultos.
- A patela parece estar posicionada mais alta que o normal (patela alta), o que pode estar associado a lesões do tendão patelar ou outras condições.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

O ChatGPT tem mostrado resultados promissores em diversas áreas, incluindo Direito, Engenharia e Medicina, ao auxiliar profissionais e estudantes em tarefas que envolvem análise de dados, pesquisa e até mesmo otimização de processos. Alguns ilustrados no desenvolvimento dessa investigação científica.

O *ChatGPT* tem mostrado resultados promissores em Direito, Engenharia e Medicina. Na área jurídica, auxilia na análise de textos legais e geração de resumos, otimizando processos e ajudando em simulações de cenários legais. Em Engenharia, o modelo oferece soluções rápidas para problemas complexos, otimiza projetos e prevê falhas de sistemas. Na Medicina, ele apoia diagnósticos, interpreta exames e recomenda tratamentos, melhorando a eficiência clínica. Embora eficaz, o uso do *ChatGPT* deve ser complementado por supervisão humana para garantir precisão e ética.

Esses resultados promissores nas áreas de Direito, Engenharia e Medicina mostram que o *ChatGPT* tem potencial para ser uma ferramenta poderosa em várias disciplinas, ajudando a aumentar a produtividade, reduzir erros e apoiar decisões críticas. Contudo, ressalta-se que: o uso da IA ainda deve ser complementado por supervisão humana cuidadosa para garantir a precisão e a ética.

## CONCLUSÃO

Os resultados são promissores e demonstraram a capacidade da IA em diferentes áreas. Posto isso, este artigo abordou o impacto e a aplicabilidade da Inteligência Artificial, com ênfase no uso de *chatbots* como o *ChatGPT* em diversas áreas, incluindo marketing digital, direito, e tecnologia da informação. Destacou-se que a IA não apenas otimiza processos, mas também transforma a maneira como as empresas operam e interagem com clientes, proporcionando eficiência e inovação. Através de exemplos práticos, explorou-se como a criação de prompts adequados pode maximizar o potencial desses sistemas, garantindo respostas mais precisas e relevantes. Futuros estudos poderiam explorar a

personalização avançada dos *chatbots*, as implicações éticas e regulamentares, a integração com tecnologias emergentes, a capacitação profissional para o uso eficaz de IA e o aprimoramento do desempenho multilíngue. Essas áreas expandem as atuais contribuições e ampliam o impacto da IA. Os seguintes futuros trabalhos podem ser endereçados Impacto da IA na sociedade: Analisar como a IA está transformando o mercado de trabalho, a educação e a democracia. IA e sustentabilidade: Explorar o potencial da IA para resolver problemas ambientais e promover a sustentabilidade. Consciência e inteligência artificial: Debater sobre a possibilidade de as máquinas desenvolverem consciência e os desafios éticos que isso pode gerar.

## REFERÊNCIAS

A. S.; A. A. S.; R, A. R.; S, D. S.; SEKHAR, R. **A Novel AI-based chatbot application for personalized medical diagnosis and review using large language models**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RESEARCH METHODOLOGIES IN KNOWLEDGE MANAGEMENT, ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING (RMKMATE), 2023, Chennai, Índia: IEEE, 2023. p. 1-5. DOI: 10.1109/RMKMATE59243.2023.10368616.

COSTA, Helbert. **ChatGPT Explicado: o guia definitivo sobre esta e outras inteligências artificiais**. CITADEL, 2024.

FREED, Andrew. **Conversational AI: Chatbots that Work**. New York: Manning, 2021.

DAVILA, Diego. **Comandos ChatGPT para o Trabalho**. Diego Dávila, 2024. Disponível em: <https://www.diegodavila.com/>. Acesso em: 30 ago. 2024.

DUTT, V.; SASUBILLI, S. M.; YERRAPATI, A. E. Dynamic Information Retrieval with *Chatbots*: **A Review of Artificial Intelligence Methodology**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONICS, COMMUNICATION AND AEROSPACE TECHNOLOGY (ICECA), 4., 2020, Coimbatore, India. Anais [...]. Piscataway, NJ: IEEE, 2020. p. 1299-1303. DOI: 10.1109/ICECA49313.2020.9297533.

MENDONÇA, Márcio et al. **Evolução da inteligência artificial: da IA fraca à IA forte na era dos chatbots, com instâncias na educação**. Ciência e tecnologia: catalisadores da inovação. 1. ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2024. Cap. 3, p. 26-39.

# TECNOLOGIA RFID PARA MONITORAMENTO E RASTREABILIDADE NA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA

*Data de submissão: 29/07/2024*

*Data de aceite: 01/10/2024*

### **Fernanda Cristina Kandalski Bortolotto**

College professor at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

### **Alini Thaynara Tomaz**

Student at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

### **Bruna Bacon Bark**

Student at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

### **Felipe Bachtchen**

Student at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

### **Itacir Bertussi Neto**

Student at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

### **Tayna Borges de Almeida**

Student at Centro Universitário Unicuritiba - Curitiba, Paraná, Brazil.

**RESUMO:** A produção de proteína suína é uma atividade muito significativa para o agronegócio brasileiro. Produtores estão vendo a necessidade de adequação frente a demandas impostas por normas nacionais e pelo mercado internacional, para garantia de produtividade, qualidade, rastreabilidade

e bem-estar animal. Neste contexto, o desenvolvimento de tecnologias que possibilitam integrar esses fatores em prol de uma produção melhor e mais eficiente vem ganhando espaço. A tecnologia de coleta e transmissão de dados por meio do sistema RFID é uma possibilidade para atender estas demandas. No presente trabalho é apresentado uma proposta de monitoramento e rastreabilidade da produção suína utilizando a tecnologia RFID. A proposta inclui o implante de um microchip no animal dotado de um sistema de leitura de dados, além de um sensor de temperatura para monitoramento do status sanitário deste. A partir dos dados coletados e enviados a um sistema, este poderá analisar e identificar anomalias para permitir tomada de decisões assertivas, visando maior eficiência no processo produtivo. Análise financeira ainda será executada.

**PALAVRAS-CHAVE:** suinocultura, rastreabilidade, bem-estar, RFID, tecnologia

## RFID TECHNOLOGY FOR MONITORING AND TRACEABILITY IN PORK PRODUCTION

**ABSTRACT:** The production of pork protein is a very significant activity for Brazilian

agribusiness. Producers are seeing the need to adapt to demands imposed by national standards and the international market, to guarantee productivity, quality, traceability and animal welfare. In this context, the development of Technologies that make it possible to integrate these factors of better and more efficient production is gaining ground. Data collection and transmission technology through the RFID system is a possibility to meet these demands. In this work, a proposal for monitoring and traceability of swine production using RFID technology is presented. The proposal includes the implantation of a microchip in the animal equipped with a data Reading system, in addition to a temperature sensor to monitor its health status. From the data collected and sent to a system, it can analyze and identify anomalies to allow assertive decision-making, aiming for greater efficiency in the production process. Financial analysis will still be performed.

**KEYWORDS:** pig production, traceability, welfare, RFID, technology

## INTRODUÇÃO

A suinocultura é sem dúvida um dos destaques do agronegócio brasileiro. A produção de carne suína brasileira foi de 5,1 milhões de toneladas em 2023, sendo o Brasil o 4º maior produtor mundial e exportador, com 1,2 milhão de toneladas exportadas, representando 120 bilhões do PIB nacional, gerando 4 milhões de empregos diretos e indiretos, segundo dados do último relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2023).

Contudo muitos mercados importadores, como a União Europeia, exigem rastreabilidade de produção, sendo essa a capacidade de identificar a origem e seguir com a movimentação de um produto de origem animal durante as etapas de produção, distribuição e comercialização, tanto das matérias-primas como dos ingredientes e dos insumos utilizados (BRASIL, 2020). A rastreabilidade se torna necessária para identificar um produto desde sua origem, proporcionando uma gestão da cadeia produtiva, uma vez que visa garantir o bem-estar animal, segurança alimentar, confiança ao consumidor e conformidade regulatória, sendo uma exigência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A rastreabilidade é o primeiro passo para atender às demandas dos consumidores do mundo, que se tornam cada vez mais exigentes quanto à qualidade e a inocuidade dos alimentos. O produtor precisa da rastreabilidade como ferramenta de gestão, de captação e registro de dados zootécnicos e de manejo. Empresas comerciais desejam a identificação para que possam oferecer aos clientes produtos de qualidade e de origem conhecida (DILL; VIANA, 2012). Finalmente, o consumidor está cada vez mais interessado na origem da carne que consome e principalmente na forma de criação desses animais. Transparência com os consumidores em relação a origem dos alimentos é necessária para dar credibilidade aos negócios (EXAME, 2017). Para a cadeia do agronegócio, sujeita a crescentes pressões para cumprir padrões de sustentabilidade, rastreabilidade é sinônimo de estratégia, ajudando a responder as demandas por bem-estar animal e respeito às

normas de proteção ao meio ambiente.

Para aumentar produção e consequente participação no mercado mundial de produção de proteína, os produtores brasileiros precisam investir em formas de maximizar produção. Uma forma de conseguir isso é automação e cuidar da sanidade do plantel. No quesito sanidade, investir em ações que previnam e antecipem diagnóstico de doenças é uma vantagem a ser conquistada.

Além da rastreabilidade ser uma determinação da legislação brasileira e dos mercados compradores de carne, outras exigências estão fazendo com que produtores revejam seus sistemas de criação, como é o caso das boas práticas de manejo e de bem-estar animal para granjas de suínos de criação comercial, trazido pela instrução normativa do MAPA de 2020. (BRASIL, 2020). A normativa traz prazos para adequação dos produtores em vários aspectos, dentre eles a proibição de condutas agressivas e a necessidade de avaliação diária dos animais para identificação de possíveis problemas de saúde e bem-estar. Práticas antigas deverão ser deixadas de lado, e a tecnologia ganhará espaço para que produtores se adequem às recomendações.

No processo de modernização da suinocultura a adesão a novas tecnologias vem ganhando notoriedade, traduzindo-se em melhora dos índices produtivos e produção com sustentabilidade. Isso fica evidente quando se observam as transformações e avanços em instalações, sanidade, nutrição, genética e bem-estar. Atualmente fala-se em suinocultura 4.0, fazendo uma referência à quarta revolução industrial, a qual traz o monitoramento de dados zootécnicos através do uso de ferramentas tecnológicas, como a internet das coisas e a big data.

Apesar da vantagem brasileira na produção de carne suína através do elevado status sanitário do plantel, temos ainda muita falta de cultura com relação a prevenção de doenças e implementação de medidas de biossegurança, o que acaba por deixar os animais vulneráveis a entrada de novas enfermidades. Leal et. al (2018) aponta em seu estudo três gargalos da suinocultura hoje: gestão adequada de dados, prevenção de doenças e bem-estar-animal.

Dentre os sistemas e tecnologias já empregados a favor da produção animal, algumas combinações podem trazer resultados positivos. A tecnologia de comunicação sem fio RFID (Radio Frequency Identification) foi desenvolvida para fins de identificação e rastreamento de objetos, animais, produtos e outros itens por meio radiofrequência. É uma tecnologia que, apesar de já existir há algumas décadas (WEIS, 2007), apresenta grande crescimento no ramo da IoT (*Internet of Things*, ou, em português, Internet das Coisas) (ALHARBE et. al, 2013; DUROC, 2022) e se aproveita da tendência geral na indústria tecnológica pela redução do tamanho de componentes eletrônicos. A principal finalidade desse sistema é a coleta de dados de maneira rápida e remota, a fim de facilitar o gerenciamento do processo em que está envolvido, particularmente nas áreas de identificação e segurança (NEUSTUPA, 2015). Para tal, a comunicação via RFID utiliza tags de identificação única

e leitores, que geralmente possuem uma antena amplificadora acoplada (ALHARBE et. al, 2013). Além disso, para o processamento e interpretação dos dados, são necessárias aplicações e outros softwares que auxiliarão a pessoa tomadora de decisões.

Dessa forma o presente trabalho tem como objetivo conceituar e propor uma ferramenta tecnológica, RFID, para monitoramento e rastreabilidade suína no Brasil, melhorando a gestão dos dados zootécnicos, prevenindo e diagnosticando precocemente enfermidades, além de atender as necessidades e exigências com relação ao bem-estar animal. A tecnologia RFID será explorada com foco na gestão de uma granja de suínos, através da coleta e armazenagem de dados, e de aplicações de controle, possibilitando a implementação da Indústria 4.0 na criação de suínos, por meio de um sistema de monitoramento constante. Utilizando o implante de um microchip, indo além da tecnologia já adotada atualmente (TEKIN et. al, 2021), adicionando funcionalidades sistêmicas e sensores de temperatura. Assim, será possível melhorar as tomadas de decisões estratégicas e facilitar a detecção de anomalias, que podem ser causadas por fatores como doenças ou falhas de manejo, para então reduzir perdas na produção.

## **METODOLOGIA**

A seguir será apresentada a proposta da tecnologia de monitoramento e rastreabilidade na criação de suínos por meio do sistema de implantação de microchips e utilização da tecnologia RFID.

## **TECNOLOGIA RFID**

RFID – *Radio-Frequency Identification*, é uma tecnologia de transmissão sem fios de dados que permite a identificação e comunicação entre objetos e leitores, também conhecidos como *tags* e *readers*, respectivamente (ALHARBE, 2013). Essa tecnologia possui várias camadas técnicas, utilizam transponders de leitura e escrita ou de leitura apenas, que transmitem a informação através de um campo de indução. Além de pouca ou nenhuma necessidade de manutenção, seu tempo de vida é praticamente ilimitado (DUROC, 2022).

O sistema RFID pode funcionar de três maneiras – ativa, passiva ou semi-passiva, dependendo dos seus componentes e da compatibilidade entre eles (DUROC, 2022). As tags passivas não possuem fonte de energia própria, elas dependem do campo de radiofrequência emitido pelo leitor para seu funcionamento, permanecendo desligadas sem efetuar leituras ou transmissões de dados enquanto não são utilizadas. Na comunicação ativa, por outro lado, as tags têm sua própria fonte de energia, geralmente baterias, para alimentar um transmissor de radiofrequência, e são capazes de transmitir informações continuamente. Já as semi-passivas – também chamadas de tags BAP (*Battery Assisted Passive*) utilizam de uma bateria para alimentar o circuito da tag e sensores mais específicos,

como acelerômetros e giroscópios, por exemplo, mas transmitem as informações do mesmo modo que as tags passivas. A tag retorna o sinal de radiofrequência recebido por meio do princípio de reflexão das ondas eletromagnéticas, emitindo seus próprios sinais de volta para a antena conforme demonstra figura 1.

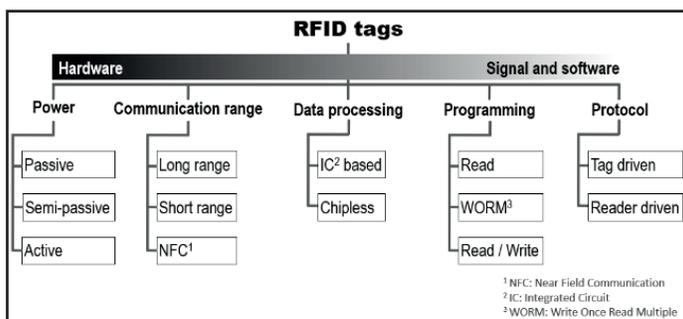


Figura 1 – diferentes tipos de classificação das tags RFID

Fonte: From Identification to Sensing: RFID Is One of the Key Technologies in the IoT Field (DUROC, 2022).

Esses sinais de rádio podem apresentar diferentes faixas de frequência, e precisam estar compatíveis com os componentes envolvidos no sistema. De maneira geral, as faixas de radiofrequência costumam ser classificadas da seguinte maneira, de acordo com Duroc (2022):

- Baixa Frequência/Low Frequency (LF): 125-134 kHz
- Alta Frequência/High Frequency (HF): 13.56 MHz
- Ultra Alta Frequência/Ultra-high Frequency (UHF): 860-960 MHz
- Frequência Extremamente Alta/Extremely High Frequency (EHF): 24-30 GHz

Cada faixa de operação estará associada a uma distância de leitura diferente. Em um ambiente ideal, ignorando interferências causadas pelo ar e outros materiais presentes, as distâncias e faixas de operação podem ser classificadas de acordo com a figura 2.

	PASSIVE			ACTIVE
FREQUENCY	LF	HF & NFC	UHF	UHF-µW
	125/134 KHz	13.56 KHz	860-915 MHz	433 MHz-5.8 GHz
READ DISTANCY	max. 50 cm	max. 1 m	max. 15 m	max. 300 m
TAGS	small, cheap, easy to produce			more expensive own battery

Figura 2 – distância de leitura das tags RFID

Fonte: AUCXIS – RFID Solutions.

Os chips de identificação existentes no mercado fazem uso do modelo de baixa

frequência, que apresentam grande eficiência na comunicação de pouca quantidade de dados e em uma distância pequena, dificilmente superior a 10mm entre chip e leitor. Para este estudo, portanto, tomaremos como objetivo a utilização da tecnologia passiva de ultra alta frequência, na faixa entre 860 MHz e 960 MHz, devido a necessidade do monitoramento de múltiplas unidades simultâneas em uma distância maior, considerando baias padrão de um sistema de terminação de suínos. Como baias padrão serão consideradas as recomendações contidas no Manual de Boas Práticas Agropecuárias na Produção de Suínos (EMBRAPA, 2011), considerando 1m<sup>2</sup>/suíno (100 Kg) com galpões de 8-12m de largura, 3-3,5m de pé direito e comprimento variável com número de animais alojados.

## IMPLANTE

O chip será inserido em uma cápsula de vidro biocompatível – borossilicato (KIDO, 2011), com revestimento parcial em material antimigratório. Assim, o implante deverá ser acondicionado no local mais adequado para o melhor aproveitamento dos sensores e a menor possibilidade de interferências na leitura, reduzindo, ainda, a possibilidade de rejeição, reações alérgicas ou inflamações. O material antimigratório se ligará ao tecido do animal, em seu tecido subcutâneo, fixando a capsula no lugar em pouco tempo após a aplicação.

Uma das substâncias mais inovadoras nesse campo é o *Parylene*, um polímero sintético que já é utilizado na medicina como revestimento de implantes em seres humanos, e tem se mostrado importantíssimo na manutenção da segurança e durabilidade de implantes (HAO et. al, 2023). O *Parylene* age como uma barreira protegendo tanto o portador do implante como o próprio dispositivo. O material impede a penetração de fluidos corporais, que poderiam causar corrosão, deterioração e até, nos piores casos, lixiviação dos componentes na corrente sanguínea – processo de liberação química que acarretaria envenenamento.

A substância também age como isolamento elétrico, reduzindo interferências e curtos que podem ocorrer caso o portador entre em contato com eletricidade (COELHO et. al, 2023).

Todos esses pontos positivos são confrontados por um contraponto importante: seu custo. O processo de deposição desse polímero é complexo e requer equipamentos especializados, o que o torna mais caro que outros tipos de revestimento, mesmo que seus benefícios sejam superiores (KIM et. al, 2013). Na figura 3 temos uma representação de placas eletrônicas revestidas com o material sugerido (*Parylene*), e as mesmas placas sem o revestimento.

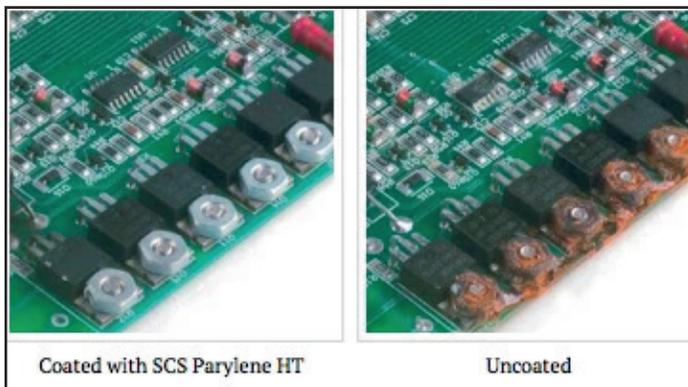


Figura 3 – placas eletrônicas com e sem revestimento em *Parylene*.

Fonte: KISCO Specialty Coating Systems, Inc.

## SISTEMA DE MONITORAMENTO

A interface de gestão será desenvolvida utilizando *bootstrap*, um framework que trabalha com diversas linguagens de marcação e programação na criação de websites responsivos, que se adaptam automaticamente a diversas resoluções de tela (SHAHZAD, 2017). Também será utilizado o PHP (*Hypertext Preprocessor*), uma linguagem de programação de script utilizado na criação de aplicativos web dinâmicos, e suporta uma variedade de bancos de dados, dentre eles o MySQL (PHP Group). MySQL é um banco de controle e armazenamento de dados de código aberto, o que o torna muito confiável e compatível com todos os provedores comuns (OHYVER, et. al, 2019), deste modo, o gerenciamento do banco de dados poderá ser vinculado ao módulo de rastreabilidade da Plataforma de Gestão Agropecuária (PGA) (BRASIL, 2015). O banco de dados deste projeto utiliza a linguagem SQL (*Structured Query Language*) para administrar e manipular dados. O sistema contará, portanto, com funcionalidade de cadastro de novos animais, monitoramento de informações em tempo real, registro e atualização de dados, programação de leituras agendadas, geração de relatórios de maneira manual e automática.

Para as informações de registro de cada animal, serão utilizados os seguintes dados:

- Número do Registro Geral de Animais.
- Data do registro e identificação da origem.
- Nome do animal, porte, sexo, raça ou linhagem, cor.
- Idade (real ou presumida).
- Dados sobre saúde do animal, histórico de leituras (sensores do microchip), vacinas, situação reprodutiva, conversão alimentar, peso.
- Registros individuais dos estados, como baixa de desígnio, transferência, mu-

dança de fases de criação, abate.

- Registros individuais de ocorrências.

Para a confecção do chip serão necessários componentes já existentes no mercado. Sensor de temperatura associado ao chip RFID com transponder constituído de um código de identificação única, antena e capacitores para manutenção do seu funcionamento por um período após a ativação, conforme demonstra a figura 4.

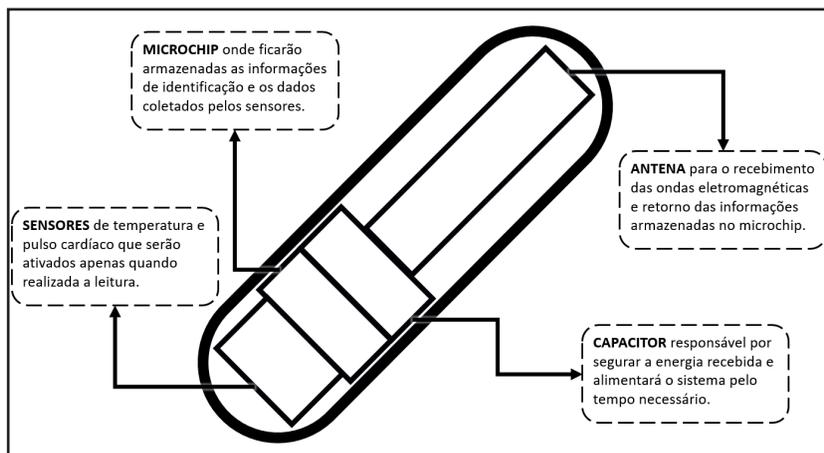


Figura 4 – Esquematização básica da estrutura do implante

Fonte: Autores

As leituras dos chips serão realizadas periodicamente de maneira manual ou automática, em intervalos definidos pela pessoa gestora. Os dados serão coletados através do uso de antenas RFID associadas a um leitor integrado, com programação em software proprietário do fabricante dos dispositivos. O sistema de leitura terá potência máxima de RF de 26dBm, suportará os protocolos ISO 18000-6C e 18000-6B, operando nas faixas de 902 a 907 Mhz e de 915,1 a 928 Mhz, com distância de leitura aproximadamente 6 metros – tendo alcance final reduzido devido a interferências ambientes e a posição subcutânea dos implantes (MURAMATSU; KODAMA, 2023). As antenas serão posicionadas a cada 4 metros, instaladas a uma altura máxima de 3 metros, com sua face voltada ao recinto dos animais.

A infraestrutura seguirá a comunicação por meio de cabos de rede até o computador que gerencia o servidor. De maneira automática, os dados serão inseridos diretamente no banco de dados lógico, que, via protocolos de rede, estará integrado aos bancos de dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), atendendo todas as exigências da instrução normativa que institui a PGA (BRASIL, 2015). Nesse sistema, estarão definidos padrões de medição de acordo com os parâmetros veterinários. Esses padrões servirão de *benchmarking* interno para comparação com as leituras realizadas, e assim qualquer

alteração poderá ser tratada de maneira ágil e orientada. A figura 5 representa um esquema básico da estruturação e funcionamento do projeto.

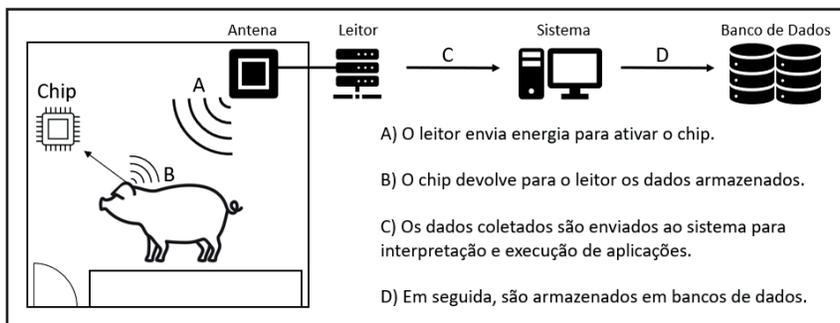


Figura 5 – Esquemática básica do funcionamento do projeto

Fonte: Autores.

A avaliação das alterações da temperatura corporal há muito tempo vem sendo alvo de estudo, devido correlação com enfermidades. De acordo com Adams (1990): “Hipócrates descobriu que quando uma parte do corpo é mais quente ou mais fria do que o restante, é um indicativo de que a doença está presente nesta parte”.

Pequenas mudanças termogênicas em tecidos específicos podem refletir doenças ou mudanças da função fisiológica. Estas alterações são capazes de ser regularizadas por medições e tratamentos não medicamentosos (SCOLARI, 2011).

Sensibilidade da leitura dos padrões de temperatura se refere à quantidade de diferença de temperatura que podem ser detectados e é medida em graus Celsius. Os sensores com sensibilidade moderada podem detectar diferenças de temperatura na ordem de 0,1°C e os de boa qualidade sensibilidade até quatro vezes menores ou 0,025°C.

A termometria, associada a outras técnicas, como exame clínico, apresenta potencial para ser uma ferramenta auxiliar no diagnóstico e prognóstico de diversas alterações. Dentre elas, pode ser realizada uma avaliação de bem-estar para que seja feita um controle correto do ambiente. Apesar de serem animais homeotérmicos, os suínos não apresentam um aparelho termorregulador bem desenvolvido, uma justificativa já muito bem estudada para isso é o fato de não possuírem glândulas sudoríparas funcionais (BERTON, 2013). Dessa forma o conforto térmico e as oscilações de temperatura corpórea são bem estudados e avaliados a fim de manutenção dos melhores padrões de sanidade e manejo.

## DISCUSSÃO

A proposta apresentada neste estudo vem de encontro às exigências nacionais e internacionais (BRASIL, 2020; BRASIL, 2015; FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL, 2009) no que tangem tanto o monitoramento como a rastreabilidade do plantel, mas principalmente no quesito de promoção de bem-estar.

A demanda por produtos limpos, saudáveis e seguros está em amplo crescimento no mercado mundial, principalmente no que diz respeito aos alimentos de origem animal. Assim, surge à necessidade do produtor de possuir instrumentos tecnológicos que auxiliem na gestão de produção, fiscalização, coleta de dados zootécnicos desde nascimento até o abate para a obtenção de qualidade, inocuidade alimentar, eficiência e eficácia na produção (DILL, VIANA, 2012). A tecnologia já é uma realidade na suinocultura moderna, e vem sofrendo ajustes e aprimoramentos.

Para garantir a rastreabilidade na produção suína há vários sistemas estudados e propostos que podem ser aplicados como o tradicional, eletrônico, biométrico e até os que utilizam exames laboratoriais, como análise de DNA. Sendo escolhidas pelos produtores conforme a sua acessibilidade, custo e praticidade de operação.

Nos sistemas tradicionais, os brincos plásticos numerados, moxa (píques nas orelhas) e tatuagens, são facilmente lidos por humanos e são uma tecnologia relativamente barata (PEREIRA, 2000). A moxa auricular, que apesar de ser um sistema limitado, pois permite o controle individual de até 1.599 animais, é também um processo doloroso e de difícil aplicação, não compatível com as normas de bem-estar animal. A tatuagem tem a possibilidade de apagar com o tempo tornando-se de difícil visualização. Brincos plásticos têm a possibilidade de cair ou serem retirados por outros animais; podem ocorrer erros de leitura e fixação de impurezas no código de barra/números e assim, dificultando ou inviabilizando a leitura (DILL, VIANA, 2012).

Os sistemas eletrônicos, incluem os brincos, anéis, colares com transponders, além dos transponders subcutâneos. A identificação por transponder subcutâneo é rápida e precisa, inclusive durante etapa de abate (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2022). Brincos e colares com chips, são utilizados por alguns produtores, mas ainda representam muitos erros, principalmente devido a serem facilmente retirados pelos próprios animais por curiosidade, e na fase de abate são retirados com facilidade perdendo-se rastreabilidade se outro método ou controle não for aplicado. Os chips subcutâneos apresentam a única desvantagem de relatos de migração e perda de leitura (DILL, VIANA, 2012). Em nosso sistema, com a utilização do *Parylene*, o implante fica antimigratório e os dados coletados não se perdem. Após padronização do local de aplicação do chip, também não haverá problemas no quesito de segurança alimentar devido implante ser considerado um corpo estranho.

Os sistemas biométricos se dão por leitura da retina ou escaneamento da íris. Os vasos sanguíneos da retina são únicos para cada animal e estável durante sua vida. Já na íris, seus desenhos são únicos para cada animal e estável no tempo, mas, não se tem certeza de quando estabilizam (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2022). Infelizmente esse método tem como desvantagem o tempo elevado para a obtenção da leitura da retina/íris do animal e se tem necessidade frequente de dominar o animal, além do alto custo (DILL, VIANA, 2012).

Como já ocorre na pecuária de precisão, a produção de carne suína precisa considerar um sistema de gestão digital que mede continuamente a produção, reprodução, saúde e bem-estar dos animais do plantel através do uso de ferramentas de tecnologia da informação (TEKIN et. al, 2021). Numa produção convencional, decisões baseiam-se em avaliações, julgamentos e experiência de produtores, médicos veterinários e trabalhadores das granjas. A crescente demanda por produção e o elevado número de animais dos plantéis torna difícil esse tipo de acompanhamento sem o uso da tecnologia. Uma pessoa não é capaz de monitorar um animal 24h por dia. Fazer uso de ferramentas tecnológicas ajuda na coleta e análise de dados e torna a tomada de decisões mais assertivas.

## CONCLUSÃO

A produção de carne precisa combinar requisitos de bem-estar animal, ética, rastreabilidade e sustentabilidade para se tornar competitiva e eficiente, e isso se torna muito mais fácil e confiável quando dados reais são obtidos e analisados com o uso da tecnologia da informação. O monitoramento por meio do chip implantado e com dados coletados via sistema RFID permite que produtores tenham rápido acesso a indicadores indispensáveis ao gerenciamento e condução de seu negócio, além de atendimento às exigências dos órgãos regulamentadores e do mercado consumidor. Essa é a proposta de nossa aplicação, que ainda precisa de mais estudos principalmente na questão de análise de custos e viabilidade econômica, mas que serão as próximas etapas a serem exploradas.

## REFERÊNCIAS

ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2023**. Disponível em <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Anual-2023.pdf>. Acesso em 10 de julho de 2024.

ADAMS, F. **The genuine works of Hippocrates**. Baltimore: Williams&Wilkins, 1990.

ALHARBE, N., et al. **Application of ZigBee and RFID technologies in healthcare in conjunction with the Internet of Things**, 2013. DOI:10.1145/2536853.2536904. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/259811925\\_Application\\_of\\_ZigBee\\_and\\_RFID\\_Technologies\\_in\\_Healthcare\\_in\\_Conjunction\\_with\\_the\\_Internet\\_of\\_Things](https://www.researchgate.net/publication/259811925_Application_of_ZigBee_and_RFID_Technologies_in_Healthcare_in_Conjunction_with_the_Internet_of_Things). Acesso em: 21 de outubro de 2023.

BERTON, M. P. **Ambiente controlado e não controlado no desempenho, comportamento e características de carcaça de suínos**. 2013.

BRASIL, Decreto nº10468 de 18 de agosto de 2020, **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal**, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União, 20 de agosto 2020.

BRASIL, Instrução Normativa nº113, de 16 de dezembro de 2020, **Boas práticas de manejo e bem-estar animal em granjas de suínos de criação comercial**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União, 18 de dezembro de 2020.

BRASIL, Instrução Normativa nº 23, de 27 de agosto de 2015, **Instituição da Plataforma de Gestão Agropecuária – PGA**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União, 28 de agosto de 2015.

COELHO, B. J. et al. **Parylene C as a Multipurpose Material for Electronics and Microfluidics. Polymers (20734360)**, v. 15, n. 10, p. 2277, 2023. DOI 10.3390/polym15102277. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=8410a671-380c-3e7b-a817-757eb67f8cb5>. Acesso em: 23 de outubro de 2023.

DILL, Matheus Dhein e VIANA, João Garibaldi Almeida. **Desafios e oportunidades da identificação eletrônica em suínos**. PUBVET, Londrina, v. 6, n. 34, ed. 221, art. 1467, 2012.

DUROC, Y. **From Identification to Sensing: RFID Is One of the Key Technologies in the IoT Field**. Sensors (Basel, Switzerland), v. 22, n. 19, 2022. DOI 10.3390/s22197523. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=c76e7a53-8c60-3d70-b94c-be953d9bd651>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.

EMBRAPA, 2011. **Manual de Boas Práticas Agropecuárias na Produção de Suínos**. Associação Brasileira de Criadores de Suínos, MAPA, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011.

EXAME, Negócios. **Consumidor global quer saber origem da carne que consome**. 28/09/2017. Disponível em <https://exame.com/negocios/consumidor-global-quer-saber-origem-da-carne-que-come/>. Acesso em 15/07/2024.

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL. **Farm animal welfare in Great Britain: Past, present and future**. 2009. p.1-59. Disponível em: [www.fawc.org.uk](http://www.fawc.org.uk), Acesso em 15/07/2024.

HAO, Dake et al. **A bio-instructive parylene-based conformal coating suppresses thrombosis and intimal hyperplasia of implantable vascular devices**. Bioactive Materials, v. 28, p. 467-479, 2023.

KIDO, Hueliton Wilian. **Biocompatibilidade da Vitrocerâmica Bioativa (Biosilicato): Análises in vitro e in vivo**. 2011. 73 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo.

KIM, B. J.; KUO, J. T. W.; HARA, S. A.; LEE, C. D.; YU, L.; GUTIERREZ, C. A.; HOANG, T. Q.; PIKOV, V.; MENG, E. **3D Parylene sheath neural probe for chronic recordings**. Journal of Neural Engineering, v.10, p. 1-16, 2013.

LEAL, Diego, F.; GAMEIRO, Augusto H.; MURO, Bruno, B.D.; DUTRA, Maurício, C.; CARNEVALE, Rafaella F.; GARBOSSA, Cesar, A.P. **Diagnóstico Situacional dos atuais gargalos da suinocultura brasileira**. Capítulo VI, p. 109-122, Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal, 2018. FMVZ/USP – Pirassununga.

MURAMATSU, D.; KODAMA, M. **Signal transmission analysis in implantable human body communication for abdominal medical devices**. AIP Advances, v. 13, n. 8, p. 1–6, 2023.

NEUSTUPA, Z. et al. **Ensuring the security of warehouse using automatic identification by RFID**, 2015. DOI:10.1109/CarpathianCC.2015.7145100. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/308818637\\_Ensuring\\_the\\_security\\_of\\_warehouse\\_using\\_automatic\\_identification\\_by\\_RFID](https://www.researchgate.net/publication/308818637_Ensuring_the_security_of_warehouse_using_automatic_identification_by_RFID). Acesso em: 21 de outubro de 2023.

PEREIRA, F.A. **Potencial dos marcadores genéticos na suinocultura**. IN: Seminário Internacional de Suinocultura, n.5°.2000. Anais eletrônicos. São Paulo, 2000. 5p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/126575874-Potencial-dos-marcadores-geneticos-na-suinocultura.html>. Acesso em 15 out. 2023.

SCOLARI, S.C.; CLARK, S.G.; KNOX, R.V. **Vulvar skin temperature changes significantly during estrus in swine as determined by digital infrared thermography**. Journal Swine Health Production. 151–155. 2011.

SHAHZAD, F. **Modern and responsive mobile-enabled web applications**. Procedia Computer Science, vol. 110, pp. 410–415, 2017.

SUINOCULTURAINDUSTRIAL, **Sistemas de identificação**. Suinocultura industrial. 2022. Disponível em: <https://www.suinoculturaindustrial.com.br/imprensa/sistemas-de-identificacao/20221118-153802-0137>. Acesso em: 30 set. 2023.

OHYVER, M. et al. **The comparison firebase realtime database and MySQL database performance using Wilcoxon signed-rank test**. Procedia Computer Science, vol. 157, p. 396–405, 2019.

The PHP Group. **Documentação PHP, Extensões de Banco de Dados**. Disponível em: [https://www.php.net/manual/pt\\_BR/refs.database.php](https://www.php.net/manual/pt_BR/refs.database.php). Acesso em: 26 de outubro de 2023.

TEKIN, Koray; YURDAKÖK-DİKMEN, Begüm; KANCA, Halit; GUATTEO, Raphaël. **Precision livestock farming technologies: Novel direction of information flow**. Ankara University, Vet Fak Derg, v.68, p.193-212, 2021.

WEIS, Stephen A. **RFID (radio frequency identification): Principles and applications**. System, v.2, n.3, p. 1-23, 2007.

# OTIMIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES E UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS E RECURSOS EM CUBESATS

Data de submissão: 24/09/2024

Data de aceite: 01/10/2024

### **Fernanda Lyra Alves**

Instituto de Ciência e Tecnologia,  
UNIFESP, São José dos Campos, SP

### **Inácio Malmonge Martin**

Departamento de Física, Divisão de  
Ciências Fundamentais, ITA, São José  
dos Campos, SP

### **Mauro A. Alves**

Departamento de Física, Divisão de  
Ciências Fundamentais, ITA, São José  
dos Campos, SP

**RESUMO:** A crescente aplicação de satélites CubeSat nas ciências espaciais tornam desejável a busca por métodos eficientes de otimizar o sequenciamento de suas tarefas. Este trabalho avalia a viabilidade da aplicação de três meta-heurísticas de otimização combinatória ao cenário de agendamento de execução de tarefas em satélites CubeSat. As meta-heurísticas são aplicadas a um cenário representativo de um CubeSat 1U e obtém resultados favoráveis, destacando o BRKGA como uma meta-heurística de alta performance e realçando a Busca Tabu como potencial ferramenta de pré-otimização na busca de soluções

iniciais para alimentação de uma meta-heurística subsequente. O trabalho valida o uso dessas técnicas no contexto proposto, realçando a possibilidade de melhora de eficiência energética e produtividade desses equipamentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Otimização Combinatória. CubeSat. BRKGA. GRASP; Busca Tabu;

## 1 | INTRODUÇÃO

Desde sua introdução no início do século XXI, CubeSats tem se tornado cada vez mais relevantes no cenário da ciência espacial, em especial no contexto educacional. A relativa acessibilidade e baixo custo desses satélites os tornam uma opção atrativa para aproximar estudantes ao processo de construção e operação de satélites, bem como para a execução de missões com âmbito científico.

Entretanto, como todo aparato científico, estes ainda requerem bom planejamento sobre seu uso para seu maior proveito. A falta de qualidade no sequenciamento de tarefas executadas em órbita pode levar tanto a problemas

de menor escala como a subutilização dos instrumentos e perda de oportunidades de observação quanto a problemas mais severos como a exaustão da bateria e desligamento do satélite.

Dessa forma, a busca por qualidade do sequenciamento pode ser vista como uma etapa importante na pesquisa e desenvolvimento desses equipamentos. Essa busca pode ser realizada usando uma variedade de técnicas de otimização, que variam tanto na sua efetividade quanto na sua eficiência.

## 2 | OBJETIVOS

Este trabalho busca avaliar a viabilidade da otimização da agenda de execução de tarefas de um CubeSat através do uso de três diferentes meta- heurísticas de otimização combinatória.

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Dados e Contexto

Para investigação de um cenário próximo às necessidades de um CubeSat de pequeno porte, o cenário e modelo utilizados foram baseados no trabalho de Rigo et al. (2020), cuja instância de tarefas CubeSat 1U foi a base da instância usada neste trabalho.

### 3.2 Biased Random Key Genetic Algorithm

A meta-heurística BRKGA, introduzida por Gonçalves e Resende (2011), pesquisa por soluções através de um algoritmo genético que otimiza de maneira enviesada cromossomos de números reais no intervalo  $[0,1]$ . Estes são traduzidos para o espaço de soluções por um componente chamado decodificador, que também calcula o *fitness* de cada solução.

A implementação elaborada neste projeto usou uma população de 250 cromossomos por geração, a definição do grupo elite como os 25 melhores cromossomos, a adição de 75 indivíduos inteiramente aleatórios a cada nova geração e 60% de preferência à genes de elite no processo de cruzamento.

### 3.3 Greedy Randomized Algorithmic Search Procedure

O GRASP, introduzido por Feo e Resende (1989), consiste na combinação de um algoritmo guloso de construção de solução seguido de uma pesquisa local por melhores soluções.

A implementação de GRASP elaborada para este trabalho usou como critério de

restrição dos candidatos no processo guloso de construção os elementos do percentil 33 de melhor benefício local.

### 3.4 Busca Tabu

A busca tabu, introduzida por Glover (1989), aplica um processo extensivo de busca local que memoriza por curto prazo o caminho tomado para chegar à solução atual, temporariamente proibindo movimentos contrários ao mesmo. Isso evita retornos precipitados e permite a exploração de uma maior parcela do espaço de soluções com menor atração à mínimos locais.

## 4 | RESULTADOS

O código-fonte de condução dos experimentos foi escrito na linguagem de programação Python versão 3.12.0, usando as bibliotecas abertas NumPy e Matplotlib para auxílio aos cálculos e plotagem de gráficos respectivamente. Os testes foram executados em um computador com processador Intel Core i5- 8250U, 8GB de RAM e sistema operacional Windows 11 23H2.

Cada algoritmo foi executado por 5000 iterações. Para os algoritmos BRKGA e busca Tabu foi necessária a alimentação de soluções iniciais básicas manualmente construídas como ponto de partida (*warm starting*). O *fitness* de uma solução é definido como a somatória do tempo de execução de cada tarefa multiplicado por sua prioridade.

A Fig. 1 apresenta o gráfico de consumo energético da solução obtida pela meta-heurística BRKGA. Com *fitness* de 291, essa solução foi o melhor resultado obtido neste trabalho. A execução de todas as iterações do algoritmo levou 14 min 9 s (849 s).

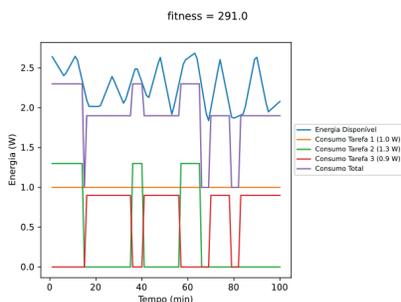


Figura 1 – Solução obtida pelo BRKGA.

A Fig. 2 apresenta o gráfico de consumo energético da solução obtida pela meta-heurística GRASP. A execução de todas as iterações desse algoritmo levou 1 h 20 min 40 s (4840 s).

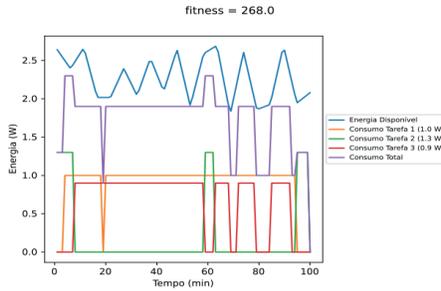


Figura 2 – Solução obtida pelo GRASP.

Finalmente, a Fig. 3 apresenta o gráfico de consumo energético da solução obtida pela busca Tabu. Essa solução apresenta subutilização energética e má sincronia entre as tarefas, entretanto a execução de todas as iterações da busca Tabu levou apenas 3 min 16 s (196 s). Devido a sua rápida execução, a busca Tabu poderia ser utilizada como mecanismo de construção de uma solução inicial básica a ser posteriormente refinada por outra meta-heurística.

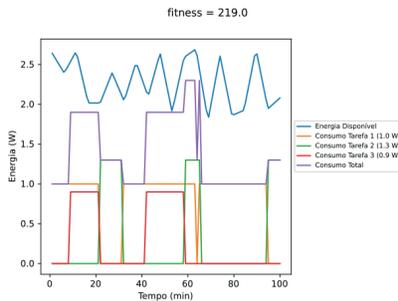


Figura 3 – Solução obtida pela busca Tabu.

## 5 | RESULTADOS

Neste trabalho validamos a possibilidade de uso de meta-heurísticas para otimização do sequenciamento de tarefas de satélites CubeSat. Entre os três algoritmos testados, a meta-heurística BRKGA teve a melhor performance, resultando em uma solução de boa qualidade com pouco tempo de execução. A busca Tabu, por executar em pouco tempo, apresenta potencial para uso como uma etapa de pré-otimização na busca de novas soluções iniciais a serem usadas na inicialização de uma meta-heurística principal.

## AGRADECIMENTOS

A bolsista agradece ao CNPq e ao programa PIBIC pelo suporte financeiro recebido. (Processo nº 156098/2023-7). A bolsista também agradece ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Divisão de Ciências Fundamentais pelo apoio para a execução deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

RIGO, Cezar Antônio et al. Task scheduling for optimal power management and quality-of-service assurance in CubeSats. *Acta Astronautica*, v. 179, p. 550-560, 2021.

GONÇALVES, José Fernando; RESENDE, Mauricio GC. Biased random-key genetic algorithms for combinatorial optimization. *Journal of Heuristics*, v. 17, n. 5, p. 487-525, 2011.

FEO, Thomas A.; RESENDE, Mauricio GC. A probabilistic heuristic for a computationally difficult set covering problem. *Operations research letters*, v. 8, n. 2, p. 67-71, 1989.

GLOVER, Fred. Tabu search—part I. *ORSA Journal on computing*, v. 1, n. 3, p. 190-206, 1989.

# BIOSSURFACTANTES: MOLÉCULAS VERSÁTEIS PARA FINS BIOTECNOLÓGICOS

*Data de submissão: 14/09/2024*

*Data de aceite: 01/10/2024*

### **Bianca Jesus Vicente**

Universidade Estadual de Londrina  
Londrina – Paraná  
<https://lattes.cnpq.br/1234745450753206>

### **Fabiana Guillen Moreira Gasparin**

Universidade Estadual de Londrina  
Departamento de Bioquímica e  
Biotecnologia  
Londrina – Paraná  
ORCID 0000-0001-5753-9531

**RESUMO:** Atualmente, a sociedade vem em busca de produtos mais saudáveis, naturais e que não causem danos ao meio ambiente. Nesse sentido, os biossurfactantes, moléculas produzidas por microrganismos, surgem como uma alternativa promissora para substituição dos surfactantes químicos. Esses compostos possuem baixa toxicidade e elevada biodegradabilidade, além de apresentarem estabilidade sob condições extremas de salinidade, pH e temperatura. A presente revisão, consiste num compilado bibliográfico que tem por fim descrever as propriedades, características estruturais, fontes microbianas, principais fatores que influenciam na produção e as áreas de uso dos biossurfactantes. A versatilidade

das moléculas pode ser atribuída a sua aplicação em diferentes setores, desde a área ambiental, através da biorremediação, até a área da saúde, por intermédio do setor farmacêutico e de cosméticos, passando pela área agrícola e de alimentos. Diante disso, são biomoléculas promissoras e que vem despertando interesse no mercado mundial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biotensoativos, surfactantes, biotecnologia, fermentação, microrganismos.

**ABSTRACT:** Currently, society is seeking healthier natural products that do not harm the environment. In this context, biosurfactants, molecules produced by microorganisms, have emerged as promising alternatives to chemical surfactants. These compounds have low toxicity and high biodegradability, and exhibit stability under extreme conditions of salinity, pH, and temperature. This review is a bibliographic compilation aimed at describing the properties, structural characteristics, microbial sources, main factors influencing production, and areas of biosurfactant use. The versatility of these molecules can be attributed to their application in various sectors, from environmental applications

such as bioremediation to health-related uses in the pharmaceutical and cosmetic industries, as well as in the agricultural and food sectors. Biosurfactants are promising biomolecules that are gaining interest in the global market.

**KEYWORDS:** Biosurfactants, surfactants, biotechnology, fermentation, microorganisms.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os surfactantes são compostos químicos caracterizados pela sua capacidade de diminuição da tensão superficial e pela sua atividade emulsificante. A maior parte dos surfactantes utilizados pelas indústrias tem a sua origem derivada do petróleo, sendo denominado de surfactante de origem química ou petroquímica (BJERK *et al.*, 2021; FELIPE; DIAS, 2017).

Apesar de serem muito explorados em diversos campos e terem uma ótima eficácia nos produtos utilizados, nos últimos anos vem se buscando uma nova alternativa para os surfactantes de origem química. A utilização de produtos derivados do petróleo tem a grande desvantagem de serem derivados de uma fonte não renovável e que também traz grandes prejuízos para o meio ambiente (BJERK *et al.*, 2021; NAUGHTON *et al.*, 2019).

A produção, utilização e o descarte de surfactante de origem química geram grandes danos ao ambiente, principalmente aos corpos hídricos, pois quando são descartados nessas águas, acabam reduzindo a tensão superficial e assim diminuindo a taxa de evaporação, além de aumentar a solubilidade de compostos orgânicos ali presentes. Além disso, a formação de espuma que os surfactantes provocam, dificulta a penetração dos raios solares, reduz a solubilidade do oxigênio e como consequência acaba provocando a morte dos seres que habitam aquele ecossistema (FELIPE; DIAS, 2017).

Em virtude dos problemas causados pelos surfactantes sintéticos, nos últimos anos vem se destacando os biosurfactantes, que são uma alternativa para os surfactantes derivados do petróleo. Os biosurfactantes possuem as mesmas características físico-químicas dos surfactantes convencionais, além de terem mais benefícios, como estabilidade de suas propriedades e biodegradabilidade (MARCELINO, 2017).

Biosurfactantes também chamados de biotensoativos, são surfactantes de origem microbiana, que podem ser produzidos através do metabolismo de bactérias, leveduras e fungos filamentosos, isolados dos mais diversos ambientes. São compostos que possuem características anfipáticas, isto é, possuem em sua estrutura grupos hidrofóbicos (apolares) e hidrofílicos (polares) (ALMEIDA *et al.*, 2020; ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013).

As suas propriedades tornam os biosurfactantes uma área promissora de pesquisa e aplicação, com potencial para contribuir significativamente em diversos campos, como a biorremediação, processamento de alimentos, sanitizantes, agricultura, cosméticos e produtos farmacêuticos (GUZMÁN; ORTEGA; RUBIO, 2024).

A finalidade deste capítulo é apresentar uma revisão bibliográfica abordando as

propriedades, classificação, produção microbiana, aplicação e perspectivas de mercado dos biossurfactantes. Espera-se com esse material contribuir para outros estudos e pesquisas com essa classe de biomoléculas de grande interesse biotecnológico.

## 2 | BIOSURFACTANTES

### 2.1 Propriedades

Os biossurfactantes são surfactantes de origem microbiana que podem ser produzidos durante o metabolismo de bactérias, leveduras e fungos filamentosos. São compostos com características anfipáticas, isto é, possuem em sua estrutura grupos hidrofóbicos (apolares) e hidrofílicos (polares) (ALMEIDA *et al.*, 2020; ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013; BJERK *et al.*, 2021).

A produção desse metabólito está relacionada à sobrevivência e à adaptação, pois através da sua produção, o microrganismo pode aumentar a solubilidade de compostos, e dessa forma, ter maior disponibilidade e competitividade por nutrientes, permitindo o seu crescimento e aumentando as chances de sobrevivência no ambiente (ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013; FELIPE; DIAS, 2017).

Como vantagens destes compostos tem-se a baixa toxicidade e a biodegradabilidade quando comparados aos surfactantes de origem química, além de poderem ser produzidos a partir de fontes renováveis e por diversos microrganismos. Também são estáveis quando expostos a condições extremas de pH e temperatura, o que é uma grande vantagem, pois os surfactantes de origem química podem se tornar inativos quando submetidos a variações extremas de temperatura, pH e salinidade (ALMEIDA *et al.*, 2020; BJERK *et al.*, 2021; NAGY, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Os surfactantes produzidos por microrganismos podem apresentar diferenças na estrutura, composição química e propriedades. E essas características físico-químicas podem ser influenciadas pelas condições do meio onde o microrganismo se desenvolve para sintetizar esse metabólito específico, como por exemplo, a natureza dos substratos, a concentração de íons, o meio de cultura e a condição utilizada durante o processo fermentativo (ALMEIDA *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Biossurfactantes possuem como principal propriedade a capacidade de diminuir a tensão superficial (ar-água) ou interfacial (óleo-água). A tensão superficial é um fenômeno físico que ocorre na superfície de um líquido, devido ao desequilíbrio entre as forças de atração entre as moléculas da superfície, resultando na formação de uma camada elástica nessa superfície. As moléculas internas e superficiais do meio líquido diferem entre si pelas forças as quais são submetidas. As moléculas do interior sofrem uma atração por todas as moléculas que estão ao seu entorno, essa interação faz com que se tenha uma força de coesão nula no interior do meio. Já na superfície, ocorre uma desigualdade na força de coesão, as moléculas na superfície sofrem uma atração para a lateral e para o interior do

meio, isso acaba gerando a tensão superficial (FIGURA 1A) (BATISTA, 2022; MARCELINO, 2017). A presença de porções hidrofílica e hidrofóbica na estrutura dos biossurfactantes permite que ele se distribua pela superfície do líquido ou nas interfaces de compostos insolúveis. Esta distribuição pela interface provoca redução da força de coesão entre as moléculas do líquido, o que faz com que diminua a tensão superficial e interfacial (FIGURA 1B). É considerado um biossurfactante eficiente, aquele que for capaz de diminuir a tensão superficial da água de 72 miliNewton por metro (mN/m) para o valor para 30 mN/m (BJERK et al., 2021; NAGY, 2018).

O biossurfactante é capaz de reduzir a tensão superficial até a um nível crítico, denominado Concentração Micelar Crítica (CMC), a qual é definida como a concentração de biossurfactante necessária para a redução máxima da tensão superficial, situação na qual o meio começa a saturar e ocorre a formação de micelas (DURVAL *et al.*, 2019; FELIPE; DIAS, 2017; NAGY, 2018; SANTOS; SILVA; COSTA, 2016).

A formação das micelas começa quando as moléculas de tensoativo se reúnem, formando uma estrutura que se adapta ao meio em que está presente. Em meio apolar, a parte hidrofóbica da molécula fica voltada para fora (Figura 2A). Já em meio polar, a parte hidrofílica fica voltada para fora da micela, como mostra a Figura 2B (DURVAL et al., 2019; NAGY, 2018; SANTOS; SILVA; COSTA, 2016).

Em comparação aos surfactantes químicos, os surfactantes de origem microbiana são mais eficientes porque diminuem ainda mais a tensão superficial, apresentando valores menores de CMC. Dado que, para uma diminuição máxima da tensão superficial, é necessária uma quantidade menor de biossurfactante (DRAKONTIS; AMIN, 2020).

A emulsão é um sistema polifásico, onde líquidos imiscíveis se encontram em uma fase fragmentada dispersa em uma fase contínua. Esse sistema possui uma estabilidade variável, e a partir de um dado tempo (minutos a alguns anos), as fases que o compõem se separam (FRANZOL; REZENDE, 2015; MARCELINO, 2017). Alguns biossurfactantes possuem a propriedade de estabilizar emulsões, fazendo com que eles retardem a separação entre as fases imiscíveis, tendo assim uma ação emulsionante. Um importante parâmetro para avaliar essa ação emulsificante é o Índice de Emulsificação (IE), sendo considerado um bom agente emulsificante o biossurfactante com capacidade de manter a estabilidade de substâncias com diferentes graus de polaridades com valores de IE acima de 50% após 24 horas (BARROS; QUADROS; PASTORE, 2008; MAIA, 2017; MARCELINO, 2017).

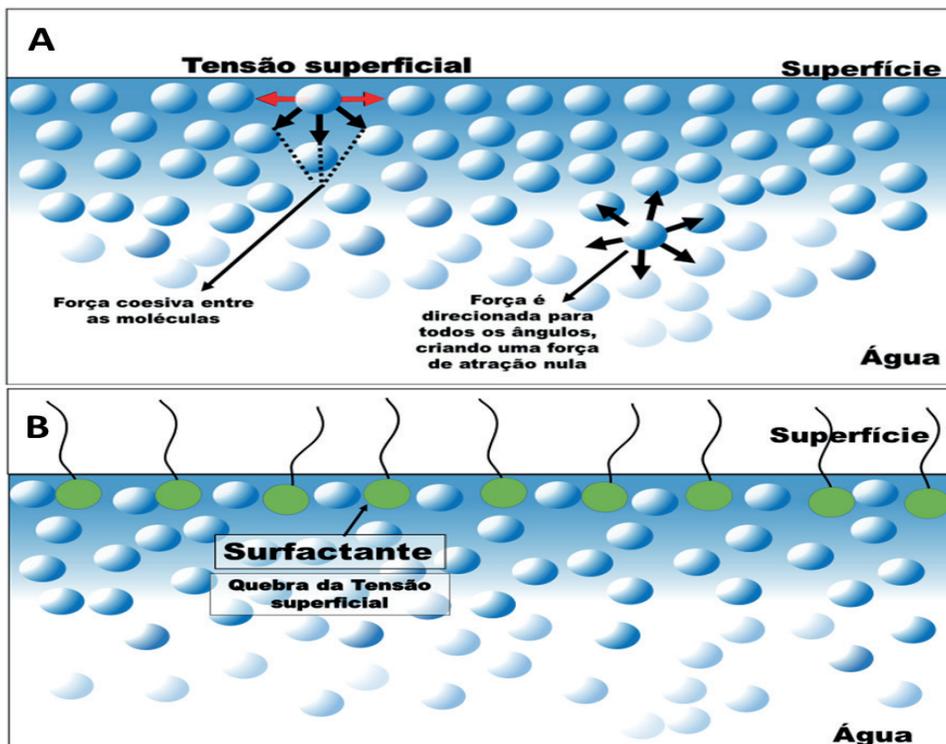


Figura 1 – Representação da força de atração entre as moléculas da superfície e moléculas internas em um meio fluido, sem biossurfactante (A) e após adição do biossurfactante (B)

Fonte: “Adaptado de” BATISTA (2024).

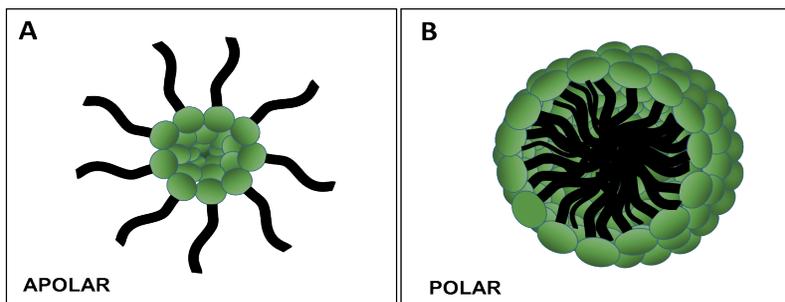


Figura 2 – Ilustração representativa da formação de micelas em meio apolar (A) e meio polar (B)

Fonte: Autoria própria.

## 2.2 Classificação

A porção polar dos biossurfactantes pode ser simples, sendo composta por um carboxilato ou um grupo hidroxil, ou também podendo ser composta por fosfato, carboidrato e aminoácidos. A porção apolar quase sempre é composta por cadeia hidrocarbônica de um ou mais ácidos graxos (saturados, insaturados, hidroxilados ou ramificados) (ARAUJO;

FREIRE; NITSCHKE, 2013; NAGY, 2018).

A classificação dos biossurfactantes ocorre de acordo com a sua estrutura e com o microrganismo produtor, assim são classificados em: glicolipídios, lipopeptídios, fosfolipídios, compostos poliméricos e lipídios neutros (ALMEIDA *et al.*, 2020; ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2022; WANG *et al.*, 2023).

### 2.2.1 Glicolipídios

Glicolipídios correspondem a um dos grupos mais amplos de biossurfactantes. São compostos por ácidos graxos e carboidratos, tendo como principais exemplos os ramnolipídios, sofrorolipídios, manosileritritol lipídio e trealolipídios. As bactérias do gênero *Pseudomonas* estão entre os microrganismos mais descritos na literatura como produtoras de biossurfactantes desta classe, sendo a *P. aeruginosa* a mais relatada como produtora de ramnolipídio (ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2022; RAHEEL *et al.*, 2022).

Os ramnolipídios apresentam subclasses dependendo do número de unidades de rarnose em sua estrutura: monoramnolipídios, quando contém uma unidade e diramnolipídios quando a estrutura tem 2 unidades na porção polar. A porção hidrofóbica é composta por uma ou mais cadeias de ácidos graxos ligados entre si, com um número variável de carbono em cada cadeia (Figura 3A) (GUZMÁN; ORTEGA; RUBIO, 2024).

Já os sofrorolipídios são produzidos por leveduras e apresentam em sua estrutura um dissacarídeo (sofrose) ligado a um ácido graxo contendo um grupo hidroxil (Figura 3B). A levedura *Starmerella bombicola* se destaca como principal produtora desse biossurfactante (BJERK *et al.*, 2021; TO *et al.*, 2023; VIEIRA *et al.*, 2021; WANG *et al.*, 2023).

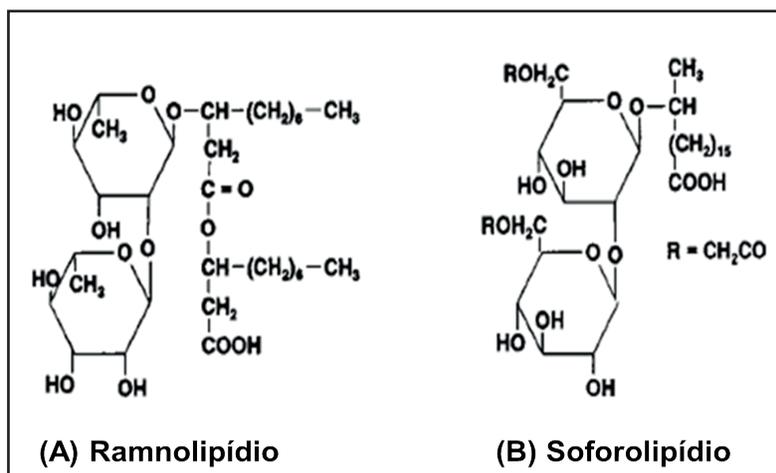


Figura 3 - Estrutura dos principais biossurfactantes da classe dos glicolipídios: (A) ramnolipídio e (B) sofrorolipídio

Fonte: Adaptado de DESAI; BANAT (1997).

## 2.2.2 Lipopeptídios

Os lipopeptídios são a classe de biossurfactantes mais estudada. São compostos por porções lipídicas ligadas a uma cadeia peptídica, com seus aminoácidos dispostos em forma cíclica (BJERK *et al.*, 2021; FELIPE; DIAS, 2017; VALDÉS-VELASCO *et al.*, 2022).

Existem pelo menos 263 compostos lipopeptídios que são reunidos em 31 famílias, sendo produzidos por 11 gêneros diferentes de bactérias e fungos. As bactérias do gênero *Bacillus* são as mais estudadas e relatadas como produtoras dessa classe. É possível que diferentes linhagens de bactérias possam produzir moléculas de biossurfactante com estruturas semelhantes, e uma mesma linhagem pode ser capaz de sintetizar simultaneamente lipopeptídios pertencendo a diferentes famílias (COUTTE *et al.*, 2017; SANTIAGO, 2019; ZHOU *et al.*, 2020).

Essa classe de biossurfactante apresenta uma ótima capacidade para emulsificar, atuando na formação e estabilização de emulsões, tendo até uma maior atividade emulsificante que alguns surfactantes comerciais, como o dodecil sulfato de sódio (SDS) e Triton X (DE FARIA *et al.*, 2011; RICARDO *et al.*, 2021).

Outro aspecto que a maioria dos lipopeptídios demonstra é a ação antimicrobiana. Estudos demonstram que, quando interagem com a bicamada lipídica das membranas biológicas dos microrganismos, eles a desestabilizam através da sua ação como detergente ou da formação de poros (GUTIÉRREZ-CHÁVEZ; BENAUD; FERRARI, 2021).

Os principais representantes dessa classe são a surfactina e iturina, que se distinguem entre si pelo comprimento da cadeia carbônica e a sequência de aminoácidos (SANTIAGO, 2019).

### 2.2.2.1 Iturina

Iturina é uma família de lipopeptídios cíclicos, que apresenta diferenças estruturais dentro dos seus membros da família, tendo uma estrutura peptídica cíclica composta por sete  $\alpha$ -aminoácidos, um  $\beta$ -aminoácido e um ácido graxo com comprimento que varia de C14 a C17 (CAROLIN C; KUMAR; NGUEAGNI, 2021; MNIF; GHRIBI, 2015).

A família Iturina é composta pela Iturina A, D e E, e as variantes micosubtilina e bacilomicina (D, F, L). Essas moléculas se diferenciam pela posição e composição dos aminoácidos e no comprimento dos ácidos graxos (WAN *et al.*, 2022).

A Iturina A é a variante mais estudada dentro dessa classe, pois apresenta excelente atividade antifúngica. A iturina A apresenta uma sequência de aminoácidos em seu heptapeptídeo composta por L-Asparagina, D-Tirosina, D-Asparagina, L-Glutamina, L-Prolina, D-Asparagina e L-Serina. Seu ácido graxo está ligado ao primeiro aminoácido e o anel peptídico ocorre pela união entre o primeiro e o último aminoácido por uma ligação amida (Figura 4) (GEISSLER *et al.*, 2019; WAN *et al.*, 2022; ZHOU *et al.*, 2020).

As iturinas D e E, diferem da iturina A, pela presença de um grupo carboxila livre

na iturina D e um grupo carboximetil na iturina E. Já as variantes bacilomicina D, F, L e micosubtilina apresentam diferenças nas sequências de aminoácidos dos heptapeptídios (WAN *et al.*, 2022; ZHOU *et al.*, 2020).

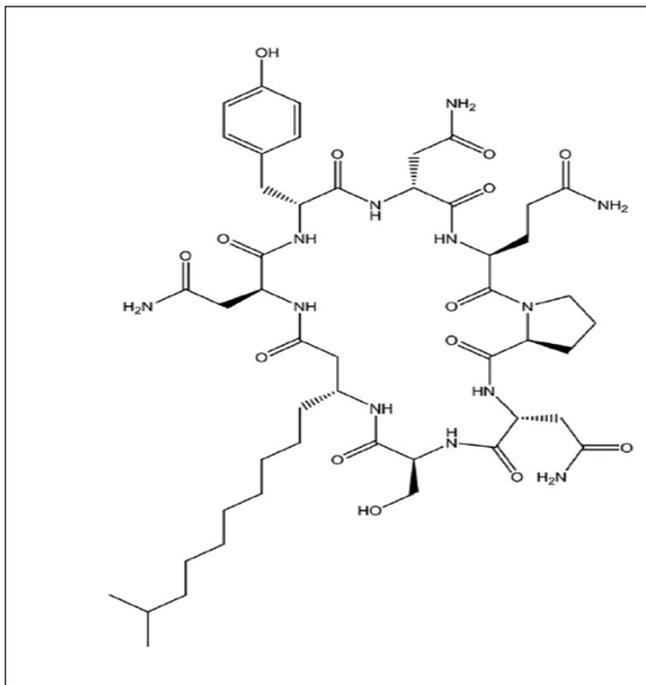


Figura 4 - Estrutura química de congêneres representativos de iturina

Fonte: GEISSLER *et al.* (2019).

#### 2.2.2.2 Surfactina

A surfactina é um biossurfactante aniônico que pertence a classe dos lipopeptídios cíclicos, sendo o biossurfactante mais estudado. A porção hidrofílica é composta por sete aminoácidos (L-glutâmico, L-leucina, D-leucina, L-valina, L-aspartato, D-leucina e L-leucina) que formam um anel peptídico. O peptídeo cíclico está ligado a um ácido graxo de 13 a 15C. A presença dos aminoácidos L-glutâmico e L-aspartato, confere a surfactina duas cargas negativas em pH fisiológico, possuindo um pK entre 5,5 e 6,0, estando em pH 5,5 completamente protonada. A porção lipídica é composta por um ácido graxo  $\beta$ -hidroxilado contendo de 13 a 16 carbonos ligado ao primeiro aminoácido (Figura 5) (ALBORNOZ; OYARZÚN; BURGESS, 2024; ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013; BJERK *et al.*, 2021; GEISSLER *et al.*, 2019; NAGY, 2018).

A surfactina apresenta isoformas distintas em sua composição de aminoácidos, e cada isoforma pode apresentar diferentes homólogos que se diferenciam entre si pelo número de carbono da cadeia lipídica (Figura 6). Considerando essa variabilidade, há mais de 30 congêneres diferentes conhecidos e, embora as sequências de aminoácidos dos

homólogos da surfactina sejam idênticas, suas atividades biológicas são distintas devido às diferentes cadeias alquílicas (GEISSLER *et al.*, 2019; SANTIAGO, 2019).

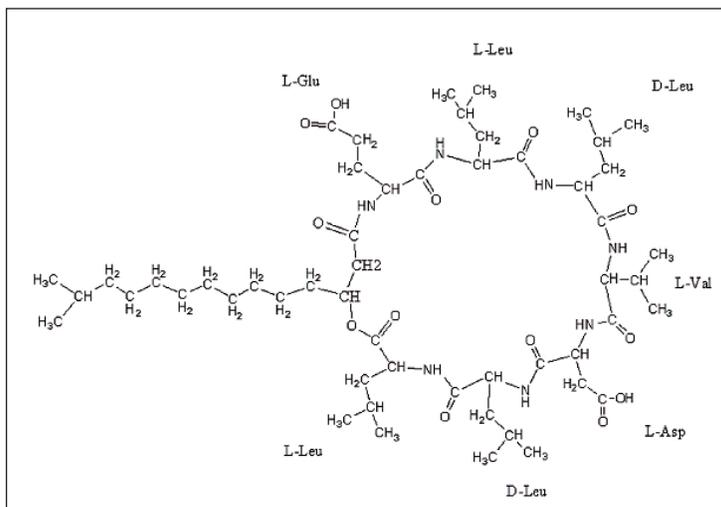


Figura 5 - Estrutura química da isoforma da surfactina

Fonte: BARROS *et al.* (2007).

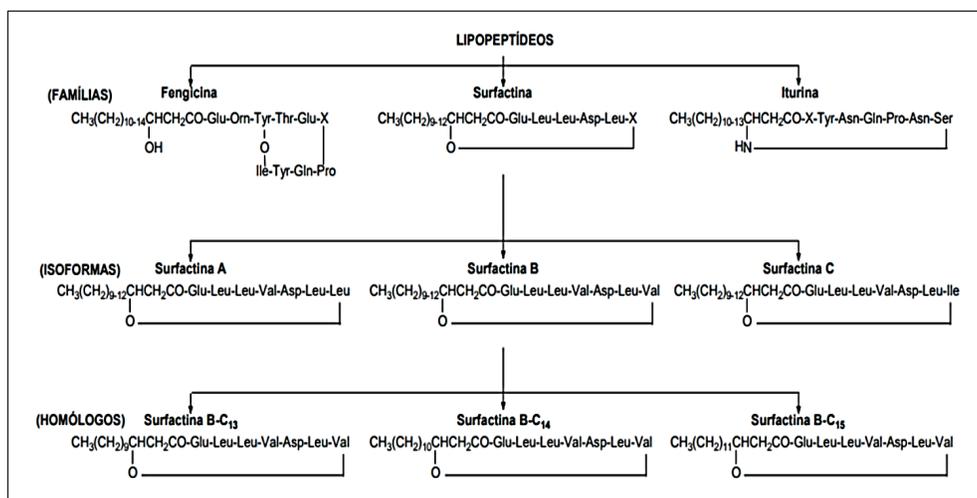


Figura 6 – Representação da classificação dos congêneres de surfactina

Fonte: GEISSLER *et al.* (2019).

### 2.2.3 Fosfolípidios

Os fosfolípidios são constituídos por ácidos graxos ou lipídios neutros e grupos fosfato (Figura 8). Esta classe de biosurfactante é produzida por leveduras e bactérias que utilizam alcanos como fonte de carbono e energia para o crescimento (FELIPE; DIAS, 2017; FELIX, 2012).

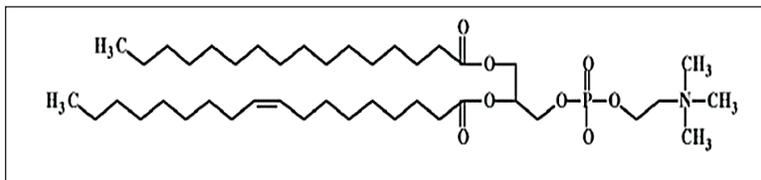


Figura 8 - Estrutura química da molécula de fosfolipídios

Fonte: PILLING *et al.* (2015).

### 2.2.4 Poliméricos

Os biossurfactantes poliméricos ou lipopolissacarídios são caracterizados por ácidos graxos e polissacarídios ligados covalentemente. Os lipopolissacarídios mais conhecidos são o liposan e o emulsan (FELIPE; DIAS, 2017; FELIX, 2012; NITSCHKE; PASTORE, 2002).

O liposan é produzido pela *Candida lipolytica*, sendo composto por 83% de carboidratos e 17% de proteínas. Suas porções proteicas conferem-lhe propriedades emulsificantes. Já o emulsan é produzido pela bactéria *Acinetobacter calcoaceticus*, sendo um polímero lipo-heteropolissacarídeo (ALIZADEH-SANI *et al.*, 2018).

### 2.2.5 Biossurfactantes Particulados

Os biossurfactantes particulados são vesículas extracelulares produzidas por algumas bactérias, essas vesículas apresentam elevada atividade tensoativa e hidrofobicidade superficial. Além disso, são capazes de transportar alcanos para o interior das células. As cianobactérias são um exemplo de microrganismos que apresentam essa alta hidrofobicidade superficial (FELIPE; DIAS, 2017; FELIX, 2012; ISLAS; MORENO; RODRÍGUEZ, 2010).

## 2.3 Produção

### 2.3.1 Microrganismos Produtores De Biossurfactantes

Os microrganismos que são capazes de produzir biossurfactantes podem habitar tanto a água (água doce, subterrânea e marinha) quanto a terra (solo, sedimentos e lama). Os biossurfactantes podem ser encontrados até mesmo em ambientes extremos, com amplas faixas de temperatura, pH e salinidade (AKINTOKUN; ADEBAJO; AKINREMI, 2017).

As bactérias do gênero *Pseudomonas* estão entre os microrganismos mais descritos na literatura como produtores de glicolipídios, com destaque para *P. aeruginosa* como produtora da subclasse ramnolipídio, como já mencionado anteriormente. Outras espécies de *Pseudomonas* também são relatadas como produtoras de ramnolipídios, como *P.*

*chlororaphis*, *P. plantarii*, *P. putida* e *P. fluorescens* (ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Bactérias do gênero *Bacillus* têm sido muito estudadas e citadas devido sua capacidade de produção de vários tipos de biossurfactantes. As espécies descritas como produtoras são *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus cereus*, *Bacillus salmalaya*, *Bacillus atrophaeus*, *Bacillus brevis* e *Bacillus mojavenensis* (BASIT *et al.*, 2018; DURVAL *et al.*, 2019).

Devido a sua versatilidade metabólica, as bactérias do gênero *Acinetobacter* foram isoladas de diferentes ambientes como, amostras clínicas (humanas e animais), lodo e água do mar. Bactérias do gênero *Acinetobacter* são conhecidas por terem a capacidade de sintetizar biossurfactantes poliméricos (MUJUMDAR; JOSHI; KARVE, 2019; VAZ-MOREIRA *et al.*, 2011).

Outros microrganismos, além das bactérias citadas anteriormente, já foram identificados como produtores de biossurfactantes (Quadro 1).

Classe de Biossurfactante	Tipos	Microorganismos Produtores	Referências
Glicolipídios	Ramnolipídios	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Pseudomonas putida</i> <i>Serratia rubidea</i>	ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE (2013); NAGY (2018); NITSCHKE; PASTORE (2002); RAZA; KHAN; KHALID (2007)
	Soforolipídios	<i>Candida bombicola</i>	SAJNA <i>et al.</i> (2015); SANTOS (2019b)
	Manosileritritol Lipídio	<i>Pseudozyma sp.</i>	BANAT <i>et al.</i> (2010); SAJNA <i>et al.</i> (2015)
Lipopeptídios	Polimixinas	<i>Paenibacillus sp.</i> <i>Bacillus polymyxa</i>	NAGY (2018); NITSCHKE; PASTORE (2002); SAJNA <i>et al.</i> (2015)
	Surfactinas	<i>Bacillus subtilis</i>	ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE (2013); NAGY (2018); NITSCHKE; PASTORE (2002); SAJNA <i>et al.</i> (2015)
	Liquenisinas	<i>Bacillus licheniformis</i>	BANAT <i>et al.</i> (2010); SAJNA <i>et al.</i> (2015)
	Viscosina	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	NAGY (2018); NITSCHKE; PASTORE (2002)
Fosfolipídios Ácidos graxos Lipídios neutros	Ácido graxo	<i>Corynebacterium lepus</i>	NAGY (2018); NITSCHKE; PASTORE (2002)
	Fosfolipídios	<i>Nocardia erythropolis</i>	MARÇAL NAGY (2018); NITSCHKE; PASTORE (2002)
	Lipídios neutros	<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	MARÇAL NAGY (2018); NITSCHKE; PASTORE (2002)

Poliméricos	Emulsan	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	NAGY (2018); NITSCHKE; PASTORE (2002); SAJNA <i>et al.</i> (2015)
	Liposan	<i>Candida lipolytica</i>	NAGY (2018); SAJNA <i>et al.</i> (2015)
	Biodispersan	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	NAGY (2018); NITSCHKE; PASTORE (2002)
Particulados	Células	<i>Cianobacteria</i>	FELIPE; DIAS (2017); ISLAS; MORENO; RODRÍGUEZ (2010)
	vesículas	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	FELIPE; DIAS (2017); NITSCHKE; PASTORE (2002)

Quadro 1 - Microorganismos produtores de biossurfactantes

Fonte: Autoria própria.

### 2.3.2 Condições Do Processo Fermentativo Para Produção De Biossurfactante

As características químicas e estruturais do biossurfactante são resultantes das condições de cultivo do microrganismo. Sua produção é influenciada por fatores como: a natureza dos substratos utilizados, concentrações de íons, meio de cultura e condição de fermentação aplicadas (ALMEIDA *et al.*, 2020; EHRHARDT, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Assim, conhecer as fontes de carbono e nitrogênio, bem como as condições de fermentação como temperatura, pH, agitação, oxigenação e concentração de nutrientes como fósforo, ferro e magnésio são de fundamental importância para se obter um bom desenvolvimento do microrganismo e conseqüentemente uma produção máxima do composto desejado (EHRHARDT, 2019; NAGY, 2018; SANTOS *et al.*, 2018).

A maioria dos microrganismos que são capazes de produzir biossurfactantes, é aeróbica e utilizam como fonte de carbono matéria-prima que contém carboidratos, hidrocarbonetos, óleos e gorduras ou até mesmo misturas desses compostos. E dependendo da fonte de carbono utilizada como nutriente, a síntese de biossurfactantes pode ser direcionada para uma das várias vias metabólicas envolvidas neste processo (BJERK *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2018).

O nitrogênio é um nutriente essencial para o crescimento celular, pois é extremamente importante na síntese de proteínas e enzimas. Várias fontes de nitrogênio podem ser utilizadas como substrato para a produção de biossurfactantes, alguns exemplos seriam a milhocina, peptona e extrato de levedura. A concentração ideal, varia conforme o meio de produção e o microrganismo que será utilizado. Além disso, diferentes cepas de um microrganismo podem apresentar preferência por diferentes fontes de nitrogênio (DAS; MUKHERJEE, 2007; NAGY, 2018).

Micronutrientes como cobre e zinco, possuem grande importância pois são nutrientes utilizados nos processos fisiológicos das células, sendo considerados metais

essenciais. Mas, quando esses micronutrientes estão presentes em altas concentrações, podem formar complexos inespecíficos que são potencialmente tóxicos aos organismos (CASTRO *et al.*, 2020).

Íons metálicos como chumbo, cádmio, mercúrio e níquel são elementos que possuem a capacidade de interferir nas vias metabólicas dos microrganismos. Esses elementos competem com os metais essenciais pelos sítios de ligação, e assim acabam afetando a fosforilação oxidativa e bloqueando enzimas no sistema de transporte de nutrientes, podendo, dessa forma, inviabilizar a atividade metabólica e levar a morte das células bacterianas. Assim, é importante ter controle e conhecimento dos componentes do meio de cultivo, utilizados nos processos fermentativos, para evitar possíveis contaminações com esses elementos e assim não prejudicar toda a produção (CASTRO *et al.*, 2020).

A produção de biossurfactante pode ocorrer pelo cultivo do microrganismo em fermentação em estado sólido (FES) ou por fermentação submersa (FSm). Na FES o cultivo ocorre em um substrato sólido e com umidade suficiente apenas para manter o crescimento e o metabolismo do microrganismo, tendo então a ausência de água livre. A FSm é constituída basicamente por água e os nutrientes dissolvidos no meio (FARINAS *et al.*, 2014).

A FSm é o processo mais utilizado para a produção de biossurfactante, pois apresenta como vantagem um melhor controle dos parâmetros de cultivo. Entretanto, tem como desvantagens a formação de espuma e o aumento da viscosidade, o que causam uma diminuição na transferência de oxigênio, prejudicando a produtividade do processo, além de dificultar a separação e purificação do metabólito. Agentes antiespumantes têm sido usados para resolver essas questões, porém, geram um aumento nos custos de produção (PINTO, 2008; VALDÉS-VELASCO *et al.*, 2022).

A FES apresenta como vantagem em relação ao método submerso uma maior transferência de oxigênio, não resultando em espuma, além de ter um custo operacional e energético reduzido. Contudo, apresenta como principais desvantagens a dificuldade de controle dos níveis de umidade, pH, oxigênio, além de que nem todo microrganismo consegue crescer em meio com baixa umidade (PINTO, 2008; VALDÉS-VELASCO *et al.*, 2022).

### *2.3.3 Aproveitamento De Resíduos Como Substratos Para Produção De Biossurfactantes*

Um fator significativo que destaca os biossurfactantes, é o alto custo da sua produção em grande escala. Isso se deve aos baixos rendimentos pelos substratos utilizados, dependência de processos estéreis, insumos de alto custo, dificuldade no processo de recuperação e purificação dos biossurfactantes. Sendo assim, a sua produção acaba não conseguindo competir comercialmente com os surfactantes de origem química, pois o seu valor final acaba sendo mais caro (BANAT *et al.*, 2014).

Reduzir o alto custo de produção utilizando matérias-primas mais baratas, é algo que vem sendo bem debatido e mostra que é um caminho promissor para o desenvolvimento de qualquer processo biotecnológico e o caminho para sucesso na produção industrial de biossurfactantes (EHRHARDT, 2019).

A grande quantidade de resíduos que são gerados, tanto doméstico quanto industrial, é uma questão preocupante na sociedade atual. Milhares de toneladas de resíduos são gerados a cada ano no mundo todo. No Brasil o setor agrícola e industrial são responsáveis por uma imensa quantidade e variedade de resíduos (EHRHARDT, 2019; MARCELINO, 2017).

Assim, nos últimos anos vem-se aumentando o interesse por destinos mais sustentáveis para esses resíduos, por exemplo, a sua utilização como recurso energético para os microrganismos durante o processo fermentativo para a produção de biossurfactante (EHRHARDT, 2019; NAGY, 2018).

A utilização de matérias-primas de baixo custo para a produção de biossurfactantes, traz o benefício da redução do custo produtivo, obtendo assim mais lucro e também a diminuição dos impactos ao meio ambiente graças ao aproveitamento desses resíduos. Dessa forma, o reuso de resíduos se torna uma solução bem interessante para a produção de biossurfactantes em escala industrial (MARCELINO, 2017; NAGY, 2018; SANTOS *et al.*, 2018).

Muitos resíduos contêm em sua composição uma rica quantidade de carboidratos, proteínas e lipídios que podem ser utilizados como fonte energética para o crescimento microbiano e formação dos biossurfactantes. O ideal seria encontrar um substrato renovável, rico em nutrientes necessários para o desenvolvimento do microrganismo, resultando assim em um melhor rendimento de biossurfactante, sem a necessidade de adicionar diferentes compostos e em altas quantidades (BJERK *et al.*, 2021; DURVAL *et al.*, 2021; EHRHARDT, 2019).

Questões como impurezas, pré-tratamento, custos de transporte e acessibilidade às matérias-primas são problemas que envolvem a utilização de resíduos. Além disso, condições climáticas, fertilizantes, o tipo de colheita e as técnicas de processamento utilizadas, podem gerar variações na sua composição nutricional e influenciar na produção do biossurfactante (RODRÍGUEZ, 2017; SUNDARAM *et al.*, 2024).

O quadro 2 apresenta diferentes substratos que foram empregados para produção de biossurfactantes, sendo alguns deles resíduos como o óleo de soja residual de fritura, óleos automotivos usados e casca de abacaxi.

<b>Microrganismos</b>	<b>Substratos</b>	<b>Condição</b>	<b>Referências</b>
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	Óleo de girassol	37°C / 120 rpm / 4 dias	AMANI; KARIMINEZHAD (2016)
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> RAG-1	Suco de caju	30°C/ 150 rpm / 5 dias	ROCHA <i>et al.</i> (2006)
<i>Bacillus cereus</i>	Óleo de soja residual de fritura	28°C / 250 rpm / 2 dias	DURVAL <i>et al.</i> (2021)
<i>Bacillus cereus</i>	Licor de maceração de milho	37°C / 150 rpm / 7 dias	BASIT <i>et al.</i> (2018)
<i>Bacillus licheniformis</i> AL 1.1	Melaço e fécula de mandioca	30°C/ 120 rpm / 3 dias	CORONEL-LEÓN <i>et al.</i> (2016)
<i>Bacillus subtilis</i>	Casca de abacaxi	37°C / 150 rpm / 24 horas	EHRHARDT (2019)
<i>Bacillus subtilis</i> UCP 0146	Manipueira	30°C / 150 rpm / 4 dias	MAIA (2017)
<i>Bacillus sp.</i>	Óleo (soja, fritura, diesel, lubrificante de motor novo e usado)	30°C / 200 rpm/ 7 dias	ALMEIDA <i>et al.</i> (2020)
<i>Candida guilliermondii</i>	Suco de caju Suco de abacaxi	30°C / 200 rpm / 4 dias	SANTOS <i>et al.</i> (2018)
<i>Cryptococcus victoriae</i>	Extrato de caju	Temperatura ambiente/ 100 rpm / 24 horas	NAGY (2018)
<i>Pseudomonas putida</i>	Hidrocarbonetos, óleos residuais de fritura, resíduo de óleo vegetal de refinaria e melaço	37°C / 100 rpm / 7 dias	RAZA; KHAN; KHALID (2007)
<i>Pseudomonas azotoformans</i> AJ15	Cascas de batata e bagaço de cana	35°C / 180 rpm / 3 dias	DAS; KUMAR (2018)
<i>Starmarella bombicola</i> ATCC 22214	Resíduos têxteis, resíduos de panificação e de alimentos mistos, óleo de milho usado, lipídios derivados de resíduos de alimentos hidrolisados e gordura	30°C / 200 rpm / 5 dias	KAUR <i>et al.</i> (2019)

Quadro 2 - Microrganismos, substratos utilizados como fonte de nutrientes e condições de cultivo empregadas na produção de biossurfactantes

Fonte: Autoria própria.

A seleção de um resíduo requer alguns cuidados para não elevar o custo da produção microbiana quando associado ao pré-tratamento. É desejável que não necessite de uma grande quantidade de água para sua solubilização e que seja de fácil disponibilidade e logística. Dessa forma, é possível contribuir significativamente para a redução do custo e a viabilidade da produção dos biossurfactantes.

### 2.3.4 Identificação Da Produção

Na literatura são relatados diversos métodos para identificar a produção do biossurfactante. Na maioria das vezes, os testes são realizados com o extrato bruto livre de células, obtido antes da extração do biossurfactante, como uma forma de confirmar a produção. Métodos esses, que na maioria das vezes são baseados nas propriedades físico-químicas dos biossurfactantes (AKINTOKUN; ADEBAJO; AKINREMI, 2017; EHRHARDT, 2019).

As propriedades analisadas são o potencial em reduzir a tensão superficial, ensaio do colapso de gota, dispersão de óleo, atividade hemolítica, bem como sua capacidade em formar emulsões. Tais propriedades são fatores significativos para a escolha do microrganismo a ser utilizado e as suas futuras aplicações (AKINTOKUN; ADEBAJO; AKINREMI, 2017; EHRHARDT, 2019).

### 2.3.5 Extração Do Biossurfactante

Ao final do processo fermentativo (etapa *Downstream*) (figura 9), é possível realizar a extração e purificação do biossurfactante produzido. De acordo com o composto produzido é necessário utilizar diferentes técnicas de purificação (EHRHARDT, 2019).

A extração com solventes, como clorofórmio-metanol, butanol, acetato de etila, hexano, ácido acético e éter, é o método mais comumente utilizado. Outras técnicas empregadas são precipitação com sulfato de amônio, fracionamento por espuma e adsorção conforme demonstrado no quadro 3 (SANTOS et al., 2016).

A extração e purificação do biossurfactante ainda é uma questão difícil de se realizar, pois para a sua extração é necessário realizar várias etapas, o que diminui a recuperação e torna os custos de produção altos, inviabilizando economicamente a purificação do biossurfactante (FELIPE; DIAS, 2017).

<b>Processo</b>	<b>Tipo de biossurfactante</b>	<b>Propriedade do biossurfactante responsável por separação</b>	<b>Vantagens</b>
Precipitação ácida	Surfactina; Rhamnolipídios	Biossurfactantes tornam-se insolúveis em baixos valores de pH	Baixo custo, eficiente na recuperação de biossurfactantes brutos
Extração com solventes orgânicos	Soforolipídios; Liposan; Rhamnolipídios	Os biossurfactantes são solúveis em solventes orgânicos devido à extremidade hidrofóbica	Eficiente na recuperação de biossurfactante bruto e purificação parcial, natureza reutilizável
Precipitação com sulfato de amônio	Emulsan; Biodispersan; Lipopeptídios	Salting-out de biossurfactantes poliméricos ou ricos em proteínas	Eficaz no isolamento de certos tipos de biossurfactantes poliméricos
Adsorção ao carvão ativado pela madeira	Glicolipídios; Lipopeptídios	Os biossurfactantes são adsorvidos ao carvão ativado e podem ser desorvidos usando solventes orgânicos	Biossurfactantes altamente puros, mais baratos, reutilização, recuperação de cultura contínua
Adsorção a resinas de poliestileno	Glicolipídios Lipopeptídios	Os biossurfactantes são adsorvidos a resinas de poliestileno e posteriormente desorvidos usando solventes orgânicos	Biossurfactantes altamente puros, mais baratos, reutilização, recuperação de cultura contínua
Centrifugação	Glicolipídios	Biossurfactantes insolúveis são precipitados devido à força centrífuga	Reutilizável, eficaz na recuperação de biossurfactantes brutos
Cromatografia de troca iônica	Glicolipídios	Biossurfactantes carregados são ligados a resinas de troca e podem ser eluídos com tampão	Alta pureza, reutilização, recuperação rápida
Fracionamento de espuma	Lipopeptídios	Forma do biossurfactante e partição em espuma	Útil em processos de recuperação contínua, alta pureza do produto
Ultrafiltração	Glicolipídios	Os biossurfactantes formam micelas acima de sua concentração micelar crítica, que são aprisionadas por membranas poliméricas	Recuperação rápida em uma etapa, alto nível de pureza, reutilização

Quadro 3 – Processos empregados na recuperação de biossurfactante e suas vantagens

Fonte: SANTOS *et al.* (2016).

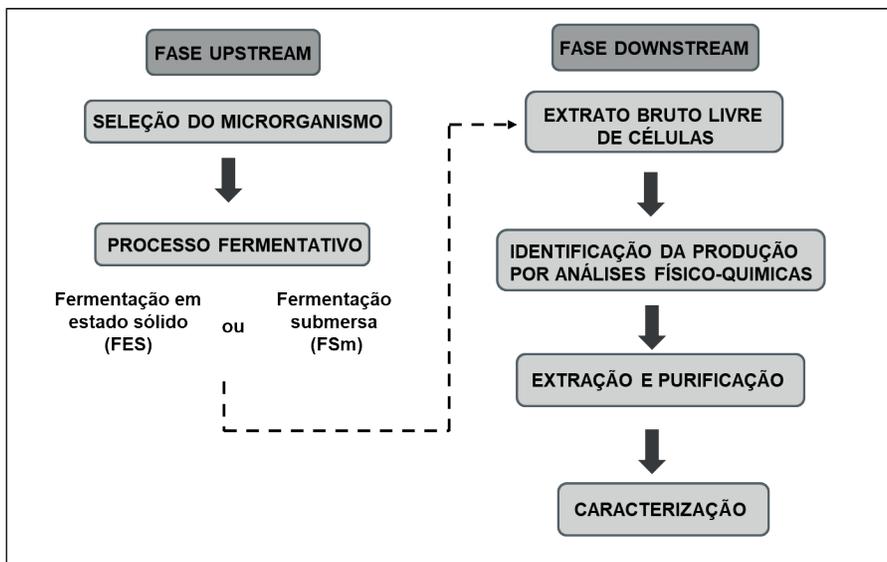


Figura 9 – Processo *Upstream* e *Downstream* de produção de biossurfactante

Fonte: Autoria própria.

## 2.4 Aplicações de biossurfactantes

Existem muitas áreas em que é possível explorar os biossurfactantes, como na agricultura, indústrias de bebidas e alimentos, de limpeza, indústria farmacêutica, de cosméticos, meio ambiente e biorremediação (ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013).

### 2.4.1 Biorremediação

A biorremediação é uma técnica que utiliza microrganismos, plantas ou seus produtos, com a finalidade de reduzir ou eliminar contaminantes presentes no ambiente (solo, sedimento ou água). O processo ocorre por biodegradação desses compostos, a partir da utilização desses poluentes como fontes de carbono e energia, gerando  $\text{CO}_2$ , água e minerais (BJERK *et al.*, 2021; NAGY, 2018; SANTOS, 2019a).

Os biossurfactantes possuem propriedades que permitem sua aplicação em ambientes com derramamentos de petróleo (em solo e areia) pois aceleram o processo de biorremediação, atuando no aumento da solubilidade e biodisponibilidade destes compostos contaminantes. A sua atuação na superfície celular favorece a interação entre os agentes poluentes e as células dos microrganismos, facilitando a degradação dos contaminantes ambientais (BJERK *et al.*, 2021; DURVAL *et al.*, 2020; SANTOS, 2019).

Outro fator importante na utilização desses metabólitos é que os biossurfactantes apresentam baixa toxicidade e são biodegradáveis, diferindo dos surfactantes de origem química, sendo assim, são mais benéficos (SANTOS, 2019).

Santos (2019a), relata que a maioria das patentes de biossurfactantes destinados a biorremediação está relacionada com o processo de biodegradação de pesticidas e compostos orgânicos, como petróleo e seus derivados, e com a recuperação avançada de petróleo.

Biossurfactante produzido por *Bacillus subtilis*, utilizando manipueira (líquido extraído das raízes da mandioca quando ela é prensada no processo de fabricação da farinha), foi usado na forma insolúvel (precipitado com metanol) para fazer a remoção do corante catiônico azul de metileno por biossorção, removendo 62,2% do corante solubilizado em água após 12h de tratamento. Esse biossurfactante também removeu 94,4% do óleo queimado de motor impregnado em solo arenoso (MAIA, 2017).

Das *et al.* (2018) relatam que o biossurfactante produzido por *Pseudomonas azotoformans* AJ15 é estável quando exposto em até 5% de NaCl, sugerindo que pode suportar alta salinidade, podendo ser usado para a remediação de solo contaminado com petróleo e alta concentração de sal.

#### 2.4.2 Limpeza de Reservatórios de Óleo

O petróleo bruto contém compostos que durante a sua passagem por tubulações, podem precipitar e aderir às paredes de tubulações e tanques de reservatórios, formando assim as incrustações. Esse fenômeno químico gera grandes prejuízos para as indústrias petrolíferas, podendo causar problemas como a perda de eficiência, bloqueios e corrosão das tubulações. Sendo assim, é de extrema importância realizar a limpeza e manutenção das tubulações regularmente para evitar a formação dessas incrustações (AMANI; KARIMINEZHAD, 2016; SANTOS, 2019a).

Para a limpeza desses locais são utilizados agentes químicos, como os surfactantes que pela ação detergente e umectante são capazes de fazer a limpeza dessas tubulações, porém, a maioria dos surfactantes tem sua fonte derivada do petróleo, e assim, acaba trazendo prejuízos para o ambiente (AMANI; KARIMINEZHAD, 2016).

Biossurfactantes são alternativas que podem ser utilizadas para a limpeza de tubulações e tanques de armazenamento de óleo, pois podem atuar na diminuição da viscosidade através da formação de emulsão, permitindo a recuperação do óleo (SANTOS, 2019; SILVA *et al.*, 2014).

Um estudo realizado utilizando emulsão, produzido pela bactéria *Acinetobacter calcoaceticus* PTCC 1318, mostrou a eficiência desse composto quando aplicado em processos de remoção de resíduos de óleo bruto da superfície interna dos tubos, levando a recuperação de 100% do óleo bruto (AMANI; KARIMINEZHAD, 2016).

#### 2.4.3 Área Farmacêutica

Diferentes classes de biossurfactantes já foram estudadas e apontadas como

alternativas interessantes para serem usadas na área farmacêutica. Nesse sentido, a surfactina, um biossurfactante da classe dos lipopeptídios, possui várias possíveis aplicações na área farmacêutica e biomédica, atuando na inibição da formação de coágulos sanguíneos; na formação de canais iônicos em membranas e também por exibir atividade antimicrobiana devido a sua ação antibacteriana, antifúngica e antiviral (ARAÚJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013; BJERK *et al.*, 2021; NAGY, 2018).

Atividade biológica contra bactérias e fungos já foi observada no lipopeptídeo produzido pela *B. cereus* que exibiu atividade antibacteriana e antifúngica significativa contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Aspergillus niger* e *Candida albicans* na concentração de 30 mg/mL (BASIT *et al.*, 2018).

Os ramnolipídios da classe dos glicolipídios, também apresentam propriedades antimicrobianas, tendo uma ação permeabilizante que leva à ruptura da membrana plasmática da célula bacteriana (NAUGHTON *et al.*, 2019).

OLIVEIRA *et al.* (2022) relataram que o biossurfactante produzido pela linhagem *Pseudomonas* sp. CCMICS 105 apresentou atividade antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Bacillus subtilis* e *Candida albicans*.

KARLAPUDI *et al.* (2020) relatam que *Acinetobacter indicus M6* produz biossurfactante capaz de remover até 82,5% de biofilme. Além disso o metabólito foi eficaz contra várias bactérias exibindo ampla atividade antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas.

Portanto, os biossurfactantes apresentam um potencial antimicrobiano que os torna uma ferramenta promissora para o tratamento de infecções causadas por microrganismos patogênicos.

#### 2.4.4 Produtos Cosméticos E De Higiene

Produtos de higiene e cosméticos possuem em sua formulação surfactantes, empregados com a finalidade de agente umectante, solubilizante, dispersante, espumante, detergente e antimicrobiano. Porém, o uso de produtos com surfactantes de origem química ocasiona reações alérgicas e irritações na pele. Diante disso, a indústria de cosméticos vem buscando lançar no mercado produtos que apresentem na sua formulação derivados de fontes biológicas, por meio do uso de ingredientes naturais como uma alternativa aos ingredientes de origem sintética (BEZERRA *et al.*, 2018; PEREIRA JUNIOR *et al.*, 2022).

Pereira Junior *et al.* (2022) relata que a maioria das patentes que foram depositadas voltadas para cuidados pessoais, envolve formulações de produtos de higiene bucal (pasta de dente e enxaguantes bucal), seguido por produtos de banho (sabonetes e xampus), cosméticos e produtos para manutenção do corpo.

Os biossurfactantes podem desempenhar um papel importante nesses produtos,

pois suas propriedades e atividades biológicas os tornam compostos adequados para uso em cosméticas. Os glicolipídios (soforolipídios, ramnolipídios e lipídios manosileritritol ou Mels) e os lipopeptídios (surfactina) são os biossurfactantes mais utilizados em cosméticos (BEZERRA *et al.*, 2018).

#### 2.4.5 Indústria Alimentícia

Atualmente a origem e composição dos alimentos tem despertado um interesse dos consumidores. Além disso, expandiu o número de consumidores interessados em produtos veganos, de origem orgânica e sem aditivos sintéticos. Visando isso, as indústrias vêm procurando comercializar produtos destinados a esse crescente público, utilizando os chamados ingredientes “verdes” em seus produtos (DURVAL *et al.*, 2021).

Os biossurfactantes são compostos promissores para serem aplicados na área alimentícia e diferentes tipos de biossurfactantes podem ser explorados nesse campo. Os lipopeptídios e glicolipídios são os que mais se destacam para utilização, isso devido às suas características que são desejáveis para aplicação na indústria alimentícia, como sua atividade antibacteriana contra uma variedade de espécies, atividade antioxidante e baixa citotoxicidade (DURVAL *et al.*, 2021).

Outra propriedade que pode ser explorada é sua ação emulsificante, pois na indústria alimentícia os emulsificantes são ingredientes indispensáveis, principalmente em produtos que necessitam de maior estabilidade e maior tempo de prateleira. A emulsificação tem grande importância para a formação de consistência e também na solubilização de aromas (ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013).

É relatado que os biossurfactantes mostraram benefícios nas características sensoriais quando adicionados em pães, melhorando a textura, volume e conservação. Também é descrito que devido a sua propriedade emulsificante, biossurfactantes são capazes de melhorar a viscosidade, cremosidade e a emulsificação de gorduras de alimentos, como derivados da carne e de leite (ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013; DURVAL *et al.*, 2021).

Em um estudo no qual foi desenvolvido uma formulação de cookies utilizando biossurfactante de *B. cereus*, não foi observado citotoxicidade, o que mostra o potencial dos biossurfactantes para incorporação em produtos alimentícios. O biossurfactante testado apresentou-se como um agente emulsificante eficaz para óleos vegetais, como os óleos de soja, milho e canola. Também mostrou uma considerável ação antioxidante, o que é uma ação desejável na indústria alimentícia, pois a oxidação é algo que pode ocorrer durante o processamento e/ou armazenamento dos alimentos, resultando na deterioração do seu valor nutricional, cor, sabor, textura e segurança (DURVAL *et al.*, 2021).

Os biofilmes são complexos microbianos que se formam nas superfícies de diferentes tipos de materiais (aço inoxidável, polipropileno, borracha, madeira), sendo constituídos

por uma única ou múltiplas espécies bacterianas, e a presença de mais de um tipo de microrganismo aumenta a resistência microbiana. Na área alimentícia, biofilmes podem se desenvolver rapidamente e estão relacionados com efeitos danosos como a corrosão de superfícies metálicas, alteração das propriedades organolépticas além de patogenicidade (CORONEL-LEÓN *et al.*, 2016; GALIÉ *et al.*, 2018).

Uma boa opção para prevenir biofilmes seria o uso de biossurfactantes, pois, além de atuarem diretamente contra os patógenos devido à sua propriedade antimicrobiana, os biossurfactantes também podem atuar modificando a hidrofobicidade de uma superfície, interferindo no processo de adesão microbiana, sendo assim uma estratégia para inibição da formação de biofilme (ARAUJO; FREIRE; NITSCHKE, 2013; CORONEL-LEÓN *et al.*, 2016; GALIÉ *et al.*, 2018);).

Coronel-León *et al.* (2016) relatam que a liquenisina, um lipopeptídeo produzido por *B. licheniformis* AL1.1, foi efetiva quando aplicada em uma superfície, como pré-tratamento, para evitar o desenvolvimento de biofilme de *S. aureus* resistente à meticilina (MRSA) e *C. albicans*. A liquenisina também foi eficiente na aplicação pós-tratamento de superfície na remoção de biofilmes de MRSA e *Yersinia enterocolitica*.

Além do estudo anterior, Alizadeh-Sani *et al.* (2018) relatam que o biossurfactante derivado de *B. licheniformis* VS16 apresenta capacidade de inibição em até 54% da formação de biofilme pela bactéria *E. coli*. Somado à ação antibiofilme, os autores também relatam que esse biossurfactante mostrou-se eficiente na remoção de cádmio de vegetais, retirando 60,98% do metal no gengibre, 52,83% no rabanete, 42,68% na batata e 41,16% na cenoura, podendo assim originar alimentos mais seguros livres de metais pesados.

#### 2.4.6 Área Agrícola

Para realizar o controle de fitopatógenos e doenças de plantas, a agricultura geralmente faz uso de pesticidas químicos. O uso contínuo destes pesticidas trouxe sérios problemas, como má qualidade dos alimentos, poluição do solo e da água, resistência a pragas, efeitos na microbiota natural e graves problemas de saúde para os consumidores. Assim sendo, busca-se soluções para substituir esses agrotóxicos por outros com as mesmas funções e que não sejam prejudiciais ao meio ambiente e à saúde (KUMAR *et al.*, 2021).

Na agricultura, uma aplicação para os biossurfactantes seria em formulação de adubos e agrodefensivos, agindo como espalhantes sobre a folha e melhorando a absorção de nutrientes pela planta (DRAKONTIS; AMIN, 2020; NAGY, 2018).

Os biossurfactantes também possuem atividade antimicrobiana contra patógenos de plantas, servindo como agente de controle biológico para uma agricultura sustentável, como o biossurfactante produzido pela bactéria *P. putida* 267 que mostrou ter atividades zoosporicida e antifúngica contra fungos patogênicos de planta (RAHEEL *et al.*, 2022;

SACHDEV; CAMEOTRA, 2013).

Outra aplicação desses compostos no campo agrícola seria para melhorar ou aumentar a disponibilidade de micronutrientes no solo, sua natureza anfipática permite reduzir a tensão interfacial entre os compostos e aumentar a solubilidade e mobilidade de componentes orgânicos e inorgânicos para a planta (KUMAR *et al.*, 2021).

## 2.5 Biossurfactantes no mercado mundial e perspectivas para o futuro

Devido as suas características químicas e benefícios, o interesse por esse bioproduto aumentou muito, diversos estudos já foram publicados envolvendo os biossurfactantes. Estudos esses, que vão desde suas propriedades, condições de produção, substratos alternativos e até suas aplicações em diversas áreas.

Já existem no mercado global empresas especializadas em produzir e comercializar biossurfactantes ou produtos à base de biossurfactantes (Quadro 4), o que mostra como o investimento nesse produto biotecnológico é algo crescente no mundo todo.

A Evonik, um grupo industrial da Alemanha, é a primeira empresa no mundo a usar métodos biotecnológicos para produzir quantidades em escala industrial de biossurfactante. A empresa foi responsável por comercializar os primeiros limpadores domésticos contendo biossurfactantes, produtos esses que contêm sofrrolipídios produzidos por levedura (EVONIK INDUSTRIES AG, 2016).

O grupo Evonik em conjunto com a multinacional Unilever, investiram na primeira fábrica de produção de ramnolipídios sustentáveis para uso em produtos de limpeza e cuidados pessoais. Os ramnolipídios produzidos são de forma sustentável por meio de um processo de fermentação utilizando açúcar de milho europeu como principal matéria-prima. A fábrica tem sede na Eslováquia e foi concluída em 2023 (EVONIK INDUSTRIES AG, 2022, 2024; UNILEVER, 2022).

A multinacional Unilever, se destaca como maior produtora de patentes sobre biossurfactantes na área de cuidados pessoais, tendo em 2021, registrado 70 patentes. E estabeleceu como uma meta a substituição do carbono fóssil de todas as suas formulações de produtos de limpeza por carbono renovável ou reciclado (PEREIRA JUNIOR *et al.*, 2022; UNILEVER, 2022).

Espera-se que nos próximos anos haja um aumento significativo da produção de biossurfactante em escala industrial para atender a demanda do mercado que se mostra em expansão.

Empresa	Nome comercial	Biossurfactante	Fonte biológica	Preço / Quantidade	Referências
SIGMA-ALDRICH®	Surfactin	Surfactina	<i>Bacillus subtilis</i>	R\$ 2.753,00 / 10g	SIGMA-ALDRICH (2024b)
	Rhamnolipids, 90%	Ramnolipídio	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	R\$ 898,00/ 10g	SIGMA-ALDRICH (2024a)
	Rhamnolipids, 95% (Di-Rhamnolipid dominant)	Ramnolipídio	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	R\$ 1.201,00 / 10g	SIGMA-ALDRICH (2024c)
	Fengycin	Fengicina	<i>Bacillus subtilis</i>	R\$ 3.913,00 / 5mg	SIGMA-ALDRICH (2024d)
	Iturin A from <i>Bacillus subtilis</i>	Iturina A	<i>Bacillus subtilis</i>	R\$ 1.522,00 / 1mg	SIGMA-ALDRICH (2024e)
PIONEER BIOTECH	Rhamnolipid/ 5MA	Ramnolipídio	<i>Pseudomonas sp.</i>	Não divulgado	PIONEER BIOTECH (2024)
BOC Sciences®	Rhamnolipid RL2	Ramnolipídio	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> e <i>P. fluorescens</i>	Não divulgado	BOC SCIENCES (2024b)
	Surfactin	Surfactina	<i>Bacillus subtilis</i>	Não divulgado	BOC SCIENCES (2024c)
	Iturin A from <i>Bacillus subtilis</i>	Iturina A	<i>Bacillus subtilis</i>	Não divulgado	BOC SCIENCES (2024a)
BIOSYNTH®	Rhamnolipid	Ramnolipídio	Não divulgado	R\$ 406,15 / 15mg	BIOSYNTH (2024c)
	Surfactin	Surfactina	<i>Bacillus subtilis</i>	R\$ 1.140,43 / 2mg	BIOSYNTH (2022a)
	Fengycin	Fengicina	Não divulgado	R\$ 1.627,65 / 1mg	BIOSYNTH (2024b)
MEDCHEMEX-PRESS®	Surfactin	Surfactina	<i>Bacillus subtilis</i>	R\$ 844,54 / 10mg	MEDCHEMEX-PRESS (2024a)
	Fengycin	Fengicina	<i>Bacillus subtilis</i>	R\$ 4.606,56 / 1mg	MEDCHEMEX-PRESS (2024b)

Quadro 4 – Empresas que comercializam biossurfactantes

Fonte: Autoria própria.

### 3 | CONCLUSÕES

Com a presente revisão foi possível reconhecer a importância dos biossurfactantes como alternativa aos surfactantes sintéticos, provenientes de fontes não renováveis. De acordo com suas características químicas, os biossurfactantes pertencem a diferentes classes que podem ser produzidas por diferentes microrganismos. A variabilidade química das principais classes converge para uma característica comum a todos os biossurfactantes, a presença de uma porção polar e outra apolar na mesma molécula. A versatilidade dos biossurfactantes pode ser evidenciada pela gama de aplicações descritas nesse capítulo,

confirmando o papel imprescindível da Biotecnologia no desenvolvimento de produtos e processos de interesse humano.

## REFERÊNCIAS

AKINTOKUN, A. K.; ADEBAJO, S. O.; AKINREMI, C. A. **Potential Biosurfactant-producing Bacteria from Pharmaceutical Wastewater using Simple Screening Methods in South-West, Nigeria.** Applied Environmental Research, v. 39, n. 2, p. 41–54, 2017.

ALBORNOZ, R. V.; OYARZÚN, D.; BURGESS, K. **Optimisation of surfactin yield in Bacillus using data-efficient active learning and high-throughput mass spectrometry.** Computational and Structural Biotechnology Journal, v. 23, p. 1226–1233, dez. 2024.

ALIZADEH-SANI, M. *et al.* **Bioemulsifiers Derived from Microorganisms: Applications in the Drug and Food Industry.** Advanced Pharmaceutical Bulletin, v. 8, n. 2, p. 191–199, 2018.

ALMEIDA, G. A. M. *et al.* **Produção de biossurfactante por *Lysinibacillus sp.* e *Bacillus sp.* a partir de diferentes óleos como fonte de carbono.** Revista Matéria, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2020.

AMANI, H.; KARIMINEZHAD, H. **Study on emulsification of crude oil in water using emulsan biosurfactant for pipeline transportation.** Petroleum Science and Technology, v. 34, n. 3, p. 216–222, 2016.

ARAUJO, L. V.; FREIRE, D. M. G.; NITSCHKE, M. **Biossurfactantes: Propriedades anticorrosivas, antibiofilmes e antimicrobianas.** Química Nova, v. 36, n. 6, p. 848–858, 2013.

BANAT, I. M. *et al.* **Microbial biosurfactants production, applications and future potential.** Applied Microbiology and Biotechnology, v. 87, n. 2, p. 427–444, 2010.

BANAT, I. M. *et al.* **Cost effective technologies and renewable substrates for biosurfactants' production.** Frontiers in Microbiology, v. 5, n. 10, 2014.

BARROS, F. F. C. *et al.* **Surfactina: propriedades químicas, tecnológicas e funcionais para aplicações em alimentos.** Química Nova, v. 30, n. 2, p. 409–414, 2007.

BARROS, F. F. C.; QUADROS, C. P. DE; PASTORE, G. M. **Propriedades emulsificantes e estabilidade do biossurfactante produzido por *Bacillus subtilis* em manipueira.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 28, n. 4, p. 979–985, 2008.

BASIT, M. *et al.* **Biosurfactants production potential of native strains of *Bacillus cereus* and their antimicrobial, cytotoxic and antioxidant activities.** Pakistan journal of pharmaceutical sciences, v. 31, n. 1, p. 251–256, 2018.

BATISTA, C. **Tensão Superficial da Água.** Toda Matéria. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/tensao-superficial-agua/>>. Acesso em: 6 jul. 2024.

BEZERRA, K. G. O. *et al.* **Saponins and microbial biosurfactants: Potential raw materials for the formulation of cosmetics.** Biotechnology Progress, v. 34, n. 6, p. 1482–1493, 2018.

BIOSYNTH. **Surfactin.** Disponível em: <<https://www.biosynth.com/p/FS172608/24730-31-2-surfactin>>. Acesso em: 5 mar. 2024a.

- BIOSYNTH. **Fengycin**. Disponível em: <<https://www.biosynth.com/p/AF35268/102577-03-7-fengycin>>. Acesso em: 5 mar. 2024b.
- BIOSYNTH. **Rhamnolipid**. Disponível em: <<https://www.biosynth.com/p/DR45784/rhamnolipid>>. Acesso em: 5 mar. 2024c.
- BJERK, T. R. *et al.* **Biosurfactants: Properties and Applications in Drug Delivery, Biotechnology and Ecotoxicology**. Bioengineering, v. 8, n. 8, p. 1–18, 2021.
- BOC SCIENCES. **Iturina A de *Bacillus subtilis***. Disponível em: <<https://www.bocsci.com/product/iturina-a-from-bacillus-subtilis-cas-52229-90-0-189466.html?nid=84>>. Acesso em: 5 mar. 2024a.
- BOC SCIENCES. **RamnoIipídeo RL2**. Disponível em: <<https://www.bocsci.com/product/rhamnolipid-rl2-cas-4348-76-9-278277.html?nid=1335>>. Acesso em: 5 mar. 2024b.
- BOC SCIENCES. **Surfactin**. Disponível em: <<https://www.bocsci.com/product/surfactin-cas-24730-31-2-151681.html?nid=1335>>. Acesso em: 5 mar. 2024c.
- CAROLIN C, F.; KUMAR, P. S.; NGUEAGNI, P. T. **A review on new aspects of lipopeptide biosurfactant: Types, production, properties and its application in the bioremediation process**. Journal of Hazardous Materials, v. 407, p. 1-15, 2021.
- CASTRO, D. C. M. *et al.* **Tolerância a metais pesados e produção de surfactante por *Pseudomonas fluorescens* Slim15**. Scientia Plena, v. 16, n. 10, p. 1-9, 2020.
- CORONEL-LEÓN, J. *et al.* **Optimizing the production of the biosurfactant lichenysin and its application in biofilm control**. Journal of Applied Microbiology, v. 120, n. 1, p. 99–111, 2016.
- COUTTE, F. *et al.* **Microbial lipopeptide production and purification bioprocesses, current progress and future challenges**. Biotechnology Journal, v. 12, n. 7, 2017.
- DAS, A. J.; KUMAR, R. **Utilization of agro-industrial waste for biosurfactant production under submerged fermentation and its application in oil recovery from sand matrix**. Bioresource Technology, v. 260, p. 233–240, 2018.
- DAS, K.; MUKHERJEE, A. K. **Comparison of lipopeptide biosurfactants production by *Bacillus subtilis* strains in submerged and solid state fermentation systems using a cheap carbon source: Some industrial applications of biosurfactants**. Process Biochemistry, v. 42, n. 8, p. 1191–1199, 2007.
- DE FARIA, A. F. *et al.* **Production and structural characterization of surfactin (C14/Leu7) produced by *Bacillus subtilis* isolate LSFM-05 grown on raw glycerol from the biodiesel industry**. Process Biochemistry, v. 46, n. 10, p. 1951–1957, 2011.
- DESAI, J. D.; BANAT, I. M. **Microbial production of surfactants and their commercial potential**. Microbiology and Molecular Biology Reviews, v. 61, n. 1, p. 47–64, 1997.
- DRAKONTIS, C. E.; AMIN, S. **Biosurfactants: Formulations, properties, and applications**. Current Opinion in Colloid & Interface Science, v. 48, p. 77–90, 2020.

DURVAL, I. J. B. *et al.* **Studies on Biosurfactants Produced using *Bacillus cereus* Isolated from Seawater with Biotechnological Potential for Marine Oil-Spill Bioremediation.** Journal of Surfactants and Detergents, v. 22, n. 2, p. 349–363, 2019.

DURVAL, I. J. B. *et al.* **Production, characterization, evaluation and toxicity assessment of a *Bacillus cereus* UCP 1615 biosurfactant for marine oil spills bioremediation.** Marine Pollution Bulletin, v. 157, p. 349-363, 2020.

DURVAL, I. J. B. *et al.* **Application of a Biosurfactant Produced by *Bacillus cereus* UCP 1615 from Waste Frying Oil as an Emulsifier in a Cookie Formulation.** Fermentation, v. 7, n. 3, p. 189, 2021.

EHRHARDT, D. D. **Caracterização do resíduo do abacaxi e sua utilização no processo de produção de biossurfactantes por *Bacillus subtilis*.** Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, da Universidade Estadual de Campinas, campus Campinas, como requisito para obtenção do título de doutor em Engenharia Química, Campinas - SP, 2019.

EVONIK INDUSTRIES AG. **Evonik commercializes biosurfactants.** 2022. Disponível em: <<https://corporate.evonik.com/en/media/press-releases/corporate/evonik-commercializes-biosurfactants-101537.html>>. Acesso em: 26 jan. 2023.

EVONIK INDUSTRIES AG. **Evonik pioneers industrial-scale manufacturing of biosurfactants.** 2016. Disponível em: <<https://personal-care.evonik.com/en/evonik-pioneers-industrial-scale-manufacturing-of-biosurfactants-168535.html>>. Acesso em: 26 jan. 2023.

EVONIK INDUSTRIES AG. **Evonik manufactures first product from world's first industrial-scale rhamnolipid biosurfactant plant.** Disponível em: <https://corporate.evonik.com/en/investor-relations/evonik-manufactures-first-product-from-worlds-first-industrial-scale-rhamnolipid-biosurfactant-plant-233304.html>. Acesso em: 22 fev. 2024.

FARINAS, C. S. *et al.* **Desenvolvimentos em fermentação em estado sólido para produção de enzimas de interesse agroindustrial.** Embrapa Instrumentação. Brasília – DF, [s.n.]. p. 211–241, 2014.

FELIPE, L. O.; DIAS, S. C. **Surfactantes sintéticos e biossurfactantes: vantagens e desvantagens.** Química Nova na Escola, v. 39, n. 3, p. 228–236, 2017.

FELIX, A. F. N. **Caracterização e estudo da aplicabilidade do biossurfactante produzido por *Bacillus subtilis* LAMI005 a partir do suco de caju.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química. Fortaleza - CE, 2012.

FRANZOL, A.; REZENDE, M. C. **Estabilidade de emulsões: um estudo de caso envolvendo emulsionantes aniônico, catiônico e não-iônico.** Polímeros, v. 25, p. 1–9, 2015.

GALIÉ, S. *et al.* **Biofilms in the Food Industry: Health Aspects and Control Methods.** Frontiers in Microbiology, v. 9, p. 1-18, 2018.

GEISSLER, M. *et al.* **Lipopeptide Biosurfactants From *Bacillus* Species.** Biobased Surfactants. Chapter 6, Elsevier, p. 205–240, 2019.

GUTIÉRREZ-CHÁVEZ, C.; BENAUD, N.; FERRARI, B. C. **The ecological roles of microbial lipopeptides: Where are we going?** Computational and Structural Biotechnology Journal, v. 19, p. 1400–1413, 2021.

GUZMÁN, E.; ORTEGA, F.; RUBIO, R. G. **Exploring the world of rhamnolipids: A critical review of their production, interfacial properties, and potential application.** *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, v. 69, p. 1–18, 2024.

ISLAS, D. J.; MORENO, S. A. M.; RODRÍGUEZ, J. N. G. **Biosurfactant properties, applications and production: A review.** *Revista internacional de contaminación ambiental*, v. 26, n. 1, p. 65–84, 2010.

KARLAPUDI, A. P. *et al.* **Evaluation of anti-cancer, anti-microbial and anti-biofilm potential of biosurfactant extracted from an *Acinetobacter* M6 strain.** *Journal of King Saud University - Science*, v. 32, n. 1, p. 223–227, 2020.

KAUR, G. *et al.* **Efficient sophorolipids production using food waste.** *Journal of Cleaner Production*, v. 232, p. 1–11, 2019.

KUMAR, P.; NAGARAJAN, A.; UCHIL, P. D. **Analysis of cell viability by the MTT assay.** *Cold Spring Harbor Protocols*, v. 2018, n. 6, p. 469–471, 2018.

MAIA, P. C. V. S. **Produção e aplicação de bioemulsificante isolado de *Bacillus subtilis* UCP 0146 por fermentação submersa em manipueira.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais, da Universidade Católica de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Recife - PE, 2017.

MARCELINO, P. R. F. **Produção de biossurfactantes de segunda geração por leveduras em hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar.** Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial, da Universidade de São Paulo, campus Lorena, como requisito para obtenção do título doutor em Ciências, Lorena – SP, 2017.

MEDCHEMEXPRESS. **Surfactin.** Disponível em: <<https://www.medchemexpress.com/surfactin.html>>. Acesso em: 5 mar. 2024a.

MEDCHEMEXPRESS. **Fengycin.** Disponível em: <<https://www.medchemexpress.com/fengycin.html>>. Acesso em: 5 mar. 2024b.

MNIF, I.; GHRIBI, D. **Review lipopeptides biosurfactants: Mean classes and new insights for industrial, biomedical, and environmental applications.** *Peptide Science*, v. 104, n. 3, p. 129–147, 2015.

MUJUMDAR, S.; JOSHI, P.; KARVE, N. **Production, characterization, and applications of bioemulsifiers (BE) and biosurfactants (BS) produced by *Acinetobacter* spp.: A review.** *Journal of Basic Microbiology*, v. 59, n. 3, p. 277–287, 2019.

NAGY, G. M. **Produção de biossurfactante de baixo custo a partir de resíduos agroindustriais.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Uberlândia - MG, 2018.

NAUGHTON, P. J. *et al.* **Microbial biosurfactants: current trends and applications in agricultural and biomedical industries.** *Journal of Applied Microbiology*, v. 127, n. 1, p. 12–28, 2019.

NITSCHKE, M.; PASTORE, G. M. **Biossurfactantes: Propriedades e aplicações.** *Química Nova*, v. 25, n. 5, p. 772–776, 2002.

OLIVEIRA, T. S. *et al.* **Atividade antimicrobiana do biossurfactante produzido por *Pseudomonas* sp. CCMICS 105.** Scientia Plena, v. 18, n. 1, p. 1–8, 2022.

PEREIRA JUNIOR, A. J. *et al.* **Mapeamento de especialidades químicas que utilizam biossurfactantes em produtos de cuidados pessoais como alternativa mais sustentável.** Gestão e sustentabilidade ambiental, p. 157–174, 2022.

PILLING, S. *et al.* **Aula 2 - Moléculas anfifílicas, fosfolipídios, micelas, vesículas e protocélulas. Ácido nonanóico em meteoritos.** P&D, São José dos Campos, 2015. Disponível em: <[https://www1.univap.br/spilling/AB/Aula\\_2\\_Moleculas\\_Anfifilicas.pdf](https://www1.univap.br/spilling/AB/Aula_2_Moleculas_Anfifilicas.pdf)> Acesso em: 02 fev. 2024.

PINTO, M. H. **Produção de biossurfactantes bacteriano e fúngico por fermentação em estado sólido e submersa utilizando resíduos agroindustriais.** Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Química, da Universidade Federal do Rio Grande, para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos. Rio Grande - RS, 2008.

PIONEER BIOTECH. **Rhamnolipid Biosurfactant.** Disponível em: <<https://www.pioneer-biotech.com/animal-extract/cosmetics/rhamnolipid-biosurfactant.html>>. Acesso em: 5 mar. 2024.

RAHEEL, M. *et al.* **Biological control activity of biosurfactant against plant pathogens.** Applications of Biosurfactant in Agriculture. Elsevier, cap. 2, p. 17–28, 2022.

RAZA, Z. A.; KHAN, M. S.; KHALID, Z. M. **Evaluation of distant carbon sources in biosurfactant production by a gamma ray-induced *Pseudomonas putida* mutant.** Process Biochemistry, v. 42, n. 4, p. 686–692, 2007.

RICARDO, F. *et al.* **Emerging Emulsifiers: Conceptual Basis for the Identification and Rational Design of Peptides with Surface Activity.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 9, p. 4615, 2021.

ROCHA, M. V. P. *et al.* **Natural cashew apple juice as fermentation medium for biosurfactant production by *Acinetobacter calcoaceticus*.** World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 22, n. 12, p. 1295–1299, 2006.

SACHDEV, D. P.; CAMEOTRA, S. S. **Biosurfactants in agriculture.** Applied Microbiology and Biotechnology, v. 97, n. 3, p. 1005–1016, 2013.

SAJNA, K. V. *et al.* **White Biotechnology in Biosurfactants.** Industrial Biorefineries & White Biotechnology. Elsevier, cap. 14, p. 499–521, 2015.

SANTIAGO, M. R. F. **Produção de biossurfactante por *Bacillus subtilis*: caracterização, otimização e aplicação na indústria de petróleo.** Tese de doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química e Bioquímica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para obtenção do título de doutor. Rio de Janeiro - RJ, 2019.

SANTOS, A. P. P.; SILVA, M. D. D. S.; COSTA, E. V. L. **Biossurfactantes: Uma alternativa para o mercado industrial.** Fronteiras, v. 5, n. 1, p. 88–103, 2016.

SANTOS, D. *et al.* **Biosurfactants: Multifunctional Biomolecules of the 21st Century.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 17, n. 3, p. 401, 2016.

SANTOS, S. C. **Biossurfactantes: potenciais agentes biorremediadores**. Cadernos de Prospecção, v. 12, n. 5, p. 1531–1540, 2019a.

SANTOS, E. M. S. **Produção de biossurfactante por *Candida sphaerica* UCP 0995 para aplicação na remoção de poluentes ambientais gerados pela indústria de petróleo**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento em Processos Ambientais, da Universidade Católica de Pernambuco, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Recife - PE, 2019b.

SANTOS, S. F. M. *et al.* **Avaliação da produção de biossurfactante a partir de diferentes fontes de carbono por *Candida guilliermondii***. REVISTA SAÚDE & CIÊNCIA ONLINE, v. 7, n. 2, p. 413–425, 2018.

SIGMA-ALDRICH. **R90 - Rhamnolipids**. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/sigma/r90>>. Acesso em: 5 mar. 2024a.

SIGMA-ALDRICH. **Surfactin**. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/sigma/s3523>>. Acesso em: 5 mar. 2024b.

SIGMA-ALDRICH. **Rhamnolipids, 95% (Di-Rhamnolipid dominant)**. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/sigma/r95dd>>. Acesso em: 5 mar. 2024c.

SIGMA-ALDRICH. **Fengycin**. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/sigma/smb00292>>. Acesso em: 5 mar. 2024d.

SIGMA-ALDRICH. **Iturin A from *Bacillus subtilis***. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/sigma/i1774>>. Acesso em: 5 mar. 2024e.

SILVA, R. *et al.* **Applications of Biosurfactants in the Petroleum Industry and the Remediation of Oil Spills**. International Journal of Molecular Sciences, v. 15, n. 7, p. 12523–12542, 2014.

TO, M. H. *et al.* **Optimal preparation of food waste to increase its utility for sophorolipid production by *Starmerella bombicola***. Bioresource Technology, v. 379, p. 1-10, 2023.

UNILEVER. **Building a clean green foam-production machine**. Disponível em: <<https://www.unilever.com/news/news-search/2022/building-a-clean-green-foamproduction-machine/>>. Acesso em: 26 jan. 2023.

VALDÉS-VELASCO, L. M. *et al.* **Relationship between lipopeptide biosurfactant and primary metabolite production by *Bacillus* strains in solid-state and submerged fermentation**. Bioresource Technology, v. 345, p. 1-9, 2022.

VAZ-MOREIRA, I. *et al.* ***Acinetobacter rudis* sp. nov., isolated from raw milk and raw wastewater**. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, v. 61, n. 12, p. 2837–2843, 2011.

VIEIRA, D. P. *et al.* **Soforolipídios: Síntese, aplicações e desafios para o desenvolvimento de uma economia mais sustentável**. Metodologias e Aprendizado, v. 4, p. 45–59, 2021.

WAN, C. *et al.* **Iturin: cyclic lipopeptide with multifunction biological potential**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 62, n. 29, p. 7976–7988, 2022.

WANG, H. *et al.* **Study on the production of Sophorolipid by *Starmerella bombicola* yeast using waste fried oil fermentation.** Bioscience Reports, v. 44, n. 2, 2023.

ZHOU, S. *et al.* **Structural and Functional Insights into Iturin W, a Novel Lipopeptide Produced by the Deep-Sea Bacterium *Bacillus* sp. Strain wsm-1.** Applied and Environmental Microbiology, v. 86, n. 21, 2020.

# DESAFIOS DA INOVAÇÃO ABERTA SOB A LIDERANÇA FEMININA NAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE PESQUISA E ENSINO

*Data de submissão: 10/10/2024*

*Data de aceite: 01/10/2024*

### **Klena Sarges Marruaz da Silva**

Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
ORCID 0000-0002-5996-490X

### **Gladys Corrêa**

Universidade do Estado do Amazonas/ENS, Laboratório de Imunofarmacologia Celular, Manaus, AM, Brasil  
ORCID 0000-0002-9707-7615

### **Izabela Gimenes Lopes**

Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde/Fiocruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
ORCID 0000-0001-5319-1179

**RESUMO:** O artigo enfoca os desafios da inovação aberta sob a liderança feminina nas instituições de pesquisa e ensino no Brasil. Historicamente, as universidades enfatizaram um modelo acadêmico que não priorizava a exploração econômica do conhecimento. Com o Marco Legal da Inovação, surgiu a possibilidade de colaboração entre o setor público e privado, mas essa mudança ainda não amplia a participação, especialmente das mulheres, nas atividades de pesquisa aplicada. Apesar de alguns avanços nas bolsas de

pesquisa, mulheres são sub-representadas em posições de liderança. O artigo ressalta que a inovação aberta pode promover um ecossistema mais inclusivo, conectando universidade, governo e setor privado, o que é crucial para o desenvolvimento social e econômico. Além disso, a implementação de políticas que incentivem a participação feminina em inovação é essencial. Com a recente criação de programas focados em empreendedores mulheres, há potencial para progressos significativos. O futuro da inovação está ligado à inclusão das mulheres, que podem contribuir significativamente para a sustentabilidade e a transformação social, essenciais para o cumprimento da Agenda 2030.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inovação aberta, Equidade de Gênero, Instituição de pesquisa, Universidade.

## CHALLENGES OF OPEN INNOVATION UNDER FEMALE LEADERSHIP IN PUBLIC RESEARCH INSTITUTIONS

**ABSTRACT:** educational institutions in Brazil. Historically, universities have emphasized an academic model that did not prioritize the economic exploitation of

knowledge. With the Legal Framework for Innovation, the possibility of collaboration between the public and private sectors emerged, but this shift has not yet increased participation, especially of women, in applied research activities. Despite some advances in research grants, women are underrepresented in leadership positions. The article highlights that open innovation can foster a more inclusive ecosystem, connecting universities, government, and the private sector, which is crucial for social and economic development. Furthermore, the implementation of policies that encourage female participation in innovation is essential. With the recent creation of programs focused on female entrepreneurs, there is potential for significant progress. The future of innovation is linked to the inclusion of women, who can contribute significantly to sustainability and social transformation, essential for fulfilling the 2030 Agenda.

**KEYWORDS:** Open innovation, Gender equity, Academies and Institutes.

## INTRODUÇÃO

Historicamente, o desenvolvimento da ciência em nossas Universidades e Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) brasileiras moldou um pensamento predominante acadêmico, em que a comunidade, muitas vezes, não considerava a possibilidade de exploração econômica de sua produção. Essa cultura enraizada na academia brasileira resultou em um subaproveitamento do vasto conhecimento adquirido ao longo da formação e da pesquisa para alavancar o país na produção de patentes e insumos tecnológicos e médicos (CGEE, 2019).

Desde a homologação do Marco Legal da Inovação no Brasil (Lei 13.243/2016 e Decreto nº 9.283/2018), que possibilitou o estabelecimento das diretrizes para o desenvolvimento científico e tecnológico envolvendo a colaboração entre setor público e privado visando a simplificação de processos burocráticos, a proteção da propriedade intelectual, transferência tecnológica entre instituições de pesquisa e empresas, incentivo à inovação e pesquisa para desenvolvimento do sistema produtivo nacional, observamos uma crescente no interesse de mestres e doutores em participar de projetos desenvolvidos conjuntamente com empresas e indústrias (BRASIL, 2016; 2018). No entanto, ainda é incipiente a participação de pesquisadores nesses projetos, principalmente as mulheres, o que contribui de forma importante para uma taxa elevada de desemprego entre os profissionais recém-qualificados em nível *Stricto Sensu*. Esse quadro é agravado pela “fuga de cérebros”, resultante de políticas pouco eficazes de recrutamento e retenção de pesquisadores no país (RIBEIRO, 2022). Nesse contexto, um dos grandes desafios é levar os projetos científicos para além dos laboratórios, integrando-os ao mercado (MARQUES, 2008).

A inovação aberta surge como uma oportunidade crucial para o empreendedor cientista (GIMENES *et al.*, 2021). Por meio da colaboração com diferentes setores e da abertura do processo de inovação para contribuições externas, os cientistas podem

enfrentar os desafios públicos de maneira mais eficaz, trazendo suas pesquisas do ambiente acadêmico para o mundo real e gerando impacto significativo na sociedade (BRASIL, 2021).

Segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a inovação governamental ocorre quando uma ideia inédita é implementada e gera impactos positivos (OECD, 2019). O conceito de “novidade” está relacionado ao contexto de implementação: uma ideia pode ser considerada nova ou não, dependendo da realidade do local em que é implementada. A implementação é crucial, pois é o que transforma uma ideia em inovação real. Ao medir o impacto dessa ideia implementada, é possível distinguir entre uma inovação positiva e uma negativa, visto que nem toda mudança necessariamente melhora os resultados oferecidos aos cidadãos. Inovar é um processo que, embora pareça simples, apresenta desafios significativos (RIZARDI; SANTOS, 2022).

Em termos gerais, o processo de inovação pode seguir dois caminhos principais: o primeiro, impulsionado por mudanças internas, onde os projetos são desenvolvidos pela própria equipe da organização; o segundo, através da aquisição de produtos e serviços de terceiros. A inovação aberta propõe uma nova perspectiva, ao incorporar a colaboração de atores externos, como outras organizações, clientes, usuários e pesquisadores, entre outros. Desde que esse conceito foi introduzido no mundo corporativo, ele tem sido replicado em diferentes formatos, inclusive no setor público, embora essa abordagem ainda esteja em fase de experimentação (RIZARDI; SANTOS, 2022).

A inovação no setor público, com enfoque na melhoria do desempenho do serviço e na adição de valor em termos de benefício público pode ser potencializada por meio da aplicação da inovação aberta, de modo a fortalecer o empreendedorismo inovador (Lee *et al.*, 2012). As iniciativas de inovação aberta, no âmbito do empreendedorismo inovador são um dos caminhos possíveis para o aprofundamento das trocas de ideias, recursos e tecnologias, e uma oportunidade de ampliar as possibilidades de aplicação dos conhecimentos adquiridos não só na academia, mas também na sociedade, que pode participar do desenvolvimento econômico e social no país (GIMENES *et al.*, 2021).

Reconhece-se que a academia desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da nova economia, servindo como polo de atração para novos talentos empreendedores. Considerando que inovação e tecnologia são as principais tendências futuras, a academia desempenha um papel crucial na promoção e suporte a novos negócios inovadores (Brasil, 2021; Piccinetti, 2020).

Para isso é importante que todos os atores do ecossistema relacionados com a Tríplice Hélice da Inovação se integrem para criar um ambiente propício à inovação, com mecanismos de cooperação entre governo, sociedade e setor privado (RIDLEY, 2014; 2020) a fim de auxiliar e acelerar o desenvolvimento sustentável do Brasil. Buscar e conhecer tais iniciativas nem sempre é uma tarefa fácil. O Governo Federal, por meio do ministério da Economia, desenvolveu o Startup Point, uma plataforma digital com informações

sobre iniciativas e programas de apoio às Startups. A ferramenta oferece uma navegação simples para que empreendedores possam encontrar as iniciativas mais adequadas ao seu estágio de maturação: ideação, validação, operação ou tração, ou por filtros envolvendo os programas de apoio (BRASIL, 2024a).

Nesse contexto, a inovação aberta surge como uma oportunidade para que o Estado colabore no desenvolvimento de soluções inovadoras, por meio da cooperação com diferentes setores e da abertura do processo de inovação para contribuições externas. Uma plataforma de inovação aberta para a construção de soluções para problemas públicos promove o desenvolvimento de soluções inovadoras como também fortalece a conexão entre a tríplice hélice da inovação, conectando a academia, o mercado e governo, criando um ecossistema favorável ao empreendedorismo científico. Um exemplo disso é a premiada Plataforma Desafios (Inovação aberta) da Escola Nacional de Administração Pública (ENAP) que busca conectar o governo a soluções inovadoras propostas por cidadãos, startups, empresas, universidades e centros de pesquisa, criando um ambiente colaborativo para a resolução de problemas complexos enfrentados pelo setor público, trazendo mais inovação para o país (ENAP, 2024). Contudo, a maioria das organizações ainda não possui ferramentas necessárias para explorar todo o potencial da inovação aberta e nem políticas direcionadas para que os projetos sejam liderados por mulheres e outras minorias.

## SETORES ONDE A INOVAÇÃO ABERTA TEM SIDO MAIS EFETIVA

A inovação aberta tem se mostrado eficaz em diversos setores, impulsionando a colaboração entre empresas, universidades, centros de pesquisa e a sociedade civil. Jugend e colaboradores (2020) realizaram uma revisão sistematizada da literatura identificando quatro dimensões gerais do apoio público à inovação: (i) *apoio financeiro às atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)*, destacando que as inovações mais radicais devem ser apoiadas por meio de subsídios, enquanto inovações incrementais devem ser apoiadas por meio de incentivos fiscais (RADAS *et al.*, 2015); Wanzenböck et al (2013) e Caloffi et al (2018) afirmam que o apoio público deva ser transferido para empresas menores e tecnologicamente especializadas com menos experiência, pois os projetos de P&D dessas empresas dependem mais do apoio governamental (CALOFFI *et al.*, 2018; WANZENBÖCK; SCHERNGELL; FISCHER, 2013). Além disso, Huergo *et al.* (2016) observou que a decisão das empresas de investir em P&D está significativamente ligada à dependência do Estado, porque muitas delas são induzidas a realizar atividades de P&D somente quando são concedidos incentivos fiscais (HUERGO; TRENADO; UBIERNA, 2016); (ii) *desenvolvimento por meio da inovação*: A inovação e o desenvolvimento tecnológico estão vinculados a três fatores principais: (1) a formação de recursos humanos qualificados; (2) a promoção da inovação em países em desenvolvimento; e (3) o apoio técnico e gerencial a novas

empresas de base tecnológica, como startups e spin-offs (AFCHA; GARCÍA-QUEVEDO, 2016; DUMONT, 2017; HUERGO; TRENADO; UBIERNA, 2016; VOKOUN, 2015); (iii) *apoio a programas setoriais*. O apoio público à inovação nos setores de tecnologia da informação, semicondutores e biotecnologia tem sido amplamente estudado (SHIN *et al.*, 2017; WANG *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2015). Mazzucato e Robinson (2018) também examinaram as interações entre os setores público e privado nos esforços de inovação da NASA. Além disso, questões relacionadas à mudança climática e à redução das emissões de CO<sub>2</sub> têm impulsionado políticas voltadas para a inovação tecnológica (SCHOT; STEINMUELLER, 2018; SEGARRA-BLASCO; JOVÉ-LLOPIS, 2019); (iv) *colaboração universidade-indústria-governo (tríplice hélice)*. O apoio público tem um papel crucial na colaboração entre universidades, indústria e governo, conhecido como a tríplice hélice, impulsionando a inovação (BODAS FREITAS; ARGOU MARQUES, 2013; DELEMARLE, 2014; DOH; KIM, 2014; GROTENBREG; VAN BUUREN, 2016; MARTÍN; HUERGO; BARAJAS, 2016).

Em países em desenvolvimento, o apoio governamental é essencial para o desenvolvimento da inovação, uma vez que esses mercados, ao contrário dos desenvolvidos, não possuem sistemas financeiros maduros (GOVINDARAJU; KK VIJAYARAGHAVAN; PANDIYAN, 2013; WANG; JIN; BANISTER, 2019). Colaborações com parceiros estrangeiros também são necessárias para acelerar a inovação, em vez de depender exclusivamente do ambiente local (YU; ZHANG; GAO, 2014). Nguyen *et al.* (2014) destacam a importância da formalização das empresas, permitindo que mais organizações acessem o apoio governamental para inovação (NGUYEN; VERREYNNE; STEEN, 2014). Spin-offs acadêmicas, formadas por empreendedores qualificados, são indicadas como um meio eficaz de promover a inovação em setores de alta tecnologia (ROJAS; HUERGO, 2016).

Estudos mostram que essa colaboração ajuda a superar falhas de mercado, como a falta de informação sobre os benefícios da cooperação e as capacidades dos parceiros (BODAS FREITAS; ARGOU MARQUES, 2013). Grotenbreg e van Buuren (2018) sugerem que governos locais podem atuar como facilitadores dessa interação, promovendo parcerias público-privadas (GROTENBREG; VAN BUUREN, 2018).

O setor de energia, dada sua importância para a infraestrutura, os impactos ambientais e os altos custos operacionais, tem recebido apoio significativo para fomentar a inovação (AVRIL *et al.*, 2012a; DU; LI, 2018). Particularmente, as energias renováveis têm se destacado pelo crescente suporte público, devido aos seus benefícios ambientais em comparação com as fontes tradicionais de energia, por exemplo, ressaltam a relevância de governos proativos na promoção da transição para uma economia de baixo carbono (AVRIL *et al.*, 2012b; URBAN; WANG; GEALL, 2018). Yi *et al.* (2019) reforçam que, embora a comercialização de tecnologias de baixo carbono seja fundamental, o foco do apoio público deve estar no desenvolvimento dessas tecnologias e na gestão de resíduos de baixo carbono.

Diversos estudos indicam que o governo deve apoiar o desenvolvimento de tecnologias renováveis, especialmente em suas fases iniciais, quando ainda são imaturas e exigem robustos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (CORSATEA, 2014; MCMANNERS, 2016).

No setor de biotecnologia, o governo da Coreia do Sul, tem incentivado as pequenas e médias empresas (PMEs) a colaborar com universidades, tanto local quanto internacionalmente, para promover atividades de pesquisa e desenvolvimento (KANG; PARK, 2012). Doh e Kim (2014) também observaram que o apoio financeiro para o desenvolvimento de tecnologias originais é facilitado por meio de redes entre PMEs e universidades (DOH; KIM, 2014).

Radicić *et al.* (2018) apontam que o suporte à inovação fomenta a cooperação com fontes externas de conhecimento, como universidades e centros de pesquisa públicos (RADICIC, 2019). Entretanto, Greco *et al.* (2017) alertam que colaborações excessivas entre esses agentes podem, por vezes, reduzir os resultados de inovação, devido ao excesso de pesquisa e cooperação (GRECO; GRIMALDI; CRICELLI, 2017).

Dessa maneira, a inovação aberta tem sido mais eficaz em setores como tecnologia da informação, biotecnologia e energia, impulsionada por colaborações entre empresas, governo e universidades, sendo o apoio governamental fundamental para o desenvolvimento de inovações, especialmente em mercados emergentes e áreas tecnológicas imaturas, promovendo parcerias estratégicas e o avanço de tecnologias sustentáveis.

## **DIVERSIDADE DE GÊNERO NA INOVAÇÃO DESENVOLVIDA NA ACADEMIA BRASILEIRA – A QUANTAS ESTAMOS?**

As mulheres cientistas estão à frente de investigações inovadoras em todo o mundo. No entanto, segundo o relatório da UNESCO (2015), apesar de suas descobertas notáveis, elas ainda constituem apenas 33,3% dos pesquisadores globalmente, e seu trabalho raramente recebe o reconhecimento merecido. Menos de 4% dos Prêmios Nobel em Ciências foram concedidos a mulheres, e apenas 11% dos cargos de pesquisa de alto nível na Europa são ocupados por elas (UNESCO, 2015; LOPES, 2022).

Recentemente, análise realizada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento em Pesquisa (CNPq) acerca da participação feminina na concessão de bolsas revelou que as mulheres conquistaram a maioria do número total de bolsas pagas pelo órgão em 2023 (51,58%). Porém, apesar de termos alcançado uma maioria feminina na disputa e concessão de fomento a projetos de pesquisa, ainda é notória a baixa participação feminina, tanto em bolsas de produtividade oferecidas pelo CNPq (35,83%) quanto em cargos de liderança em órgãos científicos e de fomento à pesquisa e inovação no Brasil (CNPq, 2023).

Da mesma forma, embora tenhamos uma pungente participação feminina em projetos de pesquisa, não há ainda estatísticas publicadas no Brasil sobre projetos de inovação submetidos e selecionados onde uma mulher seja a líder.

O IBGE divulgou em seu Censo 2022 que a taxa de mulheres em cargos com posição de liderança no Brasil é de 39.3%, apesar da população no país demonstrar que as mulheres são maioria (51.5 %).

Segundo levantamento da Associação Brasileira de Startups, realizado em 2020, as mulheres também ocupam uma pequena fatia de participação como CEOs de startups no país (do inglês *Chief Executive Officer* - Direção executiva), com apenas 26.9% na liderança dessas empresas. Em 2021, o cenário no mercado apontava que apenas 2% das 100 maiores startups do país possuíam mulheres entre os fundadores (FEMALE FOUNDERS REPORT, 2021). Em 2023, o censo realizado pela Liga Ventures, rede de inovação focada no ecossistema latino-americano indicou um ligeiro crescimento no número de startups brasileiras que tem ao menos uma mulher como sócia, correspondendo a 31% (LIGA VENTURES, 2024). Os índices indicam um movimento de mudança no quadro atual, ocasionado, sem dúvida, por movimentos realizados pelas mulheres para diminuir o machismo e assédios no ecossistema de inovação e aumentar a presença de mulheres na Ciência, Tecnologia e Inovação.

Esses resultados tendem a apresentar melhorias nos índices de participação feminina nos próximos anos, em semelhança ao movimento feminino por maior participação feminina na pesquisa científica no Brasil ocorrido desde o século passado, com a atuação de cientistas mulheres, como Bertha Lutz, que, além de ter se tornado referência como bióloga, fundou a Liga para a Emancipação Intelectual da Mulher (1919), a Federação Brasileira para o Progresso Feminino (1922) e a União Universitária Feminina (1929). Ao exercer o cargo de deputada federal, Bertha propôs mudança na legislação trabalhista pleiteando, além de igualdade salarial, a licença de três meses para a gestante e a redução da jornada de trabalho (MARQUES, 2020). O trabalho feito anteriormente pelas grandes precursoras da Ciência brasileira obteve resultados nítidos a partir de 2005. Este foi o primeiro ano em que as mulheres se destacaram como maioria na proporção de bolsas para mestrado e doutorado financiadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (CNPq, 2005).

Nos últimos anos, se observa um movimento de incentivo à participação de mulheres nos campos da inovação e tecnologia, uma vez que os dados apontam para a necessidade de se avançar na equidade de liderança nas áreas onde ainda há uma menor quantidade de grupos de pesquisa liderados por mulheres.

As pesquisadoras Oliveira, Mello e Rigolin (2020) evidenciaram em sua pesquisa que a liderança e participação femininas são minoritárias em grupos de pesquisa de Tecnologia da Informação em todas as regiões do Brasil, com o dobro do total dos grupos identificados apresentando liderança masculina, sendo o panorama ainda pior nas regiões Norte e Centro-Oeste, onde as mulheres líderes em grupos de pesquisa da área representam 25% e 21%, respectivamente.

Ainda é baixa também a quantidade de mulheres pesquisadoras que, oficialmente,

possuem sua participação reconhecida em projetos de inovação. Dados do relatório “*The global gender gap in innovation and creativity*”, publicado pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (Wipo), em 2020, apontam que não mais que 31% dos pedidos de patentes internacionais continham o nome de uma mulher na equipe de autores.

Os números indicam que mais investimentos e incentivo à qualificação e atuação de mulheres no ecossistema de inovação e na produção de inovação aberta nas universidades e institutos de pesquisas são indispensáveis para oportunizar a liderança e reconhecimento delas no desenvolvimento de soluções inovadoras em todas as áreas.

## **POLÍTICAS DE INCENTIVO À PARTICIPAÇÃO FEMININA EM INOVAÇÃO E EMPREENDEDORISMO NO BRASIL**

A incorporação do componente inovação nas políticas estratégicas de Ciência e Tecnologia se deu a partir do século XXI, quando, durante a II Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia, realizada em 2001, a temática foi introduzida nos debates. A partir de então, a incorporação da inovação nos nomes oficiais das políticas e setores de governo se tornou essencial e alavancou a fusão de conhecimento científico e tecnológico como propulsora de inovações para a sociedade (FERREIRA, 2018).

Mas somente em 2023, o Congresso Nacional brasileiro reconheceu a importância de estimular o empreendedorismo feminino e aprovou a Lei n.º 14.667, de 4 de setembro de 2023, que instituiu a Semana Nacional do Empreendedorismo Feminino no Brasil. A lei prevê a promoção de campanhas para a semana, que deve ser comemorada anualmente em novembro, em todo o território nacional, com o propósito de conscientizar a população brasileira sobre os desafios enfrentados pelas mulheres empreendedoras.

Em relação à inovação aberta, há um crescimento exponencial de editais de agências de fomento brasileiras que estimulam a relação entre instituições públicas de ensino e pesquisa com empresas para gerar soluções para desafios prementes, como a crise climática, desenvolvimento de tecnologias médicas para controle e tratamento de doenças complexas e geração de energia limpa, por exemplo.

Mais recente também ocorre, a partir de 2020, a publicação de editais cuja participação é exclusiva para mulheres cientistas desenvolverem projetos de inovação.

O Programa Mulheres Inovadoras foi um dos primeiros editais de fomento específico para mulheres empreendedoras da academia. Criado em 2020 pela Finep e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), o objetivo do programa é estimular startups lideradas por mulheres, de forma a contribuir para o aumento da representatividade feminina no cenário empreendedor nacional, por meio da capacitação e do reconhecimento de empreendimentos que possam favorecer o incremento da competitividade brasileira. Desde sua criação, o programa já proporcionou a aceleração de 113 startups inscritas com oferta de treinamento, mentoria individualizada, participação em banca com especialistas do mercado e premiação em dinheiro para 61 startups premiadas (FINEP, 2024).

As Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs) de Estados brasileiros do mesmo modo possuem editais específicos para participação de mulheres cientistas na produção de Ciência, Tecnologia e Inovação e desenvolvimento de negócios. À exemplo, as FAPs do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Sergipe possuem programas nesse sentido, assim como entidades como a ENAP e a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) que dispõem de programas para pré-aceleração, aceleração e incentivo financeiro para startups lideradas por mulheres.

Algumas universidades públicas no Brasil também procuram apoiar mulheres estudantes e professoras que tenham ideias ou modelos de negócios com base tecnológica ou que envolvam inovação. Em 2023, a Universidade Federal do Paraná (UFPR) lançou a 1ª semana do Empreendedorismo Feminino, contribuindo com o objetivo da lei nº 14.667 /2023, recém-criada. Na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), foi criado em 2024 o Adas Tech, programa de Empreendedorismo Tecnológico Feminino do Centro Regional de Inovação e Transferência de Tecnologia (Critt) que incentiva propostas direcionadas à solução de problemas identificados no mercado (UFJF, 2024).

Embora seja crescente o número de editais voltados à aceleração da participação de mulheres na inovação e empreendedorismo no Brasil, ainda não se sabe de nenhuma experiência nesse sentido no âmbito das instituições de pesquisa brasileiras. Ainda que o número de pesquisadoras tenha aumentado nestas instituições desde os concursos públicos realizados a partir da década de 2000 (CNPq – Diretório Grupos de Pesquisas, 2024), é ainda preponderante a figura masculina como principal investigador em um laboratório ou equipe de pesquisa.

A União Europeia, atenta à importância do estímulo à participação feminina na liderança de projetos que desenvolvem soluções inovadoras, implementou vários programas e estratégias de forma a incentivar que as instituições de pesquisa possuam mais mulheres na linha de frente, tais como os Programas “A Union that strives for more,” Horizon Europe e Women Tech EU (LESZEK, 2023).

Portanto, é inequívoco que o financiamento e o suporte institucional são fundamentais para que as políticas de equidade de gênero e políticas de inovação abraçadas por estas instituições possam ser realmente eficazes.

## **O FUTURO DA INOVAÇÃO ABERTA COM PROTAGONISMO FEMININO NO DESENVOLVIMENTO DE INOVAÇÕES E TECNOLOGIAS EMERGENTES - REFLEXÕES**

O ODS 5 (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável) preconizado pelas Organizações das Nações Unidas (ONU) baliza que devemos alcançar a igualdade de gênero na sociedade até 2030, onde temos como quinta meta a garantia da participação plena e efetiva das mulheres e a igualdade de oportunidades na liderança em todos os

níveis de tomada de decisão na vida política, econômica e pública.

Não obstante aos esforços da ONU e outras organizações internacionais em alertar para a desigualdade de gênero nas posições de decisão e poder, os obstáculos criados à participação feminina nas áreas de inovação e tecnologia mulheres empresárias também impactam na capacidade das empresas desenvolverem novos tipos de valor nas inovações geradas.

Vários são os autores que estudam a relação de gênero e impacto em inovação que concluem que mulheres e as minorias étnicas no nível de CEO em corporações podem facilitar a inovação devido à sua formação profissional e educacional específica (VAN DE WAL *et al.*, 2020; QUINTANA-GARCIA *et al.* 2022; ZWEIGENHAFT; DOMHOFF,2011).

Estudo realizado por Chen *et al.* (2018) observou que corporações com maior representação de mulheres diretoras investem mais em inovação e alcançam maior sucesso inovador, conforme demonstrado pelas contagens de patentes e citações em relação aos investimentos em inovação realizadas no estudo.

Os estudos realizados sobre o tema só reforçam que a igualdade de gênero alarga as visões de mundo e os pontos de vista no processo de inovação, incentivando o surgimento de novos conceitos e soluções que satisfazem as necessidades de todos os membros da sociedade, abrindo novas possibilidades de desenvolvimento social e econômico ao gerar novas empresas e oportunidades de geração de riqueza (ALAM; DEVI, 2020; VECKALNE, 2023).

Igualmente é importante o engajamento das mulheres como desenvolvedoras das novas tecnologias direcionadas à construção da Sociedade 5.0. É importante recordar que tecnologias consideradas emergentes no século XX e que foram disruptivas em vários setores de atividade humana, sobretudo na comunicação, possuem a participação feminina em sua concepção

Os computadores atualmente utilizados não seriam desenvolvidos se não houvesse a contribuição de Ada Lovelace. Muito antes do primeiro computador ser utilizado, Ada, uma matemática britânica, escreveu a documentação técnica sobre seu conceito de “Máquina Analítica”, que nunca foi concluído, mas tinha todos os componentes de um computador moderno. Ademais, seu artigo “Sketch of the Analytical Engine, with Notes from the Translator” tornou-se a inspiração para Alan Turing desenvolver o primeiro computador moderno na década de 1940, o qual foi aperfeiçoado na década de 1970 por Mary Wilkes. Wilkes projetou o primeiro computador pessoal interativo e escreveu o software do sistema, bem como o sistema operacional interativo. O mesmo destaque pode ser aplicado a Hedy Lamarr, americana que foi mais conhecida como atriz de Hollywood, mas que era inventora autodidata e criou a tecnologia base para uso da comunicação de dados por WiFi, GPS e Bluetooth. Ela criou um sistema de comunicação secreto, em parceria com George Antheil, para desviar os torpedos guiados por rádio durante a Segunda Guerra Mundial (BLAIR, 2018).

Nestas primeiras três décadas do século XXI, o que se observa é uma crescente no surgimento de novas tecnologias, principalmente relacionada à tecnologia da informação e comunicação, mas com panorama de protagonismo masculino que persiste. Estudo realizado por um time de cientistas indianos, homens e mulheres, que atuam na área de Ciências da Computação, e publicado em 2024 na revista *International Journal of Information Management*, investigou sobre a autoria de mulheres no desenvolvimento de soluções e pesquisas em inteligência artificial, mais especificamente em relação à inteligência artificial generativa. Eles identificaram que as autoras femininas representaram apenas 24,3% das publicações com um só único autor, em comparação com autores masculinos (67,5%). Em artigos de vários autores, a lacuna persistiu, com mulheres como primeiras autoras em 24,7% e últimas autoras em 25,2% das publicações, significativamente menor do que seus colegas masculinos que constam em 75,3% das publicações sobre o tema como primeiros autores e 74,9% como últimos autores. Esse desequilíbrio se estende a todos os tipos de publicação. Mulheres são minoria na autoria de artigos de pesquisa, artigos de conferência, cartas ao editor e editoriais (NEDUNGADI *et al.*, 2024).

Não só no desenvolvimento de novas tecnologias é imprescindível uma maior participação feminina, mas também na concepção de soluções em sustentabilidade, uma vez que a sustentabilidade é um tópico crítico na projeção da economia e condições de vida futuras. Combinar empreendedorismo feminino com a sustentabilidade resulta em desenvolvimento sustentável, uma vez que somos mais da metade da população mundial. Mulheres tendem a criar negócios com base em seu conhecimento, experiência, valor agregado, qualidade dos serviços oferecidos e seu impacto no meio ambiente. Ao contrário, os homens tendem a desenvolver negócios com base nos benefícios que poderiam ser obtidos. Esse fato é comprovado por estudos que concluíram que empresas com mais lideranças femininas também são mais voltadas para a sustentabilidade (TERJENSEN *et al.*, 2013; DE VITA, 2014; FERNÁNDEZ *et al.*, 2021).

Evidenciadas todas as vantagens do impulsionamento do empreendedorismo científico feminino, podemos deduzir que sem a participação feminina pujante não haverá cumprimento da Agenda 2030 ou quaisquer outras agendas voltadas ao alcance da igualdade social e sustentabilidade no planeta.

Em resumo, as inovações disruptivas que ainda estão por vir dependem da liderança de cientistas mulheres na coordenação de projetos de inovação aberta, as quais serão, por meio da sua capacidade de articulação, consciência da importância do estabelecimento de economia sustentável e da diminuição de desigualdades, as responsáveis pela próxima transição econômica-social planetária.

## REFERÊNCIAS

AFCHA, S.; GARCÍA-QUEVEDO, J. The impact of R&D subsidies on R&D employment composition. *Industrial and Corporate Change*, v. 25, n. 6, p. 955–975, 1 dez. 2016.

- AVRIL, S. et al. Photovoltaic energy policy: Financial estimation and performance comparison of the public support in five representative countries. **Energy Policy**, v. 51, p. 244–258, 2012a.
- AVRIL, S. et al. Photovoltaic energy policy: Financial estimation and performance comparison of the public support in five representative countries. **Energy Policy**, v. 51, p. 244–258, 2012b.
- BODAS FREITAS, I.; ARGOU MARQUES, R. University-Industry Collaboration and Innovation in Emergent and Mature Industries in New Industrialized Countries. **Research Policy**, v. 42, p. 443–453, out. 2013.
- BRASIL. **Ato da Mesa nº 228, de 14 de março de 2022**. Regulamenta a Resolução da Câmara dos Deputados nº 24, de 15 de julho de 2021, que institui o Prêmio Mulheres na Ciência Amélia Império Hamburger. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/int/atomes/2022/atodamesa-228-14-marco-2022-792376-publicacaooriginal-164760-cd-mesa.html>>. Acesso em: 9 out. 2024.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. **Resolução da Câmara dos Deputados nº 24, de 15 de julho de 2021**. Institui o Prêmio Mulheres na Ciência Amélia Império Hamburger, a ser concedido pela Câmara dos Deputados. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/rescad/2021/resolucaodacamaradosdeputados-24-15-julho-2021-791595-publicacaooriginal-163218-pl.html>>. Acesso em: 9 out. 2024.
- BRASIL. **Decreto nº 9.283, de 7 de fevereiro de 2018**. Regulamenta a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, e altera o Decreto nº 6.759, de 5 de fevereiro de 2009, para dispor sobre estímulos à inovação. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/D9283.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9283.htm)>. Acesso em: 9 out. 2024.
- BRASIL. **Lei Complementar nº 182, de 1º de junho de 2021**. Institui o marco legal das startups e do empreendedorismo inovador; e altera a Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, e a Lei Complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006. Diário Oficial da União, 2021; n. 103, p. 1.
- BRASIL. **Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016**. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=12/01/2016>>. Acesso em: 9 out. 2024.
- BRASIL. **Lei nº 14.667, de 4 de setembro de 2023**. Institui a Semana Nacional do Empreendedorismo Feminino no Brasil.
- BRASIL. Ministério da Economia. **Startup Point**. Disponível em: <<https://www.gov.br/economia/pt-br/ acesso-a-informacao/acoes-e-programas/startup-point>>. Acesso em: 9 out. 2024.
- CALOFFI, A. et al. A comparative evaluation of regional subsidies for collaborative and individual R&D in small and medium-sized enterprises. **Research Policy**, v. 47, n. 8, p. 1437–1447, 1 out. 2018.
- CASTILLO, V. et al. Knowledge Spillovers through Labour Mobility: An Employer–Employee Analysis. **The Journal of Development Studies**, v. 56, p. 1–20, out. 2019.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Percepção Pública da C&T no Brasil - 2019. Resumo executivo**. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Brasília, DF, 2019. 24 p. Disponível em: <<https://www.cgee.org.br/web/percepcao/home>>.

- CHEN, Jie; LEUNG, Woon Sau; EVANS, Kevin P. Female board representation, corporate innovation and firm performance. **Journal of Empirical Finance**, v. 48, p. 236–254, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2018.07.003>>.
- CORSATEA, T. Increasing synergies between institutions and technology developers: Lessons from marine energy. **Energy Policy**, v. 74, out. 2014.
- DE VITA, L.; MARI, M.; POGGESI, S. Women entrepreneurs in and from developing countries: Evidence from the literature. **European Management Journal**, v. 32, p. 451–460, 2014.
- DOH, S.; KIM, B. Government support for SME innovations in the regional industries: The case of government financial support program in South Korea. **Research Policy**, v. 43, n. 9, p. 1557–1569, 2014.
- DU, W.; LI, M. Government support and innovation for new energy firms in China. **Applied Economics**, v. 51, p. 1–10, out. 2018.
- DUMONT, M. Assessing the policy mix of public support to business R&D. **Research Policy**, v. 46, n. 10, p. 1851–1862, 2017.
- ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (ENAP). **Plataforma Desafios**. Disponível em: <<https://www.enap.gov.br/pt/servicos/plataforma-desafios>>. Acesso em: 9 out. 2024.
- GIMENES, I.; FREITAS, R. M.; ALVES, G. G.; PINTOR, A. V. B. Empreender para inovar: oportunidades para atuação na ciência. **Rio de Janeiro Dental Journal**, v. 6, p. 2–4, 2021.
- GOVINDARAJU, V. G. R. C.; KK VIJAYARAGHAVAN, GOPI KRISHNAN; PANDIYAN, V. Product and process innovation in Malaysian manufacturing: The role of government, organizational innovation and exports. **Innovation: Management, Policy & Practice**, v. 15, p. 52–68, out. 2013.
- GRECO, M.; GRIMALDI, M.; CRICELLI, L. Hitting the nail on the head: Exploring the relationship between public subsidies and open innovation efficiency. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 118, p. 213–225, out. 2017.
- GROTENBREG, S.; VAN BUUREN, A. Realizing innovative public waterworks: Aligning administrative capacities in collaborative innovation processes. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. S45–S55, 2018.
- HUERGO, E.; TRENADO, M.; UBIERNA, A. The impact of public support on firm propensity to engage in R&D: Spanish experience. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 113, p. 206–219, 1 dez. 2016.
- IBGE. **Indicadores sociais das mulheres no Brasil – 3ª edição**. 2024. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/genero/20163-estatisticas-de-genero-indicadores-sociais-das-mulheres-no-brasil.html>>.
- KANG, K.-N.; PARK, H. Influence of government R&D support and inter-firm collaborations on innovation in Korean biotechnology SMEs. **Technovation**, v. 32, out. 2012.
- LEE, S. M.; HWANG, T.; CHOI, D. Open innovation in the public sector of leading countries. **Management Decision**, v. 50, n. 1, p. 147–162, 2012.

LOPES, I. G. Elas na ciência. **Revista Blog do Profissão Biotec**, v. 9, 2022. Disponível em: <<https://profissaobiotec.com.br/elas-na-ciencia/>>. Acesso em: 20 ago. 2022.

MARQUES, Fabrício. Talentos em trânsito. **Pesquisa FAPESP**, 2008, n. 152, p. 30–35. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/talentos-em-transito/>>. Acesso em: 9 out. 2024.

MARQUES, Teresa Cristina de Novaes. **Bertha Lutz**: 2ª edição. Brasília: Edições Câmara, 2020.

MCMANNERS, P. Developing policy integrating sustainability: A case study into aviation. **Environmental Science & Policy**, v. 57, p. 86–92, out. 2016.

MOURÃO, Carolina Mota. **Gov.br/desafios: instrumentos jurídicos para inovação aberta**. Brasília: ENAP, Laboratório de Inovação em Governo, 2021. 45 p.: il. (Coleção Inovação na Prática). Disponível em: <<https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/17054/1/instrumentos%20jur%c3%addicos%20para%20inova%c3%a7%c3%a3o%20aberta%20-%20ebook.pdf>>. Acesso em: 9 out. 2024.

NEDUNGADI, P.; RAMESH, M.; GOVINDARAJU, V.; RAO, B.; BERBEGLIA, P.; RAMAN, R. Emerging leaders or persistent gaps? Generative AI research may foster women in STEM. **International Journal of Information Management**, v. 77, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102785>>.

NGUYEN, T.; VERREYNNE, M.-L.; STEEN, J. Drivers of firm formalization in Vietnam: an attention theory explanation. **Entrepreneurship and Regional Development**, v. 26, out. 2014.

OLIVEIRA, O.; ROQUE, T. (Orgs.). **Mulheres na Ciência. O que mudou e o que ainda precisamos mudar**. Rio de Janeiro: Oficina Raquel, 2024. 181 p.

PICCINETTI, L.; MATIAS, E. F. P. Sharing good practices on innovation: understanding selected European startups ecosystems to foster innovative entrepreneurship in Brazil. **Dialogues EU-Brazil** [Internet], 2020. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/>>.

QUINTANA-GARCÍA, C.; MARCHANTE-LARA, M.; BENAVIDES-CHICÓN, C. G. **Journal of Organizational Change Management**, v. 35, n. 8, p. 54–67, 2022. DOI: 10.1108/JOCM-05-2021-0137.

RIBEIRO, Jussara Ribeiro de; MELLO, Livia Coelho; RIGOLIN, Camila Carneiro Dias. Participação feminina na pesquisa sobre tecnologia da informação no Brasil: grupos de pesquisa e produção científica de teses e dissertações. **Cadernos Pagu**, n. 58, 2020. e205804. ISSN 1809-4449.

RIBEIRO, Renato Janine. Fuga de Cérebros e o futuro da nossa ciência. **Inovação & Desenvolvimento: A Revista da FACEPE**, 2022, v. 1, n. 8, p. 38–39.

RIDLEY, Matt. **How Innovation Works: And Why It Flourishes in Freedom**. Harper USA, 2020.

RIDLEY, Matt. **O otimista racional**. 4. ed. São Paulo: Record, 2014.

RIZARDI, Bruno Martins; SANTOS, Tomaz Vicente. **Inovação aberta na prática: como desenhar desafios públicos que geram soluções criativas para a atuação de governos**. Brasília: ENAP, Laboratório de Inovação em Governo, 2022. 86 p. (Coleção Inovação na Prática). ISBN 978-65-87791-06-7. Disponível em: <<https://trello.com/b/VHfrWxk3/desafios-20>>.

ADAS, S. et al. The effects of public support schemes on small and medium enterprises. **Technovation**, v. 38, p. 15–30, 2015.

- RADICIC, D. Effectiveness of public procurement of innovation versus supply-side innovation measures in manufacturing and service sectors. **Science and Public Policy**, v. 46, n. 5, p. 732–746, 1 out. 2019.
- RIBEIRO, R. J. Fuga de Cérebros e o futuro da nossa ciência. **Inovação & Desenvolvimento**, n. 1, p. 38–39, 2022.
- ROJAS, F.; HUERGO, E. Characteristics of entrepreneurs and public support for NTBFs. **Small Business Economics**, v. 47, out. 2016.
- SCHOT, J.; STEINMUELLER, W. E. Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. **Research Policy**, v. 47, n. 9, p. 1554–1567, 2018.
- SEGARRA-BLASCO, A.; JOVÉ-LLOPIS, E. Determinants of Energy Efficiency and Renewable Energy in European SMEs. **Economics of Energy & Environmental Policy**, v. 8, out. 2019.
- SHIN, K. et al. Factors Affecting the Survival of SMEs: A Study of Biotechnology Firms in South Korea. **Sustainability**, v. 9, p. 108, out. 2017.
- TERJESEN, S.; LEPOUTRE, J.; JUSTO, R.; BOSMA, N. 2009 **Report on Social Entrepreneurship, 2013**. Disponível em: <<http://www.gemconstorium.org/docs/2519/gem-2009-reporton-social-entrepreneurship>>.
- UFJF. **Notícias**. Disponível em: <<https://www2.ufjf.br/noticias/2024/04/24/adas-tech-inscricoes-para-programa-de-empreendedorismo-tecnologico-feminino-estao-abertas/>>.
- UFPR. **Edital nº 02/2023 – Programas e projetos edital de chamamento para evento – Semana do Empreendedorismo Feminino**. Disponível em: <<https://spin.ufpr.br/wp-content/uploads/2023/10/Edital-02.2023-Semana-do-Empreendedorismo-Feminino-projetos.pdf>>.
- URBAN, F.; WANG, Y.; GEALL, S. Prospects, Politics, and Practices of Solar Energy Innovation in China. **The Journal of Environment & Development**, v. 27, p. 74–98, out. 2018.
- VALDINÉIA BARRETO FERREIRA. **E-science e políticas públicas para ciência, tecnologia e inovação no Brasil**. Salvador: EDUFBA, 2018. 256 p.
- VAN DE WAL, N.; BOONE, C.; GILSING, V.; WALRAVE, B. CEO research orientation, organizational context, and innovation in the pharmaceutical industry. **R&D Management**, v. 50, n. 2, p. 239-254, 2020.
- VOKOUN, M. Innovation behaviour of firms in a small open economy: the case of the Czech manufacturing industry. **Empirica**, v. 43, out. 2015.
- WANG, L.; JIN, J. L.; BANISTER, D. Resources, state ownership and innovation capability: Evidence from Chinese automakers. **Creativity and Innovation Management**, v. 28, out. 2019.
- WANG, N. et al. The dual roles of the government in cloud computing assimilation: an empirical study in China. **Information Technology & People**, v. 32, out. 2018.
- WANZENBÖCK, I.; SCHERNGELL, T.; FISCHER, M. M. How do firm characteristics affect behavioural additionalities of public R&D subsidies? Evidence for the Austrian transport sector. **Technovation**, v. 33, n. 2–3, p. 66–77, 1 fev. 2013.

WU, C. H. et al. Lessons from the global financial crisis for the semiconductor industry. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 99, p. 47–53, 1 out. 2015.

ZWEIGENHAFT, R. L.; DOMHOFF, G. W. **The New CEOs: Women, African American, Latino, and Asian American Leaders of Fortune 500 Companies**. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers, 2011.

**FABRÍCIO MORAES DE ALMEIDA** - É Doutor em Física pela UFC (2005). Professor Associado 4 do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE/UFRO) e Líder do grupo de pesquisa GEITEC/UFRO. E para saber mais, acesse: <http://lattes.cnpq.br/5959143194142131>.

915,1 a 928 Mhz 34

## A

Accountability 1, 2, 3, 4, 8, 10, 11

Administración Pública 3

Alta Frequência/High Frequency (HF) 31

Amazonia Occidental 3

Artificial Intelligence 15, 26

## B

Bem-estar 27, 28, 29, 30, 35, 36, 37

Bibliotecas abertas NumPy 42

Biotecnologia 45, 69, 72, 80, 81

Biotensoativos 45, 46

Busca Tabu 40, 42

## C

ChatGPT 13, 14, 15, 16, 20, 21, 23, 25, 26

Compostos poliméricos e lipídios neutros 50

Content Creation, and Productivity 15

Court of Accounts 2, 5, 8, 11

CubeSat 40, 41, 43

## D

Direito, Engenharia e Medicina 25

## E

Extremely High Frequency (EHF) 31

## F

Fermentação 45, 56, 57, 67, 71, 72, 73

Fosfolipídios 50, 53, 54, 55, 73

## G

Gestión de Proyectos Públicos 3

Glicolipídios 50, 54, 55, 61, 64, 65

GPT-3, LaMDA e Bard 16

GRASP 40, 41, 42, 43

Greedy Randomized Algorithmic Search Procedure 41

**I**

Inference and interpretation 5

Inteligência Artificial 13, 14, 15, 25, 26, 86

**L**

Lipopeptídios 50, 51, 52, 55, 61, 64, 65

**M**

Matplotlib 42

Meta-heurística BRKGA 41, 42, 43

Microrganismos 45, 47, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 64, 68

**O**

Otimização Combinatória 40, 41

**P**

Programação Python 42

Prompts 14, 15, 16, 22, 25

Protocolos ISO 18000-6C e 18000-6B 34

Public administration 2, 4, 5, 8

Public Project Management 2

**R**

Radio-Frequency Identification 30

Rastreabilidade 27, 28, 29, 30, 33, 35, 36, 37

Responsabilidad 3

RFID technology 27, 28

**S**

Suinocultura 27, 28, 29, 36, 38, 39

Surfactantes 45, 46, 47, 48, 51, 57, 62, 63, 64, 68, 71

**T**

Tecnologia 11, 14, 16, 25, 26, 27, 29, 30, 32, 36, 37, 40, 69, 71, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90

**W**

Western Amazon 2, 5

# CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CATALISADORES DA INOVAÇÃO 2

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CATALISADORES DA INOVAÇÃO 2

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)