

INQUIDE

Chemical Engineering and Development

ISSN: 1390-9428
e-ISSN: 3028-8533
ISSN-L: 3028-8533

Vol. 8 / No. 2
July – December 2025



INQUIDE – Engenharia Química e Desenvolvimento

INQUIDE – Engenharia Química e Desenvolvimento * Volume 8 * Número 2 * Julho / Dezembro 2026.

Journal of Science and Technology, editado pela Faculdade de Engenharia Química da Universidade de Guayaquil (Guayaquil – Equador)

A investigação aplicada em engenharia, processos industriais, desenvolvimento sustentável e gestão tecnológica é divulgada, com Abordagem multidisciplinar no campo da engenharia.

Comité Ejecutivo:

Francisco Morán Peña, PhD, Universidade de Guayaquil, Equador. Reitor da Universidade de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0003-3655-6003>

Sofia Lovato Torres, PhD, Universidade de Guayaquil, Equador. Reitor Académico da Universidade de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0001-5831-8554>

Luz Elvira Vásquez Luna, PhD, Universidade de Guayaquil, Equador. Diretor de Investigação, Estudos de Pós-Graduação e Internacionalização, Universidade de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0001-8709-2072>

Amalin Ladayse Mayorga Albán, PhD, Universidade de Guayaquil, Equador. Coordenador de Investigação e Gestão do Conhecimento na Universidade de Guayaquil <https://orcid.org/0000-0002-3667-0888>

Sandra Ronquillo Castro, PhD, Universidade de Guayaquil, Equador. Reitor da Faculdade de Engenharia Química, Universidade de Guayaquil, Equador. <https://orcid.org/0000-0002-9048-8454>

Hugo Pérez Benítez, MSc. Universidade de Guayaquil, Equador. Vice-Reitor da Faculdade de Engenharia Química da Universidade de Guayaquil, Equador. <https://orcid.org/0000-0001-7460-4032>

Francisco Javier Duque-Aldaz, MSc. Universidade de Guayaquil, Equador. Editor-geral do Journal of Engineering and Chemical Development da Universidade de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0001-9533-1635>

Membro do Comité Científico Internacional

José Carmona Tapia, PhD, Universidade de Almería; Espanha. <https://orcid.org/0000-0001-9319-4382>

Raúl Alfredo Sánchez Ancajima, PhD, Universidade Nacional de Tumbes; Peru. <https://orcid.org/0000-0003-3341-7382>

Raúl Guinovart Díaz, PhD, Universidade de Havana, Cuba. <https://orcid.org/0000-0001-7702-6063>

Ricardo Sánchez Casanova, PhD, Universidade de Havana, Cuba. <https://orcid.org/0000-0001-5354-6873>

Félix Genaro Cabezas García; MSc. Mohawk College Hamilton, Ontário; Canadá. <https://orcid.org/0000-0003-3595-3584>

Fernando Raúl Rodríguez Flores, MSc Universidade de Havana, Cuba. <https://orcid.org/0009-0002-8275-7631>

Membro do Conselho Editorial

Armando Fabrizio López Vargas, PhD, Universidade Politécnica Salesiana; Equador. <https://orcid.org/0000-0001-6520-8011>

Patricio Javier Cáceres Costales, PhD. Escuela Superior Politécnica del Litoral; Equador. <https://orcid.org/0000-0002-4651-4387>

Aristides Reyes Bacardi; Mestrado em Ciências pela Universidade Estadual de Milagro; Equador. <https://orcid.org/0000-0002-3154-2000>

Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu; MSc. Universidade Técnica de Babahoyo; Equador. <https://orcid.org/0009-0003-1497-2273>

Genaro Eliceo Díaz Solís; MSc. Universidade Politécnica Salesiana; Equador. <https://orcid.org/0009-0003-3963-9039>

Ana Fabiola Terán Alvarado; MSc. Universidade Politécnica Salesiana; Equador. <https://orcid.org/0000-0002-4092-8001>

Luis Ángel Bucheli Carpio; MSc. Universidade Estatal de Milagro; Equador. <https://orcid.org/0000-0003-2277-603X>

Edwin Ronny Haymacaña Moreno; MSc. Instituto Superior Tecnológico Argos; Equador. <https://orcid.org/0000-0002-8708-3894>

William Efrén Villamagua Castillo; MSc. Universidade de Guayaquil; Equador. <https://orcid.org/0000-0002-1163-9606>

Editor-Geral

Francisco Javier Duque-Aldaz, MSc.

Editorial

Faculdade de Engenharia Química da Universidade de Guayaquil (Guayaquil – Equador)

Direitos de autor. INQUIDE – Engenharia Química e Desenvolvimento / 2025, Universidade de Guayaquil. É permitida a reprodução total ou parcial desta revista citando a fonte.



INQUIDE

*Ingeniería Química
y Desarrollo*

INQUIDE

Engenharia Química e Desenvolvimento

Volume 8 – Número 2

Julho – Dezembro de 2026

ISSN: 1390-9428 / e-ISSN: 3028-8533 7 / ISSN-L: 3028-8533

A administração do INQUIDE – Engenharia e Desenvolvimento Químico é realizada através dos seguintes parâmetros:

A revista utiliza o sistema acadêmico anti-plágio:



Os itens têm um código de identificação (Identificador Digital de Objeto)



O processo editorial é gerido através do Open Journal System



É uma publicação de Acesso Aberto com licença Creative Commons



Os artigos desta edição podem ser consultados em

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/index>

Faculdade de Engenharia Química

Universidade de Guayaquil

A INQUIDE – Engenharia e Desenvolvimento Químico está indexada nas seguintes

bases de dados e sistemas de informação:

Base de Dados Seletiva



Diretórios Seletivos.



Pesquisa de Literatura Científica de Acesso Aberto.



Plataformas de Avaliação de Revistas



Arquivos Seletivos de Jornais



Ferramenta de Métricas Web



Apresentação. -

Volume 8, Número 2 – INQUIDE: Engenharia Química e Desenvolvimento

Cara comunidade científica, autores e leitores do **INQUIDE**,

Como Diretor-Editor desta editora, é uma verdadeira honra e privilégio apresentar o Volume 8, Número 2 da nossa revista. No ecossistema científico contemporâneo, as fronteiras entre as disciplinas da ciência e da engenharia tornam-se cada vez mais dinâmicas e porosas. Mantendo a nossa rigorosa classificação de alto impacto no primeiro trimestre, esta edição da **INQUIDE** consolida-se como um espaço multidisciplinar de vanguarda, reunindo investigação que abrange desde a otimização de processos industriais até à gestão da saúde pública, transformação digital e desenvolvimento do talento humano.

O objetivo central desta edição é construir pontes entre a modelação matemática teórica, a engenharia aplicada e as ciências biológicas ou de gestão, oferecendo soluções quantificáveis e transferíveis para problemas latentes no ambiente global e regional.

Abaixo, apresento uma visita analítica aos sete manuscritos de grande rigor metodológico que compõem este volume:

Secção I: Fronteiras na Engenharia Química e Térmica

A otimização termo-hidráulica e a viabilidade técnica ocupam um papel central nos dois primeiros artigos desta edição, demonstrando como os modelos de simulação e design definem a fronteira da eficiência energética.

- **Projeto termo-hidráulico de um arrefecedor de ar de tiragem forçada com tubos com aletas para arrefecimento a metanol** Este trabalho apresenta um projeto meticuloso para o processamento em grande escala de metanol líquido (28 000 kg/h), alcançando mitigação de temperatura entre 90 °C e 45 °C. Com uma eficiência de aletas de 0,853 e um coeficiente global de transferência de calor de 280,95 W/m². K, a investigação valida a viabilidade do tiragem forçada sob condições de queda de pressão extremamente seguras (559,73 Pa), otimizando o consumo energético do motor para um valor eficiente de 7,21 kW.
- **Design termo-hidráulico de um permutador de calor duplo sem aletas para arrefecimento de sumo de tomate. Parte 1 - Permutador de Calor Sem Barbatanas** Em contraste construtivo com o manuscrito anterior, este artigo destaca-se pela sua transparência científica e pelo valor no design negativo (refutação técnica). Ao avaliar o arrefecimento do sumo de tomate (carga térmica de 951,77 kW), os autores demonstram matematicamente que a configuração *sem* aletas é inviável devido a uma queda drástica de pressão por

fricção (16,56 atm), excedendo os limites de funcionamento permitidos pelo processo (0,296 atm). O estudo também fornece uma valiosa análise de custos de capital estimada em 165.500 dólares, lançando as bases obrigatórias para a Parte 2 do redesenho da superfície estendida.

Secção II: Ciências da Saúde, Segurança Alimentar e Biosegurança

A preservação da saúde pública exige ferramentas analíticas precisas para monitorizar os riscos químicos e biológicos emergentes em produtos de consumo em massa em áreas urbanas de alta densidade.

- **Gestão de Riscos Sanitários em Água Engarrafada: Integração de Indicadores Físico-Químicos e Microbiológicos e Riscos para Cianobactérias em Guayas** Este estudo aborda um problema crítico de biossegurança em Guayaquil, mostrando que o cumprimento rigoroso dos parâmetros físicoquímicos padrão não é um escudo absoluto para a segurança. Utilizando filtração por membrana e ensaios enzimáticos, os autores detetaram eventos de contaminação por *E. coli* e condições nutricionais propícias à proliferação latente de cianobactérias (microcistinas), promovendo uma mudança de paradigma para modelos abrangentes de gestão epidemiológica do risco.
- **Avaliação do teor de tartrazina (E-102) em refrigerantes com sabor a laranja comercializados em Guayaquil por espectrofotometria UV-Visível** Utilizando uma metodologia analítica espectrofotométrica rigorosamente validada, esta investigação quantifica o aditivo sintético E-102 no mercado local. Os resultados estatísticos, validados pelo teste de Shapiro-Wilk, revelam uma variabilidade preocupante e revelam que certas marcas comerciais excedem o limite internacional permitido de 100 mg/L (atingindo médias de 134,85 mg/L), o que representa um apelo urgente para as agências de controlo técnico-sanitário.
- **Eficácia das dietas de emagrecimento à base de couve roxa em pessoas com obesidade da Fundação Cleotilde Guerrero O.** A partir das trincheiras das ciências aplicadas da nutrição e da saúde metabólica, este desenho quase experimental avalia o impacto clínico dos fitoquímicos e antioxidantes da couve-roxa. Os dados recolhidos mostraram reduções significativas no Índice de Massa Corporal (IMC) e na circunferência da cintura dos doentes avaliados, fornecendo evidências empíricas chave sobre a funcionalidade dos alimentos endémicos em terapias cardiovasculares e de apoio metabólico.

Secção III: Inovação Tecnológica e Competitividade Organizacional

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd>

Email: inquide@ug.edu.ec
francisco.duquea@ug.edu.ec

Por fim, o volume termina com duas abordagens analíticas no campo do desenvolvimento comercial, produtivo e de gestão de talento em mercados emergentes.

- **Utilização de inteligência artificial em microempresas comerciais na cidade de Guayaquil** A transformação digital é avaliada aqui de uma perspectiva empírica quantitativa no setor comercial da freguesia Pedro Carbo Concepción. Através de análise dimensional e escalas de fiabilidade (Alpha de Cronbach), a investigação demonstra que a percepção de benefícios e a otimização operacional mitigam as barreiras tradicionais à adoção da IA, identificando a formação direcionada como o catalisador final para a competitividade das microempresas.
- **Avaliação das Competências Comportamentais na Indústria Aquacultural Equatoriana: Análise Correlacional das Competências Interpessoais na Equipa Administrativa de Guayaquil** Com a aquicultura a ser um pilar macroeconómico para o Equador, este artigo analisa o componente humano por detrás dos registos de exportação. Com uma robustez estatística excecional (alfa global de Cronbach de 0,944), a análise avalia 88 perfis executivos em cinco dimensões comportamentais. Os resultados não só revelam uma elevada correlação positiva entre liderança, comunicação e resolução de problemas, como também demonstram equidade de género no desempenho das competências, informando o desenho de políticas inovadoras de desenvolvimento profissional corporativo.

Considerações Finais

Os artigos recolhidos nesta edição refletem a própria essência do INQUIDE: ciência com rigor que tem impacto direto no tecido social, tecnológico e industrial. Estamos profundamente gratos aos autores por confiarem as suas melhores produções científicas às nossas páginas, e ao corpo de revisores por pares pelo seu trabalho cego inestimável e exaustivo que sustenta a excelência do nosso selo editorial.

O Conselho Editorial convida a comunidade académica, profissional e estudantil a ler esta edição em detalhe, cujos artigos fornecem evidências científicas, análises técnicas e abordagens metodológicas que enriquecem o conhecimento em engenharia e ciências aplicadas. O conjunto de trabalhos publicados oferece contributos relevantes para investigação, prática profissional e tomada de decisão em contextos produtivos e de políticas públicas.

Da mesma forma, o INQUIDE – Engenharia Química e Desenvolvimento estende um convite permanente a investigadores nacionais e internacionais para submeter manuscritos originais para futuras edições. A revista mantém um compromisso firme com a qualidade editorial, o rigor do processo de revisão por pares cega e a disseminação aberta do conhecimento, destacando que não é cobrada qualquer taxa pelos processos de revisão ou publicação dos artigos, e reafirmando a sua projeção internacional como espaço

académico para a divulgação de investigação de alto impacto em engenharia química e desenvolvimento.

Atenciosamente,

Francisco Javier Duque-Aldaz.

Diretor - Editor

PERGUNTA.

Engenharia Química e Desenvolvimento

Ciência e Engenharia para o Progresso Multidisciplinar

ÍNDICE

Artigos Científicos.

- Design termo-hidráulico de um arrefecedor de ar de tiragem forçada com tubos com aletas para arrefecimento a metanol..... 9**
- Diseño térmico-hidráulico de un enfriador por aire de tiro forzado con tubos aleteados para el enfriamiento de metanol.
Amaury Pérez Sánchez; Arlette de la Caridad González Abad; Heily Victoria González; María Isabel La Rosa Veliz; Zamira María Sarduy Rodríguez; Lizthalía Jiménez Guerra
- Gestão de riscos sanitários em água engarrafada: integração de indicadores físico-químicos e microbiológicos e riscos causados por cianobactérias em Guayas..... 24**
- Gestión del riesgo sanitario en agua embotellada: integración de indicadores fisicoquímicos, microbiológicos y riesgos por cianobacterias en Guayas.
Fabiola Villa Sánchez; Antonio Escobar Machado; Edisson Lascano Mora; Tony Coloma Coloma; Hernan Villa Sánchez; Amy Merchán Mendoza
- Design termo-hidráulico de um permutador de calor duplo sem aletas para arrefecimento de sumo de tomate. Parte 1 - Permutador de Calor Sem Aletas 40**
- Diseño termohidráulico de un intercambiador de calor doble tubo sin aletas y aletas para refrigeración de zumo de tomate. Parte 1 - Intercambiador de calor sin aletas
Amaury Pérez Sánchez; Laura Thalía Álvarez Lores; Laura de la Caridad Arias Águila; Lizthalía Jiménez Guerra; Heily Victoria González; Arlette de la Caridad González Abad
- Avaliação do teor de tartrazina (E-102) em refrigerantes com sabor a laranja comercializados em Guayaquil por espectrofotometria UV-Visível..... 53**
- Evaluación del contenido de tartrazina (E-102) en bebidas refrescantes sabor naranja comercializadas en Guayaquil mediante espectrofotometría UV-Visible.
Stefanie Bonilla Bermeo; Carlos Valdiviezo Rogel; Luis Romero; Michael Rendón Morán
- Utilização de inteligência artificial em microempresas comerciais na cidade de Guayaquil..... 66**
- Uso de la inteligencia artificial en microempresas comerciales de la Ciudad de Guayaquil.
Francisco Javier Duque-Aldaz; Jorge Meza-Clark; Teresa Meza Clark; Leonardo Cuadrado-Sagñay; Edwin Haymacaña Moreno; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
- Eficácia das dietas de emagrecimento à base de couve roxa em pessoas com obesidade da Fundação Cleotilde Guerrero O..... 79**
- Efectividad de dietas adelgazantes a base de col morada en personas con obesidad de la Fundación Cleotilde Guerrero O.
Mirian Villavicencio Párraga; Marina Arteaga Peñafiel; Katherine Zavala Villavicencio; Alex Villao Villacrés; Arellys Sornoza Arteaga; Ricardo Quimis Mantuano

Avaliação das Competências Comportamentais na Indústria Aquacultural Equatoriana: Análise Correlacional das Competências Interpessoais no Pessoal Administrativo de Guayaquil.....	90
 Evaluación de competencias conductuales en la industria acuícola ecuatoriana: análisis correlacional de habilidades blandas en el personal administrativo de Guayaquil Jorge Meza-Clark; Teresa Meza- Clark; Francisco Javier Duque-Aldaz; Edwin Haymacaña Moreno; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu; Fernando Raúl Rodríguez-Flores	
Diretrizes para publicar na revista.....	113

Design termo-hidráulico de um arrefecedor de ar de tiragem forçada com tubos com aletas para arrefecimento a metanol.

Design termo-hidráulico de um arrefecedor de ar forçado com tubos com aletas para arrefecimento por metanol.

Amaury Pérez Sánchez ^{1*}; Arlette de la Caridad González Abad ²; Heily Victoria González ³, María Isabel La Rosa Veliz ⁴; Zamira María Sarduy Rodríguez ⁵; Lizthalía Jiménez Guerra ⁶

Recebido: 03/02/2026 – Aceite: 19/06/2026 – Publicado: 07/12/2026

Artigos de
Investigação

☒

Artigos de
Revisão

☐

Julgamentos

☐

* Autor
correspondente.



Esta obra está licenciada sob a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-PartilharIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0). Os autores mantêm os direitos sobre os seus artigos e são livres de partilhar, copiar, distribuir, apresentar e comunicar publicamente a obra, desde que seja dada a atribuição adequada, o uso seja não comercial e quaisquer obras derivadas estejam licenciadas sob os mesmos termos.

Resumo.

Os permutadores de calor arrefecidos a ar são um dos equipamentos mais eficientes e amplamente utilizados para troca de calor. Este artigo discute o design termo-hidráulico de um permutador de calor arrefecido a ar com tubos com aletas, com tiragem forçada, para arrefecer 28 000 kg/h de um fluxo de metanol líquido de 90 °C a 45 °C, utilizando uma metodologia de design bem conhecida. Foram determinados vários parâmetros importantes de projeto, como a taxa de fluxo de ar (55,44 kg/s), o número necessário de tubos (277), a largura do permutador de calor (2,78 m) e o coeficiente total de transferência de calor (280,95 W/m². K). A queda de pressão calculada do fluxo de metanol (559,73 Pa) estava abaixo do valor máximo permitido estabelecido pelo processo, enquanto a eficiência da aleta tinha um valor de 0,853, o que pode ser considerado adequado. A potência do motor do ventilador tinha um valor de 7,21 kW, e o arrefecedor de ar projetado pode ser usado satisfatoriamente para o serviço de troca de calor necessário, pois a razão de parâmetros entre a área projetada do ventilador e a área frontal é superior ao valor estabelecido pela metodologia de projeto.

Palavras-chave.

Arrefecimento a ar, potência do motor do ventilador, eficiência das aletas, queda de pressão, design termo-hidráulico.

Resumen.

Los intercambiadores de calor enfriados por aire son uno de los equipos más eficientes y ampliamente usados para el intercambio de calor. El presente artículo trata acerca del diseño térmico-hidráulico de un intercambiador de calor enfriado por aire de tiro forzado con tubos aleteados con el fin de enfriar 28 000 kg/h de una corriente de metanol líquido desde 90 °C hasta 45 °C usando una metodología de diseño bien conocida. Varios parámetros importantes de diseño fueron determinados tales como el caudal de aire (55,44 kg/s), el número requerido de tubos (277), el ancho del intercambiador de calor (2,78 m) y el coeficiente global de transferencia de calor (280,95 W/m².K). La caída de presión calculada de la corriente de metanol (559,73 Pa) estuvo por debajo del valor máximo permisible establecido por el proceso, mientras que la eficiencia de la aleta tuvo un valor de 0,853, el cual puede considerarse adecuado. La potencia del motor del ventilador tuvo un valor de 7,21 kW, y el enfriador por aire diseñado puede ser usado satisfactoriamente para el servicio de intercambio de calor requerido debido a que el parámetro relación entre el área proyectada del ventilador y el área frontal es superior que el valor establecido por la metodología de diseño.

Palabras clave.

Enfriador por aire, potencia del motor del ventilador, eficiencia de la aleta, caída de presión, diseño térmico-hidráulico.

1. Introdução

Uma das soluções mais comuns na indústria de permutadores de calor é a utilização de um permutador de calor arrefecido a ar (ACHE), que envolve a operação de arrefecimento a ar à temperatura ambiente. Os ACHEs (também conhecidos como arrefecedores de ar) são usados no sistema de arrefecimento e utilizam o ar ambiente como meio de arrefecimento. O ar é um recurso que pode ser obtido sem considerar o custo do ambiente circundante [1].

Os arrefecedores de ar são permutadores de calor compostos por um ou mais bancos de tubos com aletas que são usados para transferir calor de um jato quente para o ar atmosférico,

normalmente utilizando ventoinhas para promover o fluxo de ar. Considerando preocupações ambientais como potenciais dificuldades de escassez de água e regiões onde a água disponível requer tratamentos dispendiosos, os arrefecedores de ar podem ser uma opção importante em comparação com os arrefecedores convencionais [2].

O princípio de funcionamento de um ACHE é o seguinte: o fluido quente do processo entra numa das extremidades do ACHE e flui através dos tubos, enquanto o ar ambiente passa por cima e entre os tubos, que normalmente têm superfícies com aletas externas. O calor é transferido para o ar, que arrefece o fluido do processo, e o ar aquecido é descarregado para a atmosfera. Embora este seja um

¹ Universidade de Camagüey; Faculdade de Ciências Aplicadas; amaury.perez84@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0819-6760>, Camagüey, Cuba.

² Universidade de Camagüey; Faculdade de Ciências Aplicadas; arlette.delacaridad@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0000-0002-3193-0660>, Camagüey, Cuba.

³ Universidade de Camagüey; Faculdade de Ciências Aplicadas; heily.victoria@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0009-0007-9319-6506>, Camagüey, Cuba.

⁴ Universidade de Camagüey; Faculdade de Ciências Aplicadas; maria.rosa@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0000-0002-9517-6118>, Camagüey, Cuba.

⁵ Universidade de Camagüey; Faculdade de Ciências Aplicadas; zamira.sarduy@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0000-0003-1428-3809>, Camagüey, Cuba.

⁶ Universidade de Camagüey; Faculdade de Ciências Aplicadas; lizthalia.jimenez@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0000-0002-2471-7263>, Camagüey, Cuba.

conceito fundamentalmente simples, manter o desempenho ótimo do ACHE requer persistência por parte do utilizador final [3].

Entre os inúmeros benefícios importantes do arrefecedor de ar está a não necessidade de usar um segundo fluido de trabalho para conseguir a troca de calor (ou seja, não é necessário ter um meio de arrefecimento devido ao uso de ar); poupa custos energéticos e reduz as dimensões do permutador de calor; Não há corrosão de incrustação na superfície exterior do tubo [4], não há contaminação e um custo de manutenção mais baixo [1].

Preocupações ambientais como escassez de água, eliminação por expulsão e poluição térmica tendem a favorecer a ACE. Embora o custo de capital do ACHE seja geralmente elevado, o custo operacional é geralmente consideravelmente inferior ao exigido para um permutador de calor arrefecido a água [5].

As principais desvantagens associadas ao uso do ACHE são o seu desempenho a baixas temperaturas devido ao baixo coeficiente de transferência de calor do lado do ar, enquanto o seu desempenho é afetado pela temperatura ambiente, especialmente no verão [1].

Para colmatar estas desvantagens, uma solução amplamente sugerida para estes permutadores de calor é a utilização de superfícies estendidas ou aletas nos feixes de tubos de arrefecimento de ar, como barbatanas onduladas, aletas de fenda, aletas com persianas e aletas com geradores de vórtice [1], aletas planas e aletas serrilhadas [6]. O uso de aletas melhorou com relativamente sucesso o coeficiente de transferência de calor do lado do ar.

Os arrefecedores de ar são amplamente utilizados em energia, ar condicionado, refrigeração [6] e processos petroquímicos [1]. Atualmente, existem milhares destes permutadores em uso, realizando o arrefecimento e/ou condensação de fluidos que vão desde água na camisa do motor até vapor de processamento e alcatrão altamente viscoso [3].

Os ACHEs são classificados principalmente como *recrutamento forçado* ou *recrutamento induzido* [5]. O ACHE de tração forçada (Fig. 1) é o arrefecedor de ar mais económico e comum, onde os ventiladores axiais usados para forçar o ar através do feixe de tubos da deriva estão montados abaixo da viga, de modo que as secções mecânicas não estão expostas ao fluxo quente do ar de escape. Além disso, outra vantagem deste sistema é que proporciona acesso direto ao pacote para substituição. A ACHE induzida por puxão envolve ventoinhas axiais que puxam ar através do feixe de tubos da aleta, sendo a segunda configuração mais económica. Ao contrário da disposição anterior, os ventiladores estão localizados acima da viga, o que oferece maior controlo do fluido de processo e proteção da viga graças à estrutura adicional. As ventoinhas usadas em ACHEs são do tipo de fluxo axial [7].

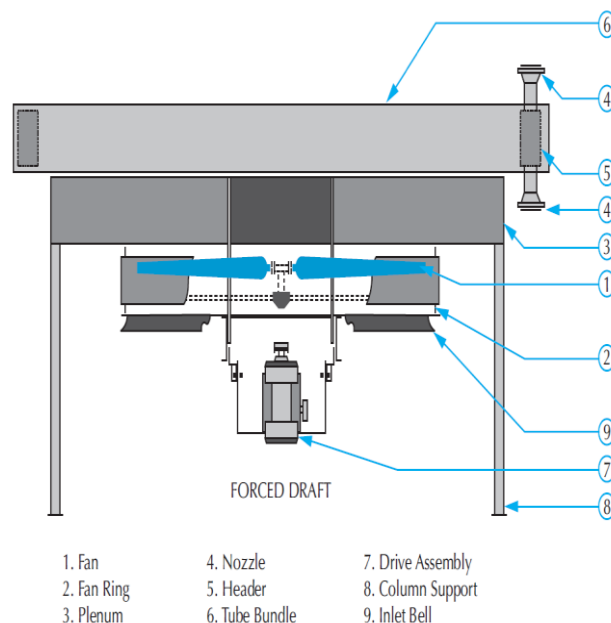


Fig. 1. Configuração de atenuação de ar forçada.
Fonte: Adaptado de [8]

As principais vantagens dos arrefecedores de ar de tiragem forçada são [8]:

1. Os requisitos de energia provavelmente serão menores se o ar residual estiver muito quente. (A potência varia inversamente com a temperatura absoluta.)
2. Melhor acesso a ventoinhas e rolamentos superiores para manutenção.
3. Melhor acessibilidade dos pacotes para substituir.
4. Permite temperaturas de entrada de processo mais elevadas.

Embora as suas principais desvantagens sejam:

1. Distribuição menos uniforme do ar sobre o feixe.
2. Maior probabilidade de recirculação de ar quente, resultando em baixa taxa de descarga do feixe, elevada taxa de admissão para o anel do ventilador e ausência de chaminé.
3. Baixa capacidade natural de estol devido a falha do ventilador.
4. Exposição completa dos tubos com aletas ao sol, chuva e granizo, resultando num controlo e estabilidade do processo deficientes.

A construção de um ou mais feixes de tubos, servidos por um ou mais ventiladores, completos com plenum, estrutura e dispositivos auxiliares, é chamada *de baía*. Ao lidar com altos caudais, é comum que a unidade seja dividida em vários vãos para facilitar o transporte e a construção. A Fig. 2 mostra algumas configurações de arrefecedores de ar. Geralmente, a base do design é usar duas baías de ventoinha [5].

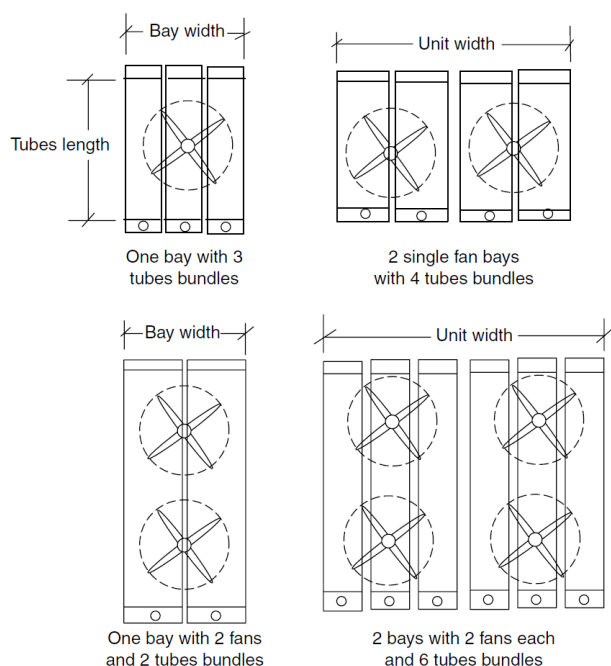


Fig. 2. Configurações de arrefecimento a ar.
Fonte: Adaptado de [7]

O núcleo do ACHE é o feixe de tubos. Um feixe de tubos é um conjunto de tubos, coletores, estruturas laterais e suportes tubulares. Normalmente, a superfície do tubo do lado do ar tem uma superfície estendida sob a forma de aletas helicoidais para compensar a baixa taxa de transferência de calor do ar sob condições atmosféricas e baixas velocidades. Como as pressões de processo do lado do tubo normalmente excedem 1 atm, o tubo ideal é geralmente redondo e pode ser feito de qualquer metal adequado ao fluido de processo, tendo em conta a sua corrosividade, pressão e temperatura [3].

Artigos publicados sobre o design e otimização de arrefecedores a ar baseiam-se em duas abordagens principais: métodos metaheurísticos e programação matemática [2].

O procedimento convencional de conceção dos ACHEs é semelhante ao utilizado nos permutadores de calor de casca e tubos. Seguindo as diretrizes de design, o primeiro passo da metodologia é encontrar um projeto preliminar para a unidade usando um coeficiente aproximado de transferência total de calor. Depois, através de uma falha de teste, o desenho inicial é modificado iterativamente para obter um desenho satisfatório que cumpra critérios específicos de tolerância. Embora este método possa ser usado de forma eficiente para avaliar unidades existentes ou para obter novos desenhos através de simulação, não é adequado para otimização, especialmente quando muitas variáveis de otimização devem ser consideradas.

Sem dúvida, a aplicação desta metodologia de design para otimização rigorosa de ACHEs pode ser laboriosa e demorada se forem tomadas decisões discretas (tipo de

regime de fluxo, tipo de tubo com aletas, número de filas de tubos, número de tubos por fila, número de passagens, aletas por unidade de comprimento e espessura média das aletas) e condições de funcionamento (velocidades, quedas de pressão, coeficiente total de transferência) são medidas como parâmetros de otimização [5].

Mais parâmetros são tidos em conta no design térmico dos ACHEs em comparação com os permutadores de casca e tubos. Os ACHEs são suscetíveis a uma grande diversidade de condições meteorológicas em constante mudança, causando problemas de controlo que não são encontrados nos permutadores de casca e tubos. Os projetistas devem encontrar um equilíbrio económico entre o custo da energia elétrica proveniente dos ventiladores e o investimento inicial de capital no equipamento. Deve ser tomada uma decisão sobre qual a temperatura do ar ambiente a usar para o design. O fluxo de ar e a temperatura do escape são inicialmente desconhecidos e podem ser variados na fase de projeto, variando o número de filas de tubos e, assim, modificando a superfície da face [8].

Existem vários estudos em que um permutador de calor arrefecido a ar é projetado ou avaliado. Neste sentido, [4] analisou a eficiência de diferentes tipos de aletas e o uso de inserções tubulares, bem como as alterações nos coeficientes de transferência de calor do ar e do gás natural, dependendo das alterações nos tipos de aletas e insertos tubulares, e na sua geometria, para um permutador de calor arrefecido a ar forçado. Para isso, foi utilizado o software de aplicação Xchanger Suite.

Além disso, [9] propôs uma abordagem de modelação para arrefecedores de ar em centrais solares concentradas, bem como um algoritmo baseado em otimização para definir o funcionamento ótimo das unidades embutidas e o seu agendamento ótimo de limpeza.

Da mesma forma, [10] investigou a utilização da análise de sensibilidade global (GSA) e do algoritmo de pesquisa de harmonia (HS) para a otimização do design de permutadores de calor arrefecidos a ar, do ponto de vista económico. Neste estudo, foi realizado o GSA para estudar a influência dos parâmetros de projeto e identificar parâmetros não influentes, de modo a reduzir o tamanho do problema de otimização. A HS é então aplicada para otimizar os parâmetros de influência.

Outros autores [11] estabeleceram um modelo tridimensional simplificado para simular um campo de fluxo de temperatura de um tubo com aletas num arrefecedor de ar seco, baseado no software Fluent, enquanto estudavam também o efeito de arrefecimento do equipamento no gás natural a altas temperaturas e altas pressões na saída do compressor. Neste estudo, comparando e analisando as relações entre o fluxo de massa do gás natural, a temperatura do ar de entrada, a temperatura do gás natural de entrada e a temperatura do gás natural de saída para um arrefecedor de ar, a fórmula de queda de

temperatura do arrefecedor de ar seco é ajustada em relação ao gás natural. e a fórmula de ajuste é verificada por dados de operações de campo.

De forma semelhante, [6] propôs uma estratégia usando algoritmo genético multiobjetivo combinado com a superfície de resposta de Kriging para um design ótimo de tubo corrugado num arrefecedor de ar, considerando o fator mínimo de perda de pressão, o fator máximo de transferência de calor e o fator de desempenho global.

Carvalho et al. [2] apresentaram a otimização dos arrefecedores de ar tendo em conta o desempenho dos ventiladores, onde a seleção do ventilador é uma variável de projeto e o fluxo de ar correspondente resulta de um balanço mecânico de energia. Esta abordagem permitiu uma solução precisa, representada pelo feixe e baias do tubo do arrefecedor de ar, bem como pelos ventiladores, sem necessidade de qualquer procedimento de arredondamento para identificar um ventilador adequado a aplicar após a otimização, como é implicitamente usado em todas as abordagens anteriores.

Foi desenvolvido e validado experimentalmente um procedimento de conceção para um arrefecedor a gás tubular com aletas e dióxido de carbono (CO₂). Com o foco nas características de transferência de calor do lado do ar, o modelo desenvolvido foi corroborado por uma configuração experimental que utilizava água como fluido de trabalho. Foram realizadas investigações sobre os efeitos da frequência do ventilador, temperatura de entrada de água e fluxo massivo de água no coeficiente total de transferência de calor, enquanto desvios foram extraídos entre o modelo e os resultados dos testes com base na frequência do ventilador.

Em [13], foi descrita a modelação matemática de um arrefecedor a gás CO₂ arrefecido a ar com tubos com aletas, utilizando um método distribuído, onde foram usadas as correlações atualizadas dos coeficientes de transferência de calor e das quedas de pressão tanto para o refrigerante como para o lado do ar. Foi também proposto um método eficiente para resolver a simulação. O modelo foi validado com resultados de testes da literatura publicada e depois utilizado para explorar o potencial de projetos melhorados de arrefecedores a gás que alcançassem a temperatura mínima de aproximação e a máxima eficiência operacional do sistema.

Manassaldi et al. [5] apresentaram um modelo matemático disjuntivo para o design ótimo de permutadores de calor arrefecidos a ar. O modelo envolveu sete decisões discretas relacionadas com a seleção do tipo de tubo com aletas, número de filas de tubos, número de tubos por fila, número de passagens, aletas por unidade de comprimento, espessura média das aletas e tipo de regime de fluxo. Cada decisão discreta foi modelada usando disjunções, variáveis booleanas e proposições lógicas, enquanto as principais decisões contínuas são: diâmetro do ventilador, largura do

feixe, comprimento do tubo, quedas de pressão e velocidades em ambos os lados do ACHE, área de transferência de calor e consumo de energia do ventilador.

Hu et al. [14] selecionaram e validaram um modelo de simulação usando dados de experiências, e depois investigaram o desempenho da transferência de calor e fatores que influenciam os arrefecedores de ar de CO₂.

Num estudo recente, [1] sugeriu a quantidade ótima de água pulverizada no sistema para resolver simultaneamente o baixo desempenho de arrefecimento dos ACHEs e o problema da corrosão do equipamento. A quantidade ótima de água pulverizada foi obtida com os resultados experimentais desenvolvidos e o modelo CFD, onde o modelo CFD calculou o efeito de arrefecimento e a razão de evaporação da água de acordo com a temperatura do ar ambiente e a quantidade de água pulverizada. Como resultado, foi apresentada a quantidade ótima de spray de água capaz de resolver problemas de desempenho em arrefecimento e corrosão ao mesmo tempo, e foi aplicado um sistema de névoa de água a processos comerciais.

Em [15] foi apresentada uma análise numérica da solidificação localizada dentro de um permutador de calor arrefecido a ar, utilizando sal fundido, empregando um solucionador newtoniano baseado em pressão tridimensional juntamente com um modelo de k-turbulência realizável e uma abordagem de entalpia-porosidade. Neste estudo, foram estabelecidos os limites de funcionamento do fluido de trabalho (ar) que desencadeiam a solidificação dentro do feixe de tubos do permutador de calor arrefecido a ar com sal fundido. Foi utilizado um método em dois passos, envolvendo análises em regime estacionário e transitório, para avaliar o efeito da temperatura de entrada de ar, pressão, velocidade do ar e temperaturas iniciais do sal fundido na temperatura de saída, coeficiente total de transferência de calor e eficácia.

Em [16] foi realizado um estudo teórico sobre o desempenho de um arrefecedor de ar para orientar o design ótimo de um arrefecedor de ar. O modelo de parâmetros distribuídos do arrefecedor de ar foi inicialmente estabelecido juntamente com alguns submodelos que calculavam os parâmetros estruturais, propriedades físicas do ar húmido, coeficiente de transferência de calor e resistência do fluxo do lado do refrigerante e do lado do ar. Os modelos propostos foram então integrados para calcular o desempenho do arrefecedor de ar sob o efeito de diferentes parâmetros estruturais, como espaçamento das aletas, espessura das aletas, espaçamento dos tubos, diâmetro exterior do tubo e materiais dos tubos das aletas.

Finalmente, em [17] foi apresentada uma nova abordagem ao design globalmente ótimo de arrefecedores de ar. Primeiro, ao acoplar as opções geométricas do sumidouro de ar com ventoinhas comerciais, eliminou-se a tradicional incompatibilidade que surgia ao desenhar primeiro o sumidouro e depois escolher uma ventoinha comercial. Em

segundo lugar, o método afastou-se dos métodos tradicionais LMTD e ε -NTU, adotando um modelo composto por um sistema diferencial algébrico de equações (sistema DAE) para a simulação do arrefecedor de ar, que foi discretizado para considerar propriedades variáveis com a temperatura. O problema resultante de otimização foi resolvido usando Set Trimming e Smart Enumeration, que podem identificar o ótimo global simulando apenas uma pequena fração do espaço de pesquisa.

O livro escrito por [18] expôs as vantagens e desvantagens dos ACHEs, explicou e ilustrou o que são os ACHEs, discutiu o design térmico dos ACHEs bem como a otimização do design térmico, e examinou várias aplicações especiais deste equipamento.

Numa dada fábrica de processamento químico, um jato de metanol líquido deve ser arrefecido de 90 °C a 45 °C, e é proposto um arrefecedor de ar de tiragem forçada para este fim devido à escassez de abastecimento de água e à disponibilidade de espaço. Neste contexto, o presente trabalho trata do design termo-hidráulico de um permutador de calor refrigerado a ar com tubos com aletas, utilizando uma metodologia de cálculo bem conhecida, onde são determinados vários parâmetros importantes de projeto, como a relação entre a área projetada do ventilador e a superfície frontal da baía, o coeficiente total de transferência de calor, o fluxo de ar, a queda de pressão de ambos os fluxos e a potência do driver do ventilador, entre outros.

2. Materiais e métodos.

2.1. Definição do problema de concepção.

Queremos conceber um arrefecedor de ar de tiragem forçada para arrefecer 28.000 kg/h de um fluxo de metanol entre 90 °C e 45 °C, usando ar a uma temperatura de entrada de 25 °C e uma pressão de 1 atm. Os diâmetros interno e externo dos tubos são 20,5 mm e 25,4 mm, respetivamente, estando equipados com aletas de alumínio de 15 mm de altura, 0,380 mm de espessura e 394 aletas por metro. O comprimento máximo permitido do tubo é de 6 m. A disposição dos tubos terá um padrão triangular com um passo de 60,32 mm. A queda máxima de pressão permitida para metanol é de 800 Pa, e para este fluido deve ser usada uma resistência interna de incrustação de 0,0003 K.m²/W. Finalmente, o valor do parâmetro é 52,23 mm (Fig. 3), enquanto serão usados dois ventiladores com diâmetro de 1,8 m. De acordo com a metodologia de cálculo de projeto [7], a razão entre a área projetada do ventilador e a área da face da baía (ou seja, o parâmetro) deve ser pelo menos 40% para ter uma distribuição uniforme, e essa será a restrição selecionada neste estudo para projetar o arrefecedor de ar de tiragem forçada. $S_F \phi$

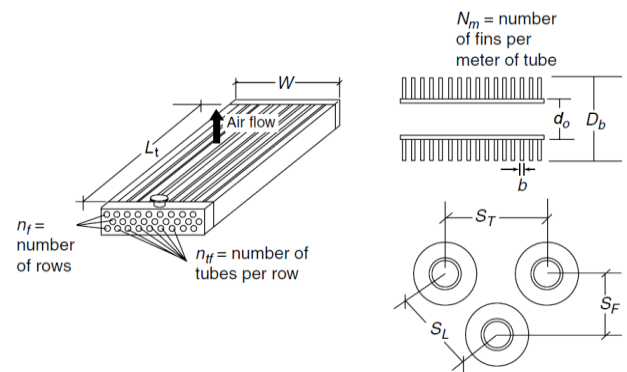


Fig. 3. Nomenclatura do arrefecimento a ar.
Fonte: Adaptado de [7].

2.2. Metodologia de concepção.

Para projetar o arrefecedor de ar de tiragem forçada, foram usadas várias correlações, tabelas e dados publicados principalmente em [7,8,19], onde o projeto preliminar é primeiro feito e depois o projeto detalhado é feito para determinar a relação entre a área projetada do ventilador e a área frontal da baía, que deve ser superior a 40%. Da mesma forma, são determinados vários parâmetros importantes, como o calor transferido, o fluxo massivo de ar necessário, a eficiência das aletas, o coeficiente total de transferência de calor e a queda de pressão para ambos os fluidos, entre outros. Finalmente, a potência do controlador de ventoinha é calculada.

2.3. Projeto preliminar

Passo 1. Definição dos dados iniciais disponíveis:

- Caudal mássico de metanol ($\dot{m}_h$)
- Temperatura de entrada do metanol (T_1)
- Temperatura de saída do metanol (T_2)
- Temperatura de entrada de ar (T_1)
- Pressão do ar (P_a)
- Diâmetro interior dos tubos (d_i)
- Diâmetro exterior dos tubos (d_o)
- Espessura da barbatana (b)
- Altura da barbatana (H_f)
- Afinação a válvulas (S_L)
- Parâmetro S_F
- Número de aletas por metro de tubo (N_m)
- Comprimento do tubo (L_t)
- Queda máxima de pressão permitida para metanol [$\Delta p_{(m)h}$]
- Resistência da Escala para Metanol (R_h)
- Condutividade térmica do alumínio (k_f)
- Número de adeptos (n_F)
- Diâmetro de uma ventoinha (D_F)

Passo 2. Temperatura média do metanol ($\bar{T}$)

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (1)$$

Passo 3. Definição das propriedades físicas do metanol (à temperatura média determinada no passo anterior) e do ar (à temperatura de entrada):

A Tabela 1 apresenta as propriedades físicas que devem ser definidas tanto para o metanol como para o fluxo de ar. As propriedades físicas do metanol são definidas à temperatura média determinada no passo anterior (T_m), enquanto para o ar são definidas à temperatura de entrada (25°C). $\bar{T}$

Tabela 1. Propriedades físicas a definir para ambos os fluxos.

Propriedade	Metanol	Aéreo	Unidades
Densidade	ρ_h	-	kg/m ³
Viscosidade	μ_h	μ_c	Pa.s
Condutividade Térmica	k_h	k_c	W/m.K
Capacidade calorífica	Cp_h	Cp_c	J/Kg.K

1A densidade do ar será calculada numa etapa posterior.

Fonte: Explicação própria.

Passo 4. Transferência térmica (Q):

Utilização de dados de jato quente (metanol):

$$Q = \frac{m_h}{3,600} \cdot Cp_h \cdot (T_1 - T_2) \quad (2)$$

Passo 5. Suposição do coeficiente global de transferência de calor (U^a):

Deve-se assumir um valor para o coeficiente global de transferência de calor, tendo em conta os valores sugeridos por [7] dependendo da aplicação da troca de calor.

Passo 6. Parâmetro Z :

$$Z = \frac{(T_1 - T_2)}{(T_1 - t_1)} \quad (3)$$

Passo 7. Selecionando o número de filas de tubos (n_f) e a velocidade da face (v_f):

As linhas de tubos e a velocidade da face devem ser selecionadas de acordo com o valor calculado do parâmetro, usando os valores da Tabela 2.Z

Tabela 2. Recomendações de design baseadas em parâmetros.Z

Parâmetro Z	Número de filas de tubos (n_f)	Velocidade Facial (v_f) [m/s]
0.4	4	3.3
0.5	5	3
0.6	6	2.8
0.8-1	8-10	2-2.4

Fonte: Adaptado de [8].

Passo 8. Suposição da temperatura de saída de ar (t_2):

Passo 9. Fluxo de Massa Preliminar de Ar (m_c):

$$m_c = \frac{Q}{Cp_c \cdot (t_2 - t_1)} \quad (4)$$

Passo 10. Densidade da entrada de ar (ρ_c):

$$\rho_c = \frac{M_c \cdot P_a}{R \cdot t_1} \quad (5)$$

Onde $M_c = 29$ kg/kmol; $P_a = 1$ caixa multibanco; $R = 0,082 M_c P_a R^{\text{atm.m.m.}^3/\text{kmol.K}}$; $y = 298$ K. t_1

Passo 11. Área da face para obter o valor da velocidade facial (a_v):

$$a_v = \frac{m_c}{v_f \cdot \rho_c} \quad (6)$$

Passo 12. Largura do permutador de calor (W^a):

$$W^a = \frac{v}{L_t} \quad (7)$$

Passo 13. Diferença média de temperatura logarítmica ($LMTD$):

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad (8)$$

Passo 14. Área de Transferência de Calor (A):

$$A = \frac{Q}{U^a \cdot LMTD} \quad (9)$$

Passo 15. Número necessário de tubos (N):

$$N = \frac{A}{\pi \cdot d_0 \cdot L_t} \quad (10)$$

Onde ocorre em metros. d_0

Passo 16. Número de tubos por linha (n_{tf}):

$$n_{tf} = \frac{N}{n_f} \quad (11)$$

Passo 17. Parâmetro S_T :

Passo 18. Largura calculada do permutador de calor (W^c):

$$W^c = S_T \cdot n_{tf} \quad (12)$$

Passo 19. Verificação do valor de calculada no passo 12 com o valor de determinado no passo anterior. $W^a W^c$

Se o valor da largura calculada do permutador de calor (W^c) difere do valor de W^a , o valor de W^c e os parâmetros fluxo de ar, temperatura de saída de ar, e corrigido considerando o resultado de pelas seguintes equações: $W^c W^a W^c LMTD W^c$

Caudal de ar (m_c):

$$m_c = v_f \cdot \rho_c \cdot W^c \cdot L_t \quad (13)$$

Temperatura da saída de ar (t_2):

$$t_2 = t_1 + \frac{Q}{m_c \cdot CP_c} \quad (14)$$

Diferença média de temperatura logarítmica corrigida
():LMTD

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad (8)$$

Passo 20. Compilação e definição dos parâmetros de projeto determinadas no desenho preliminar.

Os seguintes parâmetros de concepção para o processo de troca de calor devem ser compilados e definidos:

- Número necessário de tubos (): N
- Número de tubos por fila (): n_{tf}
- Número de filas de tubos (): n_f
- Largura calculada do permutador de calor (): W^c
- Fluxo de ar (): m_c
- Temperatura da saída de ar (): t_2
- Diferença média de temperatura logarítmica ():LMTD

2.4. Design detalhado

Passo 21. Adoção do número de passagens para o fluido quente (): n

Passo 22. Parâmetros e :RS

$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)} \quad (15)$$

$$S = \frac{(t_2 - t_1)}{(T_1 - t_1)} \quad (16)$$

Passo 23. Parâmetro : P_X

$$P_X = \frac{1 - \left(\frac{R \cdot S - 1}{S - 1}\right)^{1/N_S}}{R - \left(\frac{R \cdot S - 1}{S - 1}\right)^{1/N_S}} \quad (17)$$

onde é o número de passagens de projéteis, e é igual a 1 para esta abordagem de design. N_S

Passo 24. Fator de correção ():LMTDF_t

$$F_t = \frac{\sqrt{R^2 + 1}}{R - 1} \cdot \frac{\ln \left[\frac{(1 - P_X)}{(1 - R \cdot P_X)} \right]}{\ln \left[\frac{\left(\frac{2}{P_X}\right) - 1 - R + \sqrt{R^2 + 1}}{\left(\frac{2}{P_X}\right) - 1 - R - \sqrt{R^2 + 1}} \right]} \quad (18)$$

Se R = 1, devem ser usadas as seguintes equações:

$$P_X = \frac{S}{(N_S - N_S \cdot S + S)} \quad (18a)$$

Depois:

$$F_t = \frac{\frac{P_X \cdot \sqrt{R^2 + 1}}{1 - P_X}}{\ln \left[\frac{\left(\frac{2}{P_X}\right) - 1 - R + \sqrt{R^2 + 1}}{\left(\frac{2}{P_X}\right) - 1 - R - \sqrt{R^2 + 1}} \right]} \quad (18b)$$

Passo 25. Diferença média de temperatura efetiva (): ΔT
 $\Delta T = LMTD \cdot F_t$ (19)

Passo 26. Área de fluxo para fluido do lado do tubo (): a_t

$$a_t = \frac{N \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_i^2}{4}\right)}{n} \quad (20)$$

Passo 27. Velocidade do metanol nos tubos (): v_t

$$v_t = \frac{\frac{m_h}{3600}}{\rho_h \cdot a_t} \quad (21)$$

Onde m_h é dado em kg/h.

Passo 28. Número de metanol de Reynolds (): Re_h

$$Re_h = \frac{d_i \cdot v_t \cdot \rho_h}{\mu_h} \quad (22)$$

Passo 29. Número de Metanol (): Pr_h

$$Pr_h = \frac{Cp_h \cdot \mu_h}{k_h} \quad (23)$$

Passo 30. Coeficiente interno do filme para metanol (): h_i

- Para o regime laminar (< 2.100): Re_h

$$h_i = 1.86 \cdot \left(\frac{k_h}{d_i}\right) \cdot \left[Re_h \cdot Pr_h \cdot \left(\frac{d_i}{L_t}\right) \right]^{0.33} \quad (24)$$

- Para o regime de transição ($2.100 - 10.000 \leq Re_h \leq$)

$$h_i = 0.116 \cdot Cp_h \cdot \rho_h \cdot v_t \cdot \left(\frac{Re_h^{0.66} - 125}{Re_h} \right) \cdot \left[1 + \left(\frac{d_i}{L_t} \right)^{0.66} \right] \cdot Pr_h^{-0.66} \quad (25)$$

- Para regime turbulento ($Re_h > 10.000$):

$$h_i = 0.023 \cdot \left(\frac{k_h}{d_i}\right) \cdot Re_h^{0.8} \cdot Pr_h^{0.33} \quad (26)$$

Passo 31. O coeficiente interno do filme referia-se à área externa (): h_{i0}

$$h_{i0} = h_i \cdot \frac{d_i}{d_0} \quad (27)$$

Passo 32. Superfície lisa do tubo por metro de tubo (): A_0

$$A_0 = \pi \cdot d_0 \quad (28)$$

Onde ocorre em metros. d_0

Passo 33. Superfície nua do tubo por metro de tubo (): A_D

$$A_D = A_0 \cdot (1 - b \cdot N_m) \quad (29)$$

Onde ocorre em metros. b

Passo 34. Diâmetro da Aleta: D_b

$$D_b = d_0 + 2 \cdot H_f \quad (30)$$

Onde e são dados em metros $H_f d_0$

Passo 35. Superfície da barbatana (A_f)

$$A_f = \frac{\pi \cdot 2 \cdot N_m \cdot (D_b^2 - d_0^2)}{4} \quad (31)$$

Onde todos os diâmetros são dados em metros.

Passo 36. Perímetro projetado (P_p)

$$P_p = 2 \cdot (D_b - d_0) \cdot N_m + 2 \cdot (1 - b \cdot N_m) \quad (32)$$

Onde todos os diâmetros e são dados em metros. b

Passo 37. Diâmetro equivalente (D_{eq})

$$D_{eq} = \frac{2 \cdot (A_f + A_D)}{\pi \cdot P_p} \quad (33)$$

Passo 38. Área de Fluxo de Ar (a_s)

$$a_s = W^c \cdot L_t - n_{tf} \cdot L_t \cdot [d_0 + N_m \cdot (D_b - d_0) \cdot b] \quad (34)$$

Onde todos os diâmetros e são dados em metros. b

Passo 39. Número de Reynolds para o ar (Re_c)

$$Re_c = \frac{D_{eq} \cdot m_c}{a_s \cdot \mu_c} \quad (35)$$

Passo 40. Parâmetro j

$$j = 0.0959 \cdot (Re_c)^{0.718} \quad (36)$$

Passo 41. Número de Prandtl para ar (Pr_c)

$$Pr_c = \frac{C_{p_c} \cdot \mu_c}{k_c} \quad (37)$$

Passo 42. Coeficiente do filme de convecção para tubos e aletas (h_f)
Como não é considerado um fator de contaminação do lado do ar:

$$h_f = j \cdot \left(\frac{k_c}{D_{eq}} \right) \cdot Pr_c^{0.33} \quad (38)$$

Passo 43. Parâmetro m

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot h_f}{k_f \cdot b}} \quad (39)$$

Onde ocorre em metros. b

Passo 44. Parâmetro H

$$H = \frac{D_b - d_0}{2} \quad (40)$$

Onde ocorre em metros. d_0

Passo 45. Parâmetro Y

$$Y = \left(H + \frac{b}{2} \right) \cdot \left(1 + 0.35 \cdot \ln \frac{D_b}{d_0} \right) \quad (41)$$

Onde e são dados em metros. $b d_0$

Passo 46. Eficiência das Aletas (Ω)

$$\Omega = \frac{\tanh m \cdot Y}{m \cdot Y} \quad (42)$$

Passo 47. Coeficiente do filme corrigido pela eficiência das aletas, e considerando a superfície externa do tubo liso como área de referência (h_{fo})

$$h_{fo} = (\Omega \cdot A_f + A_D) \cdot \frac{h_f}{A_0} \quad (43)$$

Passo 48. Resistência de escamas do fluido lateral do tubo corrigida para a razão de diâmetro interno/externo (R_{hi})

$$R_{hi} = R_h \cdot \frac{d_0}{d_i} \quad (44)$$

Passo 49. Coeficiente total de transferência de calor (U)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{fo}} + \frac{1}{h_{io}} + R_{hi}} \quad (45)$$

Passo 50. Área projetada do leque (a_F)

$$a_F = n_F \cdot \frac{\pi \cdot D_F^2}{4} \quad (46)$$

Passo 51. Razão entre a área projetada do leque e a superfície da face (ϕ)

$$\phi = \frac{a_F}{a_v} \cdot 100 \quad (47)$$

2.5. Queda de pressão

Passo 52. Fator de atrito para fluido do lado do tubo (f_t)

- Regime laminar (< 2.100): Re_h

$$f_t = \frac{16}{Re_h} \quad (48)$$

- Regime turbulento ($Re_h \geq 2.100$):

$$f_t = 0.0035 + \frac{0.264}{Re_h^{0.42}} \quad (49)$$

Passo 53. Queda de pressão 1 (Δp_1)

$$\Delta p_1 = 4 \cdot f_t \cdot n \cdot \left(\frac{L_t}{d_i} \right) \cdot \frac{\rho_h \cdot v_t^2}{2} \quad (50)$$

Passo 54. 2 Queda de Pressão (Δp_2)

$$\Delta p_2 = 4 \cdot n \cdot \frac{\rho_h \cdot v_t^2}{2} \quad (51)$$

Passo 55. Queda total de pressão para fluido do lado do tubo
(Δp_t)

$$\Delta p_t = \Delta p_1 + \Delta p_2 \quad (52)$$

Passo 56. Volume Líquido Livre (N_{FV})

$$N_{FV} = W^c \cdot L_t \cdot S_F - n_{tf} \cdot \pi \cdot L_t \cdot \frac{d_o^2}{4} - N_m \cdot n_{tf} \cdot \pi \cdot L_t \cdot b \cdot \left(\frac{D_b^2 - d_o^2}{4} \right) \quad (53)$$

Onde , , e são dados em metros. $S_F d_o b D_b$

Passo 57. Diâmetro equivalente para atrito (D'_{eq})

$$D'_{eq} = \frac{4 \cdot N_{FV}}{L_t \cdot n_{tf} \cdot (A_f + A_D)} \quad (54)$$

Passo 58. Número de ar de Reynolds para cálculos de queda de pressão (Re'_c)

$$Re'_c = \frac{D'_{eq} \cdot m_c}{a_s \cdot \mu_c} \quad (55)$$

Passo 59. Fator de atrito para o ar (f_a)

$$f_a = 1.276 \cdot Re'_c{}^{-0.14} \quad (56)$$

Passo 60. Temperatura média do ar através do arrefecedor de ar ($\bar{t}$)

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (57)$$

Passo 61. Densidade média de ar no feixe de tubos em ($\bar{\rho}_c$)

$$\bar{\rho}_c = \frac{M_c \cdot P_a}{R \cdot (\bar{t} + 273)} \quad (58)$$

Passo 62. Queda de pressão do ar ao longo do feixe (Δp_a)

$$\Delta p_a = \frac{f_a \cdot \left(\frac{m_c}{a_s} \right)^2 \cdot n_f \cdot S_F}{2 \cdot \rho_c \cdot D'_{eq}} \cdot \left(\frac{D'_{eq}}{S_T} \right)^{0.4} \cdot \left(\frac{S_L}{S_T} \right)^{0.6} \quad (59)$$

Onde é a densidade de entrada de ar calculada no Passo 10. ρ_c

2.6. Alimentação do controlador do ventilador

Passo 63. Velocidade do ar na ventoinha (v_F)

$$v_F = \frac{m_c}{2 \cdot \bar{\rho}_c \cdot \frac{\pi \cdot D_F^2}{4}} \quad (60)$$

Passo 64. Pressão desenvolvida pelo ventilador (P_F)

$$P_F = \Delta p_a + \frac{\bar{\rho}_c \cdot v_F^2}{2} \quad (61)$$

Passo 65. Caudal volumétrico em ventoinhas (q_F)

$$q_F = \frac{m_c}{2 \cdot \bar{\rho}_c} \quad (62)$$

Passo 66. Alimentação do Controlador de Ventoinhas (P_D)

$$P_D = \frac{q_F \cdot P_F}{\eta_F \cdot \eta_d} \quad (63)$$

Onde é 0,75 e é 0,95, segundo [7]. $\eta_F \eta_d$

3. Resultados.

3.1. Projeto preliminar

Passo 1. Definição dos dados iniciais disponíveis:

- Caudal mássico de metanol (m_h): 28.000 kg/h.
- Temperatura de entrada do metanol (T_1): 90 °C.
- Temperatura de saída do metanol (T_2): 45 °C.
- Temperatura de entrada de ar (t_1): 25 °C.
- Pressão do ar (P_a): 1 atm.
- Diâmetro interno dos tubos (d_i): 20,5 mm = 0,0205 m.
- Diâmetro externo dos tubos (d_o): 25,4 mm = 0,0254 m.
- Espessura da barbatana (b): 0,380 mm = 0,00038 m.
- Altura da barbatana (H_f): 15 mm = 0,015 m.
- Passo do tubo (S_L): 60,32 mm = 0,06032 m.
- Parâmetro: 52,23 mm = 0,05223 m. S_F
- Número de aletas por metro de tubo (N_m): 394.
- Comprimento do tubo (L_t): 6 m.
- Queda máxima de pressão permitida para metanol [$\Delta p_{(m)h}$]: 800 Pa.
- Resistência à incrustação do metanol ($0,0003 \text{ K.m}^2 R_h / W$).
- Condutividade térmica do alumínio (200 W/m.K [7]). k_f
- Número de fás (2). n_f
- Diâmetro de um ventilador ($1,8 \text{ m}$). D_F

Passo 2. Temperatura média do metanol ($\bar{T}$)

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{90 + 45}{2} = 67,5 \text{ °C} \quad (1)$$

Passo 3. Definição das propriedades físicas do metanol e do ar:

A Tabela 3 apresenta os valores das propriedades físicas a definir para ambos os fluxos, de acordo com os dados reportados por [20]. As propriedades físicas do metanol são estabelecidas em 67,5 °C; enquanto para o ar são definidos a 25 °C.

Tabela 3. Propriedades físicas a definir para ambos os fluxos.

Propriedade	Metanol	Aéreo	Unidades
Densidade	746.73	-	kg/m ³
Viscosidade	0.000336	0.000018	Pa.s
Condutividade Térmica	0.1880	0.0260	W/m.K

Capacidade calorífica	2,835.79	1,011	J/Kg.K
-----------------------	----------	-------	--------

Fonte: Explicação própria.

Passo 4. Transferência térmica (Q):

Utilização de dados de jato quente (metanol):

$$Q = \frac{m_h}{3,600} \cdot c_{p_h} \cdot (T_1 - T_2) = 992,526.5 \text{ W} \quad (2)$$

Passo 5. Suposição do coeficiente global de transferência de calor (U^a):

Como sugerido [7], um valor para o coeficiente total de transferência de calor de $260 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ foi assumido para este tipo de aplicação de troca de calor.

Passo 6. Parâmetro Z :

$$Z = \frac{(T_1 - T_2)}{(T_1 - t_1)} = \frac{(90 - 45)}{(90 - 25)} = 0.692 \quad (3)$$

Passo 7. Selecionando o número de filas de tubos (n_f) e a velocidade da face (v_f):

De acordo com a Tabela 1 [8], para um valor do parâmetro 0,692, o número de filas de tubos e a velocidade da face terão valores de 6 e 2,8 m/s, respectivamente. Z

Passo 8. Suposição da temperatura de saída de ar (t_2):

Deve-se assumir um valor para a temperatura de saída de ar de 50°C .

A Tabela 4 mostra os resultados dos parâmetros determinados nos passos 9-18.

Tabela 4. Parâmetros determinados nos passos 9-18.

Passo	Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidades
9	Fluxo de ar preliminar	m_c	39.27	kg/s
10	Densidade da entrada de ar	ρ_c	1.187	kg/m ³
11	Área da face	a_v	12.02	M ²
12	Largura do permutador de calor	W^a	2.00	m
13	Diferença média de temperatura logarítmica	$LMTD$	28.85	$^\circ\text{C}$
14	Área de Transferência de Calor	A	132.32	M ²
15	Número necessário de tubos	N	277	-
16	Número de tubos por fila	n_{tf}	46.17	-
17	Parâmetro S_T^{-1}	S_T	0.06032	m
18	Largura calculada do	W^c	2.78	m

permutador de calor

1 Como sugerido por [7], o valor do parâmetro

S_T é igual ao passo do tubo (ϕ) = 0,06032 m, para a geometria proposta. S_L

Fonte: Explicação própria.

Passo 19. Verificação do valor de calculada no passo 12 com o valor de determinado no passo anterior. $W^a W^c$

O valor da largura calculada do permutador de calor ($= 2,78 \text{ m}$) difere ligeiramente do valor de determinado no passo 12 ($2,00 \text{ m}$) para uma velocidade facial de $2,8 \text{ m/s}$. Neste caso, manteremos esta geometria e corrigiremos o fluxo de ar, a temperatura de saída e . Consequentemente: $W^c W^a LMTD$

Fluxo de ar:

$$m_c = v_f \cdot \rho_c \cdot W^c \cdot L_t \quad (13)$$

$$m_c = 2.8 \cdot 1.187 \cdot 2.78 \cdot 6 = 55.44 \text{ kg/s}$$

Temperatura da saída de ar:

$$t_2 = t_1 + \frac{Q}{m_c \cdot C_{p_c}} = 25 + \frac{992,526.5}{55.44 \cdot 1,011} \quad (14)$$

$$t_2 = 42.71^\circ\text{C}$$

Diferença média de temperatura logarítmica corrigida ($LMTD$):

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad (8)$$

$$LMTD = \frac{(90 - 42.71) - (45 - 25)}{\ln \frac{(90 - 42.71)}{(45 - 25)}} = 31.71^\circ\text{C}$$

Passo 20. Compilação e definição dos parâmetros de projeto determinadas no desenho preliminar.

O arrefecedor de ar proposto apresentará os seguintes parâmetros preliminares de projeto:

- Número necessário de tubos (N) = 277.
- Número de tubos por fila (n_{tf}) = 46,17.
- Número de filas de tubos (n_f) = 6.
- Largura calculada do permutador de calor (ϕ) = $2,78 \text{ m}$.
- Fluxo de ar (m_c) = $55,44 \text{ kg/s}$.
- Temperatura de saída de ar (t_2) = $42,71^\circ\text{C}$.
- Logarítmica da temperatura média ($LMTD$) = $31,71^\circ\text{C}$.

3.2. Design Detalhado:

Passo 21. Suposição do número de passagens para o fluido quente (n):

Vamos assumir duas passagens para o fluido quente.

A Tabela 5 apresenta os valores dos parâmetros determinados nos passos 22-29.

Tabela 5. Parâmetros determinados nos passos 22-29.

Passo	Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidades
22	Parâmetro R	R	2.541	-
	Parâmetro S	S	0.272	-
23	Parâmetro P_X^1	P_X	0.272	-
24	Fator de Correção LMTD2	F_t	0.843	-
25	Diferença Média Efetiva de Temperatura	ΔT	26.73	°C
26	Área de fluxo para fluido do lado do tubo	a_t	0.0457	M2
27	Velocidade do metanol em tubos	v_t	0.228	m/s
28	Metanol Reynolds número 3	Re_h	10,388	-
29	Número de Metanol de Prandtl	Pr_h	5.068	-

¹ Como $R \neq 1$, será usada a equação (17) para determinar.

² Como $R \neq 1$, a equação (18) será usada para determinar.

³ Fluxos de metanol em condições turbulentas a partir $Re_h >$ de 10.000.

Fonte: Explicação própria.

Passo 30. Coeficiente interno do filme para metanol (h_i)
Como o metanol flui em condições turbulentas, a equação (26) será usada para determinar o coeficiente interno do filme. Assim:

$$h_i = 0.023 \cdot \left(\frac{k_h}{d_i} \right) \cdot Re_h^{0.8} \cdot Pr_h^{0.33} \quad (26)$$

$$h_i = 0.023 \cdot \left(\frac{0.1880}{0.0205} \right) \cdot 10,388^{0.8} \cdot 5.068^{0.33}$$

$$h_i = 588.59 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

A Tabela 6 mostra os resultados dos parâmetros determinados nos passos 31-51.

Tabela 6. Parâmetros determinados nos passos 31-51.

Passo	Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidade
31	O coeficiente interno do filme refere-se à área externa	h_{i0}	475.04	L/m2. K
32	Superfície lisa do tubo por metro de tubo	A_0	0.0797	M2/M
33	Superfície de tubo nua por metro de tubo	A_D	0.0677	M2/M

34	Diâmetro da aleta	D_b	0.0554	m
35	Superfície fina	A_f	1.503	M2/M
36	Perímetro projetado	P_p	25.34	m
37	Diâmetro equivalente	D_{eq}	0.0394	m
38	Área de Fluxo de Ar	a_s	8.399	M2
39	Número Reynolds para o ar	Re_c	14,448	-
40	Parâmetro j	j	93.02	-
41	Número de Prandtl para o ar	Pr_c	0.700	-
42	Coeficiente de Filme de Convecção para Tubos e Aletas	h_f	54.56	L/m2. K
43	Parâmetro m	m	37.89	-
44	Parâmetro H	H	0.0150	-
45	Parâmetro Y	Y	0.0193	-
46	Eficiência das aletas	Ω	0.853	-
47	Coeficiente do filme corrigido para a eficiência das aletas	h_{fo}	924	L/m2. K
48	Resistência à incrustação do fluido lateral do tubo corrigida para a relação diâmetro interno/externo	R_{hi}	0.000372	K.m2/W
49	Coeficiente global de transferência de calor	U	280.95	L/m2. K
50	Área projetada do leque	a_F	5.087	M2
51	Razão entre a área projetada do leque e a área frontal	ϕ	42.32	%

Fonte: Explicação própria.

3.3. Queda de pressão

A Tabela 7 mostra os resultados dos parâmetros determinados nos passos 52-62.

Tabela 7. Resultados dos parâmetros determinados nos passos 52-62.

Passo	Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidades
52	Fator de atrito para metanol	f_t	0.0089	-
53	Queda de Pressão 1	Δp_1	404.46	Pa
54	Queda de pressão 2	Δp_2	155.27	Pa
55	Queda Total de Pressão para Metanol	Δp_t	559.73	Pa
56	Volume Líquido Livre	N_{FV}	0.6518	M3
57	Diâmetro equivalente para atrito	D'_{eq}	0.0060	m
58	Número de ar de Reynolds para cálculos de queda de pressão	Re'_c	2,200	-
59	Fator de atrito para o ar	f_a	0.4327	-
60	Temperatura média do ar através do arrefecimento de ar	$\bar{t}$	33.85	°C
61	Densidade média do ar no feixe de tubos em $\bar{t}$	$\bar{\rho}_c$	1.153	kg/m3
62	Queda de pressão do ar através do feixe	Δp_a	164.79	Pa

¹ A equação (49) foi usada para determinar o fator de atrito do metanol desde $Re_h \geq$ o ano 2.100.

Fonte: Explicação própria.

3.4. Alimentação do controlador do ventilador

A Tabela 8 mostra os resultados dos parâmetros incluídos nos passos 63-66.

Tabela 8. Resultados dos parâmetros incluídos nos passos 63-66.

Passo	Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidades
63	Velocidade do ar no ventilador	v_F	9.45	m/s
64	Pressão exercida pelo ventilador	P_F	216.27	Pa
65	Caudal volumétrico em ventiladores	q_F	24.04	m3/s

66	Alimentação do Controlador de Ventoinhas	P_D	7,297.03 ~ 7.3	W kW
----	--	-------	-------------------	---------

Fonte: Explicação própria.

4. Discussão.

O sumidouro de ar, projetado preliminarmente, terá 277 tubos, várias filas de tubos de 6 e um número de tubos por fila de 46,17 (cinco filas com 46 tubos e uma fila com 47 tubos). A largura tem um valor de 2,78 m, o que pode ser considerado suficiente para conter os dois ventiladores com um diâmetro de 1,8 m. Será necessário um fluxo de ar de 55,44 kg/s, enquanto a temperatura de saída de ar será de 42,71 °C e a LMTD de 31,71 °C.

Em [7] foi concebido um ACHE para arrefecer 180.000 kg de gasóleo pesado de 76 °C a 66 °C. O projeto preliminar deste arrefecedor de ar produziu os seguintes resultados: número de tubos: 262; quatro filas de tubos; uma velocidade facial de 3,3 m/s; um número de tubos por fila de 65,5 (duas filas com 65 tubos e duas filas com 66 tubos); um fluxo de ar de 105,5 kg/s; um LMTD de 35,2 °C; uma temperatura de saída de ar de 41,5 °C e uma largura de 3,94 m para albergar dois ventiladores com 2,5 m de diâmetro.

De acordo com a Tabela 5, a diferença na temperatura média efetiva tem um valor de 26,73 °C, enquanto o fluido do lado do tubo (metanol) fluirá sob regime turbulento, uma vez que o seu número de Reynolds é superior a 10.000, pelo que a equação (26) é usada para determinar o coeficiente interno do filme, que tem um valor de 588,59 W/m². K. O número de Reynolds para o ar (14.448) é 1,39 vezes superior ao número de Reynolds para metanol (10.388), o que se deve principalmente ao valor mais elevado do fluxo mássico (55,44 kg/s) e ao valor de viscosidade mais baixo (0,00018 Pa.s) do ar em comparação com os valores destes parâmetros para metanol (caudal mássico de 7,78 kg/s e viscosidade de 0,000336 Pa.s). Assim, o coeficiente interno do filme referindo-se à área externa tem um valor de 475,04 W/m². K (Tabela 6).

O valor do coeficiente do filme de convecção para tubos e aletas é de 54,56 W/m². K (Tabela 6), que pode ser considerada tipicamente baixa segundo a literatura [19]. A eficiência da aletas tem um valor de 0,853 e pode ser classificada como adequada [7], enquanto o coeficiente do filme corrigido pela eficiência da aletas é de 924 W/m². K, que tem um valor elevado principalmente devido ao elevado valor da eficiência das aletas e ao valor relativamente baixo da área lisa do tubo por metro de tubo (0,0797 m²/m). O coeficiente global de transferência de calor calculado tem um valor de 280,95 W/m². K, e concorda razoavelmente com o valor assumido para este parâmetro no Passo 5 (260 W/m². K), indicando a viabilidade e viabilidade dos resultados obtidos para o coeficiente global de transferência de calor utilizando esta metodologia de desenho.

Finalmente, a razão entre a área projetada do ventilador e a superfície frontal é de 42,32%, o que é superior ao valor estabelecido pelo processo (40%) para ter uma distribuição uniforme, sugerindo que o arrefecedor de ar projetado é viável para este serviço do permutador de calor.

Em [7] o fluido do lado do tubo flui sob regime de transição, uma vez que o número de Reynolds para este fluido tem um valor de 4,511, pelo que o coeficiente interno do filme que se refere à área externa tem um valor de 405 W/m².K. O número de Reynolds para o ar tem um valor de 14.784, e o coeficiente do filme de convecção para tubos e aletas é de 58,1 W/m². K, a eficiência das aletas é 0,83, e o coeficiente do filme corrigido para a eficiência das aletas é 1.028 W/m².K. De forma semelhante, o coeficiente global calculado de transferência de calor é de 264 W/m². K, que está muito próximo do valor assumido de 250 W/m².K. Finalmente, o valor da razão entre a área projetada do ventilador e a área frontal é de 46%, o que é superior aos 40% solicitados, indicando que o sumidouro de ar projetado é viável para uso.

A queda de pressão para o metanol é de 559,73 Pa, que está abaixo do valor máximo permitido definido pelo processo para este fluxo (800 Pa), enquanto a queda de pressão do ar através do feixe é de 164,79 Pa, ou seja, a queda de pressão do metanol é 3,39 vezes maior do que a queda de pressão do ar (Tabela 7).

Em [7], a queda de pressão para o fluido do lado do tubo (óleo diesel pesado) tem um valor de 46.996 Pa, o que pode ser considerado elevado, embora esteja abaixo do valor estabelecido pelo processo para este fluxo (50.000 Pa), enquanto a queda de pressão para o ar é de 164,7 Pa.

Como mostrado na Tabela 8, a velocidade do ar no ventilador, que depende do diâmetro adotado do ventilador (quanto menor esse diâmetro, maior a velocidade para o mesmo fluxo volumétrico), é de 9,45 m/s, a pressão desenvolvida pelo ventilador, que é a soma da altura da velocidade e da queda de pressão por fricção ao longo da viga, é de 216,27 Pa, e o caudal volumétrico nos ventiladores é de 24,04 m³/s. Finalmente, a potência do driver do ventilador ronda os 7,3 kW.

Em [7] a velocidade do ar no ventilador é de 9,21 m/s, a pressão desenvolvida pelo ventilador é de 214,2 Pa e o caudal volumétrico nos ventiladores é de 45,2 m³/s, exigindo assim uma potência de escape do ventilador de 13,6 kW.

5. Conclusões.

Um permutador de calor arrefecido a ar com tubo forçado e aletas foi projetado usando uma metodologia de cálculo bem conhecida, para arrefecer um fluxo líquido de metanol. Foram determinados vários parâmetros, como o calor trocado (992.526,5 W), o fluxo de ar (55,44 kg/s), o número necessário de tubos (277), a largura do permutador de calor

(2,78 m) e o coeficiente total de transferência de calor (280,95 W/m². K). O fluxo de metanol fluirá sob regime turbulento dentro dos tubos do ACH projetado, enquanto a queda de pressão deste fluxo é de 559,73 Pa, o que está abaixo do valor máximo permitido estabelecido pelo processo (800 Pa). A eficiência das aletas tem um valor de 0,853, o que pode ser considerado aceitável, e o valor de potência do driver do ventilador é de 7,3 kW. O ACHE de tiragem forçada projetado poderia ser usado satisfatoriamente para a aplicação de troca de calor, pois o valor da relação dos parâmetros entre a área projetada do leque e a área da face (42,32%) é superior ao valor estabelecido pela metodologia de concepção (40%).

6. Agradecimentos (se aplicável)

7.- Contribuições dos autores (Taxonomia dos Papéis dos Contribuintes (CRediT))

1. Conceptualização: Amaury Pérez Sánchez, Arlette de la Caridad González Abad.
2. Curadoria de dados: Amaury Pérez Sánchez, Heily Victoria González, María Isabel La Rosa Veliz.
3. Análise formal: Amaury Pérez Sánchez, Arlette de la Caridad González Abad, Zamira María Sarduy Rodríguez.
4. Aquisição de fundos: Amaury Pérez Sánchez.
5. Investigação: Arlette de la Caridad González Abad, Heily Victoria González, Lizthalía Jiménez Guerra.
6. Metodologia: Amaury Pérez Sánchez, Arlette de la Caridad González Abad, María Isabel La Rosa Veliz, Zamira María Sarduy Rodríguez.
7. Gestão de projetos: Amaury Pérez Sánchez, Lizthalía Jiménez Guerra.
8. Recursos: Arlette de la Caridad González Abad, Heily Victoria González, María Isabel La Rosa Veliz
9. Software: Amaury Pérez Sánchez, Lizthalía Jiménez Guerra
10. Supervisão: Amaury Pérez Sánchez, Arlette de la Caridad González Abad, Heily Victoria González.
11. Validação: María Isabel La Rosa Veliz, Zamira María Sarduy Rodríguez, Lizthalía Jiménez Guerra.
12. Exibição: Arlette de la Caridad González Abad, Heily Victoria González.
13. Redação - rascunho original: María Isabel La Rosa Veliz, Zamira María Sarduy Rodríguez, Lizthalía Jiménez Guerra.
14. Escrita - revisão e edição: Amaury Pérez Sánchez, Arlette de la Caridad González Abad.

8. Apêndice.

Nomenclatura.

a_F	Área projetada do leque	M2
a_S	Área de Fluxo de Ar	M2
a_t	Área de fluxo para fluido do lado do tubo	M2
a_v	Área da face	M2
A	Área de Transferência de Calor	M2
A_D	Superfície de tubo nua por metro de tubo	M2/M
A_f	Superfície fina	M2/M

A_0	Superfície lisa do tubo por metro de tubo	M2/M
b	Espessura da barbatana	m
C_p	Capacidade calorífica	J/Kg.K
d_i	Diâmetro interior dos tubos	m
d_o	Diâmetro exterior dos tubos	m
D_b	Diâmetro da aleta	m
D_{eq}	Diâmetro equivalente	m
D'_{eq}	Diâmetro equivalente para atrito	m
D_F	Diâmetro de uma ventoinha	m
f	Fator de atrito	-
F_t	Fator de Correção LMTD	-
h_f	Coefficiente de Filme de Convecção para Tubos e Aletas	L/m2. K
h_{fo}	Coefficiente do filme corrigido para a eficiência das aletas	L/m2. K
h_i	Coefficiente interno do filme	L/m2. K
h_{io}	O coeficiente interno do filme refere-se à área externa	L/m2. K
H	Parâmetro	-
H_f	Altura da barbatana	m
j	Parâmetro	-
k	Condutividade Térmica	W/m.K
k_f	Condutividade térmica do material da aleta.	W/m.K
L_t	Comprimento do tubo	m
$LMTD$	Diferença média de temperatura logarítmica	°C
m	Caudal mássico	kg/h
m	Parâmetro	-
n_f	Número de filas de tubos	-
n_F	Número de adeptos	-
n_{tf}	Número de tubos por fila	-
N	Número necessário de tubos	-
N_{FV}	Volume Líquido Livre	M3
N_m	Número de aletas por metro de tubo	-
P_a	Pressão do ar	ATM
P_D	Alimentação do Controlador de Ventoinhas	kW
P_F	Pressão exercida pelo ventilador	Pa
P_p	Perímetro projetado	m
P_X	Parâmetro	-
Pr	Número de Prandtl	-
Δp_1	Queda de pressão 1 para fluido do lado do tubo	Pa
Δp_2	2 Queda de Pressão para Fluido do Lado do Tubo	Pa
Δp_a	Queda de pressão do ar através do feixe	Pa
Δp_t	Queda total de pressão para fluido do lado do tubo	Pa
$\Delta p_{(m)h}$	Queda máxima de pressão permitida para metanol	Pa
q_F	Fluxo volumétrico em ventoinhas	m3/s
Q	Transferência de Calor	W
R	Resistência à incrustação	K.m2/W
R	Constante de gás ideal	Atualmente: m3/kmol. K
R	Parâmetro térmico	-
R_{hi}	A resistência à incrustação do fluido do lado do tubo corrigida para a relação diâmetro interno/externo	K.m2/W
Re	Número de Reynolds	-
Re'_c	Número de ar de Reynolds para cálculos de queda de pressão	-
S	Parâmetro térmico	-
S_F	Parâmetro	m
S_L	Tube Pitch	m
S_T	Parâmetro	m
t	Temperatura do fluido frio	°C

$\bar{t}$	Temperatura média do fluido frio através do arrefecimento de ar	°C
T	Temperatura do fluido quente	°C
$\bar{T}$	Temperatura média do fluido quente	°C
ΔT	Diferença Média Efetiva de Temperatura	°C
U^a	Coefficiente global de transferência de calor assumido	L/m2. K
U	Coefficiente global de transferência de calor	L/m2. K
v_f	Velocidade facial	m/s
v_F	Velocidade do ar no ventilador	m/s
v_t	Velocidade do metanol em tubos	m/s
W^a	Largura do permutador de calor (assumida)	m
W^c	Largura do permutador de calor (calculada)	m
Y	Parâmetro	-
Z	Parâmetro	-

Símbolos gregos

ρ	Densidade	kg/m3
$\bar{\rho}$	Densidade média	
μ	Viscosidade	Pa.s
Ω	Eficiência das aletas	-
ϕ	Razão entre a área projetada do leque e a área frontal	%

Subíndices

1	Entrada
2	Saída
a	Aéreo
c	Fluido frio
h	Fluido quente
t	Fluido do Lado do Tubo

7.- Referências.

- [1] H. Park, J. Roh, K. c. Oh, H. Cho e J. Kim, "Modelação e Otimização de Sistemas de Névoa de Água para Trocadores de Calor Eficazes Arrefecidos a Ar," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 184, p. 122297, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.122297>
- [2] C. B. Carvalho, M. A. S. S. Ravagnani, M. J. Bagajewicz e A. L. H. Costa, "Projeto Globalmente Ótimo de Arrefecedores de Ar Considerando o Desempenho dos Ventiladores," *Applied Thermal Engineering*, vol. 161, p. 114188, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114188>
- [3] Boes, S. (2017). Melhora o desempenho dos permutadores de calor arrefecidos a ar. *Progresso em Engenharia Química*, 1-7.
- [4] D. Artemyev e A. Zaitsev, "Análise do Aumento da Eficiência de Permutadores de Calor Arrefecidos a Ar Devido à Intensificação da Troca de Calor," *Série de Conferências IOP: Ciências da Terra e Ambientais*, vol. 866, p. 012020, 2021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/866/1/012020>
- [5] J. I. Manassaldi, N. J. Scenna e S. F. Mussati, "Modelo matemático de otimização para o projeto detalhado de permutadores de calor arrefecidos a ar," *Energy*, vol. 64, pp. 734-746, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.09.062>
- [6] L. Zhou et al., "Design Ótimo para Tubo Corrugado com Aletas num Arrefecedor de Ar com Algoritmo

- Genético," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2369, p. 012028, 2022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2369/1/012028>
- [7] E. Cao, *Transferência de Calor em Engenharia de Processos*. Nova Iorque, EUA: The McGraw-Hill Companies, Inc, 2010.
- [8] Hudson, "Os Fundamentos dos Permutadores de Calor Arrefecidos a Ar," H. P. Corporation, Ed., ed. Texas, EUA, 2007.
- [9] F. L. Santamaria, J. A. Luceño, M. Martín e S. Macchietto, "Operação Ótima e Planeamento da Limpeza de Arrefecedores de Ar em Centrais Solares Concentradas," *Computers and Chemical Engineering*, vol. 150, p. 107312, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2021.107312>
- [10] R. Doodman, M. Fesanghary, e R. Hosseini, "Uma Abordagem Estocástica Robusta para a Otimização do Design de Permutadores de Calor Arrefecidos a Ar," *Applied Energy*, vol. 86, pp. 1240-1245, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.08.021>
- [11] E. Liu, B. Guo, L. Lv, W. Qiao, e M. Azimi, "Simulação Numérica e Método de Cálculo Simplificado para o Desempenho de Troca de Calor de um Refrigerador de Ar Seco em Estação de Compressores de Gasodutos Naturais," *Energy Science & Engineering*, vol. 8, pp. 2256–2270, 2020.
- [12] C. Alexopoulos, O. Aljolani, F. Heberle, T. C. Roumpedakis, D. Brüggemann, e S. Karellas, "Avaliação de Projeto para um Refrigerador de Gás CO₂ com Aletas em Aplicações Residenciais," *Energies*, vol. 13, p. 2428, 2020. <https://doi.org/10.3390/en13092428>
- [13] Y. T. Ge e R. T. Cropper, "Simulação e Avaliação de Desempenho de Refrigeradores a Gás CO₂ com Tubos Aletados para Sistemas de Refrigeração," *Applied Thermal Engineering*, vol. 29, pp. 957–965, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2008.05.013>
- [14] K. Hu *et al.*, "Previsão da Taxa de Transferência de Calor e Otimização do Desempenho do Arrefecimento de Ar de CO₂ em Sistemas de Refrigeração," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 47, p. 103063, 2023. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103063>
- [15] K. Raj, N. B. Desai, R. Kothari e F. Haglind, "Análise Transitória de Dinâmica Computacional de Fluidos de Solidificação em Trocadores de Calor Arrefecidos a Ar com Sal Fundido," *Energy Conversion and Management*, vol. 347, p. 120539, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.120539>
- [16] L. Dong e Z. El, "Estudo Teórico sobre o Desempenho de um Arrefecedor de Ar em Armazenamento a Frio," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1180, p. 012040, 2021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1180/1/012040>
- [17] M. T. d. C. Santos, A. R. Secchi, M. J. Bagajewicz e A. L. H. Costa, "Sobre um Novo Método Globalmente Ótimo para Otimizar o Design de Arrefecedores de Ar Acoplados a Ventoinhas Reais," *Chemical Engineering Science*, vol. 303, p. 120926, 2025. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ces.2024.120926>
- [18] R. Mukherjee, "Projetar eficazmente permutadores de calor arrefecidos a ar," *Chemical Engineering Progress*, pp. 26-47, 1997.
- [19] R. Mukherjee, *Design Térmico Prático de Permutadores de Calor Arrefecidos a Ar*. Connecticut, EUA: Begell House, Inc, 2007.
- [20] D. W. Green e M. Z. Southard, *Manual de Engenheiros Químicos de Perry*. Nova Iorque. EUA: McGraw-Hill Education, 2019.

Gestão de riscos sanitários em água engarrafada: integração de indicadores físico-químicos e microbiológicos e riscos causados por cianobactérias em Guayas.

Gestión del riesgo sanitario en agua embotellada: integración de indicadores fisicoquímicos, microbiológicos y riesgos por cianobacterias en Guayas.

Fabiola Villa Sánchez ¹; Antonio Escobar Machado;² Edisson Lascano Mora ³ ; Tony Coloma Coloma ⁴
Hernán Villa Sánchez ⁵ ; Amy Merchán Mendoza ⁶

Recebido: 11/01/2026 – Aceite: 27/04/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artigos de
Investigação ☒

Artigos de
Revisão ☐

Artigos de
Ensaio ☐

* Autor
correspondente.



Esta obra está licenciada sob uma licença internacional Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Partilha Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Os autores mantêm os direitos sobre os seus artigos e podem partilhar, copiar, distribuir, executar e comunicar publicamente a obra, desde que a autoria seja reconhecida, não utilizada para fins comerciais e que a mesma licença seja mantida em obras derivadas.

Resumo.

A qualidade da água engarrafada representa um desafio crescente para a saúde pública, especialmente em contextos de pressão ambiental e riscos emergentes associados a contaminantes biológicos. O objetivo do estudo foi avaliar a qualidade da água engarrafada e o seu risco para a saúde através de indicadores físico-químicos e microbiológicos e a identificação de condições favoráveis para as cianobactérias. Amostras de diferentes marcas comercializadas em Guayaquil foram analisadas por espectrofotometria, medição de parâmetros físico-químicos, filtração por membrana para *Escherichia coli* e deteção de microcistinas por ensaio enzimático. Os resultados mostraram uma variabilidade significativa entre marcas, com baixos níveis de cloro residual, presença moderada de nutrientes e eventos específicos de contaminação microbiológica, o que indica vulnerabilidade na estabilidade sanitária do produto. Além disso, a combinação de nutrientes e condições ambientais sugere potencial para a proliferação de cianobactérias. No geral, as conclusões mostram que a conformidade físico-química não garante a segurança, destacando a necessidade de uma abordagem abrangente de gestão de risco para reforçar o controlo da qualidade da água engarrafada.

Palavras-chave:

Água engarrafada, qualidade da água, risco para a saúde, indicadores físico-químicos, *Escherichia coli*, segurança microbiológica, norma INEN 2200.

Resumen.

La calidad del agua embotellada representa un desafío creciente para la salud pública, especialmente en contextos con presión ambiental y riesgos emergentes asociados a contaminantes biológicos. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua embotellada y su riesgo sanitario mediante indicadores físico-químicos, microbiológicos y la identificación de condiciones favorables para cianobacterias. Se analizaron muestras de distintas marcas comercializadas en Guayaquil mediante espectrofotometría, medición de parámetros físico-químicos, filtración por membrana para *Escherichia coli* y detección de microcistinas mediante ensayo enzimático. Los resultados evidenciaron variabilidad significativa entre marcas, con niveles bajos de cloro residual, presencia moderada de nutrientes y eventos puntuales de contaminación microbiológica, lo que indica vulnerabilidad en la estabilidad sanitaria del producto. Además, la combinación de nutrientes y condiciones ambientales sugiere potencial para proliferación de cianobacterias. En conjunto, los hallazgos evidencian que el cumplimiento físico-químico no garantiza la inocuidad, destacando la necesidad de un enfoque integral de gestión del riesgo para fortalecer el control de calidad del agua embotellada.

Palabras clave:

Agua Embotellada, Calidad Del Agua, Riesgo Sanitario, Indicadores Físicoquímicos, *Escherichia Coli*, Inocuidad Microbiológica, Norma INEN 2200.

1.- Introdução

O acesso a água potável segura é um dos principais desafios de saúde pública a nível mundial. A qualidade da água destinada ao consumo humano deve garantir a ausência de contaminantes físicos, químicos e microbiológicos que possam representar riscos para a saúde. Neste contexto, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece que a proteção da saúde pública depende da gestão abrangente do risco baseada no acompanhamento contínuo dos parâmetros

de qualidade e na implementação de planos de segurança hídrica desde a origem ao consumidor [1]

A poluição da água representa uma ameaça significativa à saúde humana e aos ecossistemas. A contaminação microbiológica está principalmente associada a doenças infecciosas transmitidas pela água, enquanto a contaminação química pode gerar efeitos crónicos como alterações neurológicas e reprodutivas e vários tipos de cancro. Embora os processos de desinfecção, especialmente

¹ Universidade de Guayaquil; fabiola.villas@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9260-5810>, Guayaquil; Equador.

² Universidade Nacional de Chimborazo; antonio.escobar@unach.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9850-0155>, Chimborazo; Equador.

³ Universidade de Guayaquil; edisson.lascanomo@ug.edu.ec; Guayaquil; Equador.

⁴ Universidade de Guayaquil; tony.colomac@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0009-0004-1221-1590>; Guayaquil; Equador.

⁵ Investigador Independente; hvvs@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9087-055X>, Guayaquil; Equador.

⁶ Investigador Independente; amymarchan05@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-5575-2428>; Guayaquil; Equador.

a cloração, tenham reduzido significativamente a incidência de doenças infecciosas transmitidas pela água, também podem produzir subprodutos químicos potencialmente prejudiciais à saúde quando não são devidamente controlados.[2]

A relevância do controle microbiológico da água tem sido amplamente documentada. reportou um surto de gastroenterite causado por *Shigella sonnei* associado ao consumo de água de abastecimento público contaminada, mostrando que falhas nos sistemas de desinfecção podem desencadear problemas importantes de saúde pública. Estas conclusões destacam a necessidade de implementar sistemas de monitorização contínua que permitam a detecção atempada de riscos microbiológicos e a prevenção de surtos epidémicos.[3]

Nas últimas décadas, a percepção de insegurança relativamente à água da rede tem impulsionado um crescimento sustentado no consumo de água engarrafada em todo o mundo. O mercado global de água engarrafada mobiliza milhares de milhões de dólares anualmente e continua a expandir-se devido à percepção dos consumidores de maior pureza e segurança na saúde. No entanto, vários estudos demonstraram que a qualidade da água engarrafada pode ser afetada por fatores relacionados com a origem da bacia hidrográfica, os processos de tratamento, as condições de engarrafamento, armazenamento e distribuição, gerando variabilidade entre marcas e lotes de produção.[4]

No Equador, o consumo de água engarrafada aumentou significativamente devido à dependência limitada de algumas fontes públicas de abastecimento. Na cidade de Guayaquil, 83,8% dos consumidores relatam usar água engarrafada regularmente, associando este produto a atributos de segurança, pureza e qualidade. No entanto, pesquisas realizadas em Quito mostraram que, embora os parâmetros físico-químicos da água mineral engarrafada estejam geralmente em conformidade com regulamentos nacionais e internacionais, algumas amostras apresentaram concentrações moderadas de bactérias e microrganismos heterotróficos do género *Pseudomonas*, o que demonstra a necessidade de manter controles microbiológicos periódicos para garantir a segurança do produto [5]

Apesar da abundância de recursos hídricos no Equador, persistem desafios significativos relacionados com a qualidade da água. Em particular, os indicadores microbiológicos continuam a ser ferramentas fundamentais para determinar a segurança sanitária dos recursos hídricos, pois permitem a identificação da possível presença de microrganismos patogénicos associados à contaminação fecal e outros riscos emergentes. Entre estes últimos, destaca-se a proliferação de cianobactérias produtoras de cianotoxina, atualmente consideradas uma ameaça crescente à saúde pública e aos ecossistemas aquáticos. Fatores como o aumento dos nutrientes, especialmente azoto e fósforo, bem como o aumento da temperatura associado às alterações climáticas, favorecem os processos

de eutrofização e a proliferação de microrganismos potencialmente tóxicos.[6]

As cianobactérias possuem um metabolismo secundário capaz de produzir compostos tóxicos como microcistinas, anatoxinas e cilindrosperopsinas, que têm efeitos hepatotóxicos, neurotóxicos e dermatotóxicos nos organismos aquáticos e nos humanos. Estas toxinas podem ser libertadas para o ambiente durante a senescência celular, aumentando o risco de exposição através do consumo de água contaminada, atividades recreativas e da cadeia alimentar.[7]

A província de Guayas representa um cenário de especial interesse devido à crescente pressão antropogénica sobre os seus recursos hídricos. Estudos recentes identificaram contaminação microbiológica em fontes destinadas ao consumo humano. reportou a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água engarrafada comercializadas em diferentes cantões da província, enquanto detetaram genes associados à produção de microcistinas e celinesperopsinas em amostras do rio Daule. Estas descobertas mostram a existência de potenciais riscos para a saúde mesmo na ausência de proliferações visíveis de cianobactérias.[8]

Além disso, a bacia de Guayas enfrenta disponibilidade limitada de informação sobre os fatores que desencadeiam proliferações de algas nocivas e a produção de toxinas em ecossistemas tropicais. Pesquisas recentes indicam que os limiares específicos das variáveis físico-químicas e climáticas que favorecem estes fenómenos na região ainda são desconhecidos. Esta situação é particularmente preocupante, tendo em conta que as alterações climáticas podem aumentar a frequência e intensidade das florações tóxicas, gerando maiores riscos para a saúde humana e ambiental.[9]

Do ponto de vista da saúde pública, a gestão da qualidade da água requer uma abordagem abrangente que considere tanto os riscos microbiológicos tradicionais como as ameaças emergentes associadas a contaminantes biológicos e químicos. Sob o paradigma de "Uma Saúde" (*One Health*), é essencial reconhecer a estreita interrelação entre a saúde humana, a saúde animal e a saúde dos ecossistemas aquáticos. Neste contexto, a avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água é uma ferramenta fundamental para a identificação precoce de riscos, a formulação de estratégias de mitigação e a proteção da saúde da população.[10]

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar a qualidade da água através da determinação de indicadores físico-químicos e microbiológicos, com ênfase na identificação de riscos para a saúde associados a microrganismos indicadores e contaminantes emergentes, contribuindo para o reforço dos sistemas de vigilância e gestão da qualidade da água na província de Guayas.[11]

1.1. Gestão de riscos para a saúde em sistemas de água para consumo humano.

A gestão do risco para a saúde nos sistemas de água para consumo humano é uma abordagem abrangente destinada a identificar, avaliar e controlar riscos que possam comprometer a saúde da população. Vários estudos indicaram que a garantia de água segura não depende apenas do cumprimento dos parâmetros regulamentares, mas também da implementação de estratégias dinâmicas que permitam antecipar e mitigar riscos ao longo da cadeia de abastecimento, desde a origem até ao consumidor final. Neste contexto, o conceito de gestão de risco evoluiu de uma abordagem reativa para modelos preventivos, nos quais a identificação precoce dos perigos e a redução da sua probabilidade de ocorrência são priorizadas. [12]

Do ponto de vista metodológico, a literatura recente sugere que os sistemas de gestão de risco na água potável devem basear-se em ferramentas como os Planos de Segurança da Água, que integram análise de riscos, avaliação de vulnerabilidade e a implementação de medidas de controlo em cada etapa do processo. Esta abordagem reconhece que os riscos para a saúde podem originar-se de contaminantes microbiológicos, bem como de compostos químicos e, mais recentemente, de contaminantes emergentes como as cianotoxinas. Da mesma forma, é enfatizada a necessidade de considerar fatores como a variabilidade ambiental, a influência antropogénica e as condições de funcionamento dos sistemas de tratamento e distribuição, que podem atuar como determinantes críticos na geração e propagação do risco.[13]

Em relação às variáveis analisadas neste estudo, a gestão do risco para a saúde adquire particular relevância, pois evidencia a interação entre parâmetros físico-químicos e microbiológicos como determinantes da qualidade da água. A literatura destacou que níveis subótimos de desinfetantes, como o cloro residual, podem reduzir a capacidade de controlo microbiológico, enquanto a presença de nutrientes como nitratos e fosfatos pode favorecer processos de eutrofização e o desenvolvimento de microrganismos potencialmente nocivos. Neste sentido, a avaliação integrada destes parâmetros permite não só diagnosticar o estado atual da água, mas também inferir condições que podem aumentar a probabilidade de riscos para a saúde ao longo do tempo.[14]

Consequentemente, a adoção de uma abordagem de gestão de risco na análise de água engarrafada é essencial para transcender esquemas tradicionais baseados no cumprimento dos limites permitidos e avançar para modelos preditivos e preventivos. A identificação da variabilidade nos parâmetros avaliados e a deteção de eventos específicos de poluição mostram a necessidade de reforçar os sistemas de monitorização e controlo, incorporando indicadores que permitam antecipar riscos emergentes. Desta forma, este estudo enquadra-se numa perspetiva abrangente que procura contribuir para o desenvolvimento de estratégias

mais robustas para a proteção da saúde pública na província de Guayas.[15]

1.2. Indicadores físico-químicos como ferramentas para avaliar a qualidade da água.

Os indicadores físico-químicos são ferramentas fundamentais para a avaliação da qualidade da água destinada ao consumo humano, pois permitem caracterizar as suas propriedades químicas e físicas, bem como identificar possíveis alterações derivadas de processos naturais ou atividades antropogénicas. Estudos demonstraram que parâmetros como pH, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais e concentração de nutrientes fornecem informações essenciais sobre o estado da água e a sua adequação ao consumo. Neste sentido, estes indicadores não só refletem a qualidade intrínseca do recurso hídrico, como também atuam como sinais precoces de possíveis processos de contaminação ou deterioração.[2]

Do ponto de vista analítico, a literatura recente sugere que a interpretação dos indicadores físico-químicos deve ser abordada de forma integrada, considerando as interações entre variáveis e a sua influência na estabilidade do sistema aquático. O pH, por exemplo, condiciona a solubilidade dos compostos químicos e a atividade biológica, enquanto a condutividade e os sólidos dissolvidos totais estão associados à mineralização da água e à presença de iões dissolvidos. Por outro lado, nutrientes como nitratos, nitritos e fosfatos desempenham um papel central nos processos de eutrofização, atuando como fatores limitantes para o crescimento de microrganismos. Esta abordagem sistémica permite-nos compreender que a qualidade da água não depende de um único parâmetro, mas sim da complexa interação entre múltiplas variáveis que podem amplificar ou mitigar riscos para a saúde.[16]

Em relação às variáveis analisadas neste estudo, os indicadores físico-químicos adquirem uma relevância especial, pois apresentam padrões de variabilidade que podem estar associados tanto à origem da água como aos processos de tratamento e armazenamento. Concentrações moderadas de nitratos e fosfatos, combinadas com baixos níveis de cloro residual, sugerem condições potencialmente favoráveis para a proliferação de microrganismos, incluindo cianobactérias produtoras de toxinas. Além disso, a variabilidade observada em parâmetros como condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais indica diferenças na composição química entre amostras, o que pode influenciar a estabilidade da água e a eficiência dos processos de desinfecção. Desta forma, os indicadores físico-químicos não só nos permitem avaliar a qualidade atual da água, como também inferir processos subjacentes que podem afetar a sua segurança ao longo do tempo.[17]

Consequentemente, embora os indicadores físico-químicos sejam amplamente utilizados como critérios de controlo nas regulamentações sanitárias, a sua capacidade de garantir a segurança da água é limitada quando considerados isoladamente. A literatura destacou que o cumprimento dos

valores permitidos não implica necessariamente a ausência de risco, especialmente em contextos onde existem contaminantes emergentes ou condições que favorecem a proliferação biológica. Por isso, a análise destes indicadores deve ser integrada numa abordagem mais ampla de gestão de risco, na qual a sua interpretação é complementada por dados microbiológicos e pela avaliação de fatores ambientais e operacionais. Neste contexto, o presente estudo pretende demonstrar a necessidade de uma avaliação multidimensional para melhorar a vigilância e o controlo da qualidade da água engarrafada em ambientes com elevada pressão antropogénica.[18]

1.3. Indicadores microbiológicos e risco associado à contaminação fecal.

Os indicadores microbiológicos são um dos pilares fundamentais na avaliação da qualidade sanitária da água para consumo humano, devido à sua capacidade de evidenciar a possível presença de microrganismos patogénicos associados à contaminação fecal. Vários estudos indicaram que a deteção de bactérias indicadoras, particularmente *Escherichia coli*, permite inferir a existência de contaminação recente e, portanto, a possível presença de agentes etiológicos responsáveis por doenças transmitidas pela água. Neste sentido, os indicadores microbiológicos não só cumprem uma função de monitorização, como também representam um critério direto de segurança, uma vez que a sua presença implica um risco imediato para a saúde pública. [19]

Do ponto de vista conceptual, a literatura científica consolidou o uso da *E. coli* como marcador universal de contaminação fecal devido à sua especificidade, abundância no trato intestinal de animais de sangue quente e facilidade de deteção por métodos padronizados. Esta abordagem baseia-se na premissa de que a introdução de matéria fecal nos sistemas aquáticos implica a possível presença de agentes patogénicos como bactérias, vírus e protozoários, que podem não ser diretamente detetados devido à sua complexidade analítica. No entanto, também se reconhece que os indicadores microbiológicos têm limitações, pois nem sempre refletem a presença de todos os agentes patogénicos nem captam totalmente a dinâmica dos contaminantes emergentes, reforçando a necessidade de complementar a sua análise com outros parâmetros.[20]

No contexto do presente estudo, a avaliação microbiológica é de importância crítica, pois revela a presença de *E. coli* em certas amostras de água engarrafada, o que é evidência direta de falhas nos processos de desinfecção, embalagem ou armazenamento. A coexistência de amostras livres de contaminação com outras com elevadas concentrações de unidades formadoras de colónias sugere uma variabilidade significativa na qualidade sanitária entre marcas e lotes. Esta heterogeneidade, em combinação com baixos níveis de cloro residual observados na análise físico-química, indica condições propícias à sobrevivência e proliferação microbiana, aumentando a probabilidade de exposição a agentes patogénicos. Além disso, este cenário demonstra a

vulnerabilidade do sistema a eventos de contaminação pós-tratamento, que podem ocorrer mesmo quando a água inicialmente cumpre os padrões de qualidade.[21]

Consequentemente, a interpretação de indicadores microbiológicos no âmbito da gestão de riscos para a saúde requer uma abordagem que vá além da verificação atempada do cumprimento regulatório e esteja orientada para compreender a dinâmica da contaminação e exposição. A presença de eventos esporádicos mas significativos de contaminação fecal sugere um modelo de risco caracterizado por baixa frequência e alta gravidade, o que é particularmente relevante em termos de saúde pública. Por isso, a integração de indicadores microbiológicos com variáveis físico-químicas e ambientais está posicionada como uma estratégia fundamental para o desenvolvimento de sistemas de vigilância mais robustos, capazes de antecipar riscos e garantir a segurança da água engarrafada em contextos de elevada pressão antropogénica.[22]

1.4. Cianobactérias e cianotoxinas como contaminantes emergentes.

As cianobactérias, também conhecidas como algas azul-esverdeadas, são um grupo de microrganismos fotossintéticos amplamente distribuídos em ecossistemas aquáticos, cuja relevância para a saúde aumentou significativamente nas últimas décadas. Vários estudos indicaram que, sob certas condições ambientais, estas microalgas podem proliferar massivamente, gerando proliferações de algas nocivas que comprometem a qualidade da água. Este fenómeno, conhecido como eutrofização, está principalmente associado ao enriquecimento de nutrientes como azoto e fósforo, bem como a fatores climáticos como o aumento da temperatura e a estabilidade da coluna de água. Neste contexto, as cianobactérias foram reconhecidas como contaminantes emergentes devido à sua capacidade de alterar as condições físico-químicas da água e de produzir compostos tóxicos com implicações diretas para a saúde pública.[23]

Do ponto de vista toxicológico, a literatura científica documentou que muitas espécies de cianobactérias são capazes de sintetizar metabólitos secundários conhecidos como cianotoxinas, entre as quais se destacam microcistinas, anatoxinas e cilioperopsinas. Estes compostos apresentam uma grande variedade de efeitos adversos, incluindo toxicidade hepática, neurotoxicidade e efeitos dermatológicos, dependendo da via de exposição e da dose ingerida. A nível molecular, as microcistinas, por exemplo, atuam como inibidores potentes das enzimas fosfatase, perturbando processos celulares críticos e causando danos nos tecidos. A complexidade destas toxinas reside na sua estabilidade química e na sua capacidade de persistir na água mesmo após a morte celular das cianobactérias, o que amplifica o risco de exposição tanto em água crua como em água tratada.[24]

Em relação às variáveis analisadas no presente estudo, a presença de nutrientes como fosfatos e nitratos assume um

papel central como fatores limitantes na proliferação das cianobactérias. A literatura recente sugere que concentrações moderadas destes compostos podem ser suficientes para desencadear processos de crescimento de algas em sistemas aquáticos, especialmente em condições térmicas favoráveis, como as observadas em ambientes tropicais. Da mesma forma, a baixa concentração de cloro residual identificada em algumas amostras pode limitar a capacidade de inibição destes microrganismos em sistemas de armazenamento a longo prazo. Embora a análise inicial não tenha mostrado presença significativa de cianotoxinas, a observação de crescimento sob condições experimentais subsequentes sugere a existência de um potencial de proliferação latente, o que reforça a hipótese da vulnerabilidade do sistema a este tipo de contaminantes. [25]

Consequentemente, a inclusão das cianobactérias e das suas toxinas na análise da qualidade da água responde à necessidade de expandir a abordagem tradicional para uma perspectiva de risco emergente. A literatura destacou que os sistemas convencionais de monitorização, focados em parâmetros físicoquímicos e microbiológicos clássicos, podem ser insuficientes para detetar estes riscos precocemente. Por isso, a integração dos indicadores associados à eutrofização e a vigilância específica das cianotoxinas é posicionada como um componente crítico na gestão do risco para a saúde. Neste sentido, o presente estudo contribui para evidenciar a importância de considerar estes contaminantes emergentes na avaliação da qualidade da água engarrafada, particularmente em regiões com condições ambientais favoráveis à sua proliferação. [26]

1.5. Água engarrafada: percepção da qualidade, riscos reais e desafios de controlo.

O consumo de água engarrafada tem registado um crescimento sustentado a nível global, impulsionado principalmente pela percepção de maior pureza, segurança para a saúde e qualidade organoléptica em comparação com a água da rede elétrica. Vários estudos indicaram que esta preferência responde tanto a fatores de confiança institucional como a experiências anteriores relacionadas com a qualidade da oferta pública. Em contextos urbanos com elevada pressão sobre os sistemas de abastecimento, como acontece em várias cidades da América Latina, a escolha da água engarrafada está associada à procura de uma redução do risco percebido para a saúde, posicionando-se como uma alternativa aparentemente mais segura para o consumo humano. [27]

No entanto, a literatura recente sugere que existe uma diferença significativa entre a percepção da qualidade e os riscos reais associados à água engarrafada. Apesar de estar sujeita a regulamentos específicos, a sua qualidade pode ser comprometida por múltiplos fatores ao longo da cadeia de valor, incluindo a origem da captura, os processos de tratamento, as condições de engarrafamento, bem como o armazenamento e distribuição. A ausência de um residual

desinfetante adequado, juntamente com a exposição a condições ambientais variáveis, pode favorecer a proliferação de microrganismos ou a alteração das características físicoquímicas da água. Este conjunto de fatores mostra que a água engarrafada não é um produto inerentemente livre de riscos, mas que a sua segurança depende de um controlo sistemático e contínuo. [28]

No âmbito deste estudo, a avaliação dos parâmetros físicoquímicos e microbiológicos revela a existência de variabilidade entre marcas e lotes, o que reforça a hipótese de que os sistemas de controlo de qualidade não são homogêneos na prática. A deteção de baixos níveis de cloro residual, juntamente com a presença de nutrientes e eventos específicos de contaminação microbiológica, sugere que as condições de produção e gestão podem gerar cenários propícios à deterioração da qualidade da água. Além disso, a possível interação entre estes fatores e a proliferação de contaminantes emergentes, como as cianobactérias, introduz uma dimensão adicional de risco que nem sempre é considerada nos sistemas tradicionais de vigilância.

Consequentemente, os desafios no controlo da qualidade da água engarrafada exigem a adoção de abordagens mais abrangentes baseadas na gestão do risco para a saúde, que incorporem a monitorização simultânea de variáveis físicoquímicas, microbiológicas e emergentes. A literatura tem enfatizado a necessidade de reforçar os sistemas de rastreabilidade, melhorar os protocolos de desinfecção e garantir condições adequadas de armazenamento e distribuição para minimizar a probabilidade de contaminação. Neste contexto, este estudo contribui para evidenciar a importância de repensar os modelos de avaliação da qualidade da água engarrafada, promovendo uma visão mais crítica e baseada em evidências que proteja eficazmente a saúde dos consumidores em ambientes de elevada procura e potencial de exposição. [29]

2.- Materiais e métodos.

O presente estudo optou por um desenho metodológico quantitativo que integrou a análise laboratorial com a recolha de informação contextual sobre o consumo de água engarrafada na província de Guayas.

1. Recolha de amostras

Amostras de água engarrafada foram recolhidas em vários pontos de distribuição na cidade de Guayaquil, incluindo supermercados, lojas de bairro e vendedores ambulantes. A amostra incluiu diferentes marcas e lotes de produção, que foram determinados por um inquérito aplicado a consumidores que utilizavam o Google Forms como plataforma digital para determinar as marcas mais consumidas, de modo a obter uma visão representativa da qualidade da água que chega à população. O tamanho da amostra foi definido por amostragem probabilística, considerando a acessibilidade e disponibilidade dos produtos no mercado. [30]

2. Parâmetros analisados

No laboratório, foram realizadas análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e a proliferação de cianobactérias, utilizando o seguinte equipamento e suprimentos:

- Nutrientes (fosfatos, nitritos e nitratos): Foram determinados com o equipamento do espectrofotômetro Hach DRY 900, utilizando reagentes específicos para cada um destes parâmetros.
- Cloro livre residual: Este foi medido com o espectrofotômetro Hach DRY 900, seguindo os protocolos indicados pelo fabricante.
- pH: Foi quantificada com um medidor de pH digital.
- *Escherichia coli* foi realizada por método de filtração e cianobactérias (Microcistina - RL)

3. Procedimento de análise

Cada amostra foi devidamente processada para garantir a fiabilidade dos resultados. Os valores obtidos foram comparados com os limites máximos permitidos estabelecidos pela Norma Técnica Equatoriana NTE INEN 2200:2017 – Água Purificada Engarrafada, bem como com as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) para água destinada ao consumo humano.

4. Métodos Microbiológicos

A detecção de microcistinas nas amostras de água foi realizada utilizando o kit MicroCystest® (Zeulab, Espanha), um método baseado na inibição da enzima fosfatase proteica 2A (PP2A), o mecanismo biológico responsável pela toxicidade das microcistinas e nodularinas. Esta metodologia permite determinar a verdadeira toxicidade potencial das amostras, detetando diferentes variantes de microcistinas presentes na água.

O procedimento consistia em adicionar 50 µL de amostra ou padrão em cada poço de uma microplaca, seguido da incorporação da solução de fosfatase e do substrato cromogénico. As amostras foram então incubadas a 37 °C durante 30 minutos. No final do período de incubação, foi adicionada a solução de parada e a leitura espectrofotométrica foi realizada a um comprimento de onda de 405 nm. A concentração de microcistinas foi determinada através de uma curva de calibração elaborada com padrões microcistina-LR.

A validação analítica do método incluiu a determinação do limite de detecção (0,09 µg/L) e do limite de quantificação (0,23 µg/L), bem como a avaliação da precisão e exatidão através de testes de repetibilidade, precisão intermédia e recuperação.

Pela determinação da *Escherichia coli*. Foi realizada por filtração de membrana de 100 mL, o filtro é retirado e colocado no meio seletivo para *E. coli* em azul, e no ágar m-TEC, usado no método EPA 1103.2, que consiste em: a) Filtração: Um volume conhecido de amostra de água é filtrado através de uma membrana de filtração

(normalmente com um tamanho de poro de 0,45 µm), retendo bactérias na superfície; b) Cultura: A membrana é colocada sobre uma placa de Petri com ágar mTEC. c) Incubação: É incubada a alta temperatura (normalmente 44,5 °C durante 24 horas) para inibir bactérias indesejadas d) Contagem: Após a incubação, *E. coli* forma colônias amarelo-esverdeadas, que são contadas diretamente como unidades formadoras de colônias (CFUs) por 100 mL de amostra.

3.- Resultados.

Os resultados obtidos são apresentados nas seguintes tabelas dos parâmetros determinados pelas análises físicas, químicas e microbiológicas

Tabela 1. Análise de água usando o HACH DRY 900

Mostra	Marca	Cloro livre (mg/L)	Fosfato (mg/L)	nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)
ACB	Água Pura	0,02	1,6	1,2	0,001
ACF	Tesalia	0,03	2,0	2,0	0,007
ACF	Montaña	0,02	1,2	1,5	0,002
ANA	Ok	0,04	1,8	0,3	0,004
ASG	Ok	0,03	0,9	0,9	0,006
ACB	Ok	0,04	1,0	0,7	0,004
SCB	Aqua Premium	0,03	1,0	1,1	0,004
SNA	Omizu	0,02	1,4	4,7	0,004
SCB	Vivant	0,01	1,1	1,3	0,002
SSG	Aqua Premium	0,01	1,5	1,2	0,007
SSG	Omizu	0,02	1,1	3,8	0,006
SSD	Tesalia	0,03	2,6	2,3	0,003
SSD	Vivant	0,01	0,9	1,0	0,004
SSG	Água Pura	0,02	1,8	1,6	0,001
SSD	Cielo	0,04	1,1	0,7	0,005
SSD	Totalmente Natural	0,03	1,7	1,3	0,001
SSD	Dasani	0,02	1,3	1,1	0,004
TCF	Montaña	0,02	1,3	1,6	0,001
TNA	Vivant	0,02	0,9	1,3	0,002
TNA	Água Pura	0,07	1,5	1,1	0,005
TNA	Cielo	0,06	1,0	0,4	0,006
TNA	Totalmente Natural	0,03	1,3	1,1	0,002
TNA	Dasani	0,03	1,1	0,9	0,009
TNA	omizu	0,03	1,3	3,5	0,004
TNA	Tesalia	0,05	2,7	2,8	0,008
TNA	Aqua Premium	0,03	1,4	0,8	0,005
TSG	Montaña	0,02	1,5	1,4	0,021
ACB	Totalmente Natural	0,04	1,3	1,1	0,009
ACB	Cielo	0,03	0,9	0,6	0,007
ACB	Dasani	0,03	1,4	0,8	0,004

A caracterização físicoquímica apresentada na Tabela 1 mostra uma variabilidade relevante entre marcas nos principais parâmetros associados tanto à qualidade da água como ao potencial desenvolvimento de riscos sanitários, o que reflete heterogeneidade nos processos de recolha, tratamento e controlo na indústria da água engarrafada na província de Guáias. Em termos de cloro livre residual, os valores variaram entre 0,01 e 0,07 mg/L, consistentemente abaixo do intervalo recomendado pela Organização

Mundial de Saúde (0,2–0,5 mg/L) para garantir uma desinfecção eficaz durante o armazenamento e distribuição. Esta condição implica uma persistência limitada do efeito desinfetante, o que aumenta a probabilidade de recontaminação microbiológica pós-engarrafamento, especialmente sob condições de manuseamento inadequadas ou exposição ambiental prolongada. A ampla variedade observada também sugere inconsistências nos protocolos de cloração entre diferentes marcas e lotes, o que constitui um fator de incerteza na gestão do risco para a saúde.

Quanto aos nutrientes dissolvidos, os fosfatos apresentavam concentrações entre 0,9 e 2,7 mg/L, enquanto os nitratos variavam entre 0,3 e 4,7 mg/L. Embora estes valores estejam abaixo dos limites máximos permitidos estabelecidos por regulamentos internacionais para o consumo humano, a sua presença em concentrações relativamente elevadas em certas amostras, particularmente em marcas como a Thessaly e a Omizu, sugere contribuições de origem antropogénica associadas ao escoamento agrícola ou influências urbanas. Do ponto de vista ecológico e de saúde, estes nutrientes são um fator limitador chave nos processos de eutrofização e podem promover a proliferação de cianobactérias em sistemas aquáticos, incluindo nas cadeias de abastecimento de água tratada. Neste sentido, a coexistência de níveis moderados de azoto e fósforo aumenta a probabilidade de gerar condições tróficas favoráveis ao desenvolvimento de proliferações de algas nocivas e à produção eventual de cianotoxinas, o que representa um risco emergente que transcende os controlos físico-químicos convencionais.

Em relação aos nitritos, as concentrações registadas foram geralmente baixas (0,001–0,021 mg/L), contudo, a presença de valores pontuais elevados, como na amostra correspondente à marca Montaña (0,021 mg/L), pode ser interpretada como um indicador de processos recentes de contaminação ou transformação incompleta do azoto, refletindo possíveis deficiências na qualidade do tratamento ou nas condições de armazenamento. Do ponto de vista do risco para a saúde, embora as concentrações não atinjam níveis agudos de toxicidade, a deteção de nitritos adquire relevância epidemiológica, pois está associada à formação de compostos potencialmente nocivos, como as nitrosaminas, e a efeitos adversos em populações vulneráveis.

De forma integrada, a análise da Tabela 1 mostra que, embora os parâmetros avaliados estejam dentro dos intervalos admissíveis na maioria dos casos, a variabilidade observada e a combinação de fatores como baixo nível de cloro residual e a presença de nutrientes criam um cenário propício ao aumento do risco para a saúde. Em particular, a convergência de condições que favorecem tanto a sobrevivência microbiana como a disponibilidade de nutrientes representa um risco potencial de deterioração da qualidade da água durante a sua vida útil, evidenciando a necessidade de reforçar os sistemas de controlo,

implementar estratégias de monitorização contínua e adotar uma abordagem preventiva baseada numa gestão abrangente de riscos.

Tabela 2. Resultados das amostras analisadas de acordo com estatísticas descritivas

Variável numérica	# de dados	Media	Desvio Padrão	Mediana	Média das culturas (10%)
Cloro_livre (mg/L)	29	0,030	0,0138	0,03	0,0284
pH	30	7,141	0,4249	7,29	7,1958
Fosfatos (mg/L)	30	1,387	0,4508	1,3	1,3167
Nitratos (mg/L)	30	1,470	1,0154	1,15	1,2833
Nitritos (mg/L)	30	0,005	0,0038	0,004	0,0044
uS/cm	30	221,667	216,8998	198,5	179,54
T °C	30	25,047	0,5829	25,1	25,125
ppm	30	110,800	108,5247	99,5	89,750
mV	30	334,367	34,4528	330	333,541

A análise das estatísticas descritivas apresentadas na Tabela 2 permite-nos avaliar a tendência central, dispersão e estabilidade dos parâmetros físico-químicos, fornecendo uma base inferencial para interpretar a qualidade da água e as suas implicações no risco para a saúde. No caso do cloro livre residual, observa-se uma média de 0,030 mg/L com um desvio padrão de 0,0138, indicando baixa variabilidade relativa mas níveis consistentemente reduzidos na maioria das amostras. A coincidência entre a média, mediana (0,03 mg/L) e a média reduzida (0,0284 mg/L) sugere uma distribuição aproximadamente simétrica, sem valores extremos influentes, reforçando a evidência de uma tendência sistemática para concentrações subótimas de cloro residual. Do ponto de vista da saúde, esta homogeneidade em níveis baixos implica um cenário generalizado de capacidade insuficiente de desinfetante, aumentando consistentemente a probabilidade de sobrevivência ou reintrodução de microrganismos durante a cadeia de distribuição.

O pH tem uma média de 7,141 com um desvio padrão moderado (0,4249), indicando uma distribuição relativamente estável em torno da neutralidade. A diferença entre a média e a mediana (7,29) sugere uma ligeira assimetria em direção a valores mais baixos, embora sem desvios críticos do intervalo recomendado. A proximidade entre a média aritmética e a média aparada mostra a ausência de valores atípicos significativos, indicando condições químicas relativamente homogêneas entre as amostras. Embora estes valores não representem um risco direto para a saúde, a sua estabilidade contribui para a manutenção de condições físico-químicas favoráveis aos processos biológicos, o que se torna relevante na presença de outros fatores, como a disponibilidade de nutrientes.

Em relação aos fosfatos, a média de 1,387 mg/L e o desvio padrão de 0,4508 refletem uma variabilidade moderada, com uma ligeira diferença em relação à mediana (1,3 mg/L),

indicando uma ligeira assimetria positiva. Esta característica sugere a presença de algumas amostras com concentrações relativamente elevadas que aumentam a média. Do ponto de vista ambiental, a persistência dos níveis de fósforo nesta gama pode favorecer os processos de enriquecimento trófico, especialmente quando combinada com concentrações apreciáveis de azoto, criando condições propícias à proliferação de cianobactérias e aumentando o risco potencial de produção de cianotoxinas.

O comportamento dos nitratos apresenta uma média de 1,470 mg/L com um desvio padrão elevado (1,0154), o que indica uma elevada dispersão dos dados. A diferença entre a média e a mediana (1,15 mg/L), bem como a redução na média de corte (1,2833 mg/L), sugerem a presença de valores extremamente elevados que induzem uma assimetria positiva na distribuição. Este padrão implica que, embora a maioria das amostras tenha níveis moderados, existem casos específicos com concentrações significativamente mais elevadas que podem estar associadas a fontes específicas de contaminação. Do ponto de vista do risco, esta heterogeneidade indica que certos lotes ou marcas têm maior probabilidade de contribuir para processos de eutrofização ou de apresentar falhas no controlo da qualidade da água de origem.

Os nitritos têm uma média de 0,005 mg/L e um desvio padrão de 0,0038, refletindo uma variabilidade relativamente elevada em relação ao seu valor médio. A mediana (0,004 mg/L) e a média reduzida (0,0044 mg/L) indicam uma ligeira assimetria em relação a valores mais elevados, o que pode ser interpretado como evidência de eventos específicos de contaminação recente. Embora as concentrações permaneçam baixas em termos absolutos, a sua variabilidade relativa sugere instabilidade nos processos de oxidação do azoto, o que pode implicar riscos indiretos associados à formação de subprodutos potencialmente nocivos.

Os parâmetros associados à mineralização da água, como a condutividade elétrica (221,667 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e os sólidos dissolvidos totais (110,800 ppm), apresentam desvios padrão elevados (216,8998 e 108,5247 respetivamente), indicando dispersão considerável e uma heterogeneidade marcada entre as amostras. A diferença entre a média e a mediana em ambos os casos sugere a presença de valores extremamente elevados que influenciam significativamente a distribuição. Este comportamento é consistente com as diferenças nas origens da água e nos processos de tratamento, o que tem implicações tanto para a qualidade sensorial como para a estabilidade química do produto. Do ponto de vista do risco, esta variabilidade pode afetar a interação entre compostos químicos e microrganismos, influenciando indiretamente a viabilidade de certos agentes patogénicos ou a persistência de compostos potencialmente tóxicos.

Finalmente, a temperatura (média de 25,047 °C) e o potencial redox (334,367 mV) apresentam baixa

variabilidade, o que indica condições relativamente estáveis durante a análise. No entanto, a estabilidade térmica em torno de valores próximos de 25 °C pode favorecer o crescimento microbiano na ausência de controlo adequado de desinfetantes, enquanto os valores do potencial redox refletem um ambiente moderadamente oxidante que, embora contribua para o controlo microbiológico, pode não ser suficiente em combinação com baixos níveis de cloro residual.

No geral, a análise inferencial das estatísticas descritivas evidencia que, embora as médias dos parâmetros estejam dentro dos intervalos aceitáveis, a dispersão e assimetria de várias variáveis-chave, particularmente os parâmetros de nutrientes e mineralização, revelam uma heterogeneidade significativa na qualidade da água engarrafada. Esta variabilidade, somada a níveis consistentemente baixos de cloro residual, cria um cenário latente de risco para a saúde, no qual a aparente estabilidade química pode mascarar condições propícias à contaminação microbiológica e à proliferação de organismos potencialmente nocivos.

Tabela 3. Resultados da análise microbiológica

Marca	Código	Apresentação	Produção	Validade	UFC/100ml
AQUA	TNA	500 ml	26/05/25	26/07/25	0
	SSD	500 ml	26/05/25	26/07/25	0
	ACB	500 ml	26/05/25	26/07/25	0
TODA NATUREZA	TNA	625 ml	06/06/25	04/10/25	0
	SSD	625 ml	22/05/25	12/09/25	0
	ACB	625 ml	15/05/25	12/09/25	0
TESALI	TNA	625 ml	15/05/25	11/09/25	0
	SSD	625 ml	15/05/25	11/09/25	800
	ACB	625 ml	15/05/25	11/09/25	0
VIVANT	TNA	600 ml	06/05/25	03/10/25	0
	ACB	600 ml	19/05/25	16/10/25	0
	SSD	600 ml	16/04/25	13/09/25	0
PURO	TNA	500 ml	11/05/25	07/11/25	0
	ACB	500 ml	27/05/25	23/11/25	0
	SSD	500 ml	15/03/25	11/09/25	0
CIELO	TNA	625 ml	11/05/25	07/11/25	0
	ACB	625 ml	11/05/25	07/11/25	0
	SSD	625 ml	11/05/25	07/11/25	0
OK	TNA	600 ml	23/05/25	20/10/25	0
	ACB	600 ml	23/05/25	20/10/25	0
	SSD	600 ml	23/05/25	20/10/25	0
MONTA	TNA	500 ml	19/04/25	20/09/25	350
	ACB	500 ml	19/04/25	20/09/25	200
	SSD	500 ml	19/04/25	20/09/25	650
DASSANI	TNA	600 ml	19/05/25	20/08/25	0
	ACB	600 ml	19/05/25	20/08/25	0
	SSD	600 ml	19/05/25	20/08/25	0
OMIZU	TNA	500 ml	19/02/25	20/05/25	0
	ACB	600 ml	19/05/25	20/08/25	0
	SSD	600 ml	19/05/25	20/08/25	0

A análise microbiológica apresentada na Tabela 3 mostra um comportamento heterogêneo na qualidade sanitária da água engarrafada, com implicações diretas na avaliação do risco para a saúde pública. Em termos gerais, observa-se que a maioria das amostras analisadas (24 em 30) não apresentou crescimento detetável de *Escherichia coli*, o que sugere que, em condições normais, uma proporção significativa das marcas cumpre os padrões microbiológicos estabelecidos pelas regulamentações atuais, que exigem a

ausência total deste indicador na água destinada ao consumo humano. A consistência dos resultados negativos em várias marcas e lotes indica a implementação parcial de práticas adequadas de desinfecção e controle sanitário durante os processos de tratamento e embalagem.

No entanto, a detecção de *E. coli* em quatro amostras introduz um elemento crítico na avaliação do sistema, uma vez que a sua presença constitui um indicador inequívoco de recente contaminação fecal e, portanto, de uma falha na integridade microbiológica do produto. As concentrações registadas, que atingem valores até 800 CFU/100 mL na marca Tesalia (código SSD) e variam entre 200 e 650 CFU/100 mL em diferentes lotes da marca Mountain, refletem níveis significativamente elevados em comparação com o limite permitido (0 CFU/100 mL). De uma perspectiva inferencial, estes valores não representam simples desvios marginais, mas sim eventos críticos que mostram condições de contaminação substancial, com uma elevada carga microbiana que aumenta consideravelmente a probabilidade da presença de patógenos entéricos.

A distribuição dos resultados positivos também mostra um padrão específico associado a certos códigos de exemplo, particularmente SSD e, em menor grau, outros códigos da marca Mountain, o que sugere a possível existência de fatores sistemáticos relacionados com etapas específicas do processo de produção ou da cadeia de distribuição. Este comportamento aponta para a hipótese de falhas localizadas, seja em sistemas de desinfecção, em condições de armazenamento ou no manuseamento pós-engarrafamento. A coincidência das datas de produção em lotes contaminados reforça a possibilidade de eventos específicos de contaminação na fábrica ou condições ambientais adversas em determinados períodos, o que introduz uma dimensão temporal na dinâmica do risco.

A partir da abordagem de gestão do risco para a saúde, a coexistência de uma elevada percentagem de amostras compatíveis com um subconjunto pequeno mas significativamente contaminado sugere um cenário de risco não uniforme, caracterizado por uma baixa frequência de eventos mas com elevada gravidade. Este tipo de distribuição é particularmente relevante nos sistemas de água potável, uma vez que a ocorrência de eventos de contaminação microbiológica, embora esporádica, pode ter consequências desproporcionais em termos de saúde pública, incluindo surtos de doenças gastrointestinais. A magnitude dos valores observados indica que, em casos positivos, a exposição potencial excede largamente os limiares de segurança, o que aumenta a probabilidade de infeção nos consumidores.

Além disso, a interpretação destes resultados deve ser integrada com as condições físico-químicas previamente observadas, particularmente os baixos níveis de cloro residual, que limitam a capacidade de inibição microbiana durante o armazenamento. Esta interação sugere que a ausência inicial de contaminação não garante a segurança

do produto ao longo do tempo, pois condições de desinfecção subótimas podem facilitar o crescimento bacteriano em fases posteriores. Consequentemente, as evidências microbiológicas apresentadas refletem não só eventos de contaminação pontual, mas também a vulnerabilidade estrutural do sistema a falhas no controle de qualidade.

No geral, os resultados da Tabela 3 destacam a necessidade de reforçar os sistemas de garantia de qualidade microbiológica através da implementação de controles mais rigorosos, monitorização contínua e rastreabilidade dos lotes de produção. Destacam também a importância de adotar uma abordagem preventiva baseada numa gestão abrangente do risco, que não se limita ao cumprimento dos parâmetros físico-químicos, mas incorpora sistematicamente a vigilância microbiológica como eixo central para garantir a segurança da água engarrafada.

Tabela 4. Resultados das amostras analisadas de acordo com o desvio absoluto

Variável numérica	# de dados	Desvio Absoluto da Mediana	Mínimo	Máxim	Rango
Cloro livre (mg/L)	29	0,015	0,0100	0,07	0,0600
pH	30	0,222	6,2600	7,62	1,3600
Fosfatos (mg/L)	30	0,297	0,9000	2,7	1,8000
nitratos_ (mg/L)	30	0,519	0,3000	4,7	4,4000
Nitritos (mg/L)	30	0,003	0,0010	0,021	0,0200
uS/cm	30	203,116	0,0000	792	792,000
T_ °C	30	0,593	23,4000	25,8	2,4000
Ppm	30	102,299	0,0000	396	396,000
mV	30	37,065	247,000	398	151,000

A análise baseada no desvio absoluto em relação à mediana (MAD) e nas estatísticas de dispersão apresentadas na Tabela 4 permite-nos aprofundar a robustez e heterogeneidade dos parâmetros físico-químicos, fornecendo evidências inferenciais relevantes para a avaliação do risco para a saúde. Ao contrário do desvio padrão, a MAD oferece uma medida menos sensível a valores extremos, pelo que a sua interpretação é particularmente útil para identificar a estabilidade estrutural dos dados e detetar a presença de valores atípicos com potencial impacto na qualidade da água.

No caso do cloro livre residual, o desvio absoluto em relação à mediana (0,015 mg/L) juntamente com um intervalo de 0,060 mg/L revela uma dispersão moderada em torno de valores consistentemente baixos, confirmando que a baixa concentração de cloro não responde a valores pontuais, mas sim a uma condição sistemática na maioria das amostras. Este padrão reforça a hipótese de controle insuficiente do resíduo desinfetante em toda a amostra, aumentando uniformemente a vulnerabilidade a processos de recontaminação microbiológica e comprometendo a estabilidade sanitária do produto durante o armazenamento.

O pH tem um MAD de 0,222 e um intervalo relativamente limitado (1,36 unidades), indicando considerável estabilidade química entre as amostras. Esta baixa dispersão, tanto em termos absolutos como robustos, sugere que o pH não é um fator diferenciador relevante em termos de risco direto para a saúde; No entanto, o seu comportamento homogêneo dentro da gama neutra a ligeiramente alcalina pode facilitar a persistência de certos microrganismos na ausência de mecanismos desinfetantes eficazes, especialmente quando combinado com outros fatores limitantes, como baixo cloro residual.

No que diz respeito aos fosfatos, o MAD de 0,297 mg/L e o intervalo de 1,8 mg/L apresentam uma variabilidade intermédia com a presença de valores relativamente elevados. Este comportamento sugere que, embora a maioria das amostras tenha concentrações próximas da mediana, existem aumentos significativos em certas condições que podem favorecer os processos de enriquecimento trófico. Neste contexto, o fósforo continua a posicionar-se como um fator crítico na avaliação do risco ecológico, uma vez que pequenas variações na sua concentração podem desencadear alterações substanciais na dinâmica biológica, particularmente em sistemas suscetíveis à proliferação de cianobactérias.

A análise dos nitratos mostra um MAD de 0,519 mg/L e uma ampla gama de 4,4 mg/L, o que revela uma elevada heterogeneidade na distribuição deste nutriente. A combinação de uma dispersão robusta relativamente alta com uma ampla gama sugere a coexistência de dois comportamentos: um grupo maioritário de valores moderados e uma fração de amostras com concentrações significativamente mais elevadas. A partir da abordagem do risco para a saúde, esta distribuição não uniforme implica que certos lotes apresentam condições mais favoráveis para os processos de eutrofização ou refletem possíveis influências de fontes externas de contaminação, aumentando a incerteza na qualidade da água.

No caso dos nitritos, a MAD é baixa (0,003 mg/L), mas o seu intervalo (0,020 mg/L) indica a presença de valores extremos que, embora raros, são relevantes devido à sua importância para a saúde. Esta discrepância entre a estabilidade central e a amplitude do intervalo sugere eventos recentes de poluição ou falhas na oxidação completa do azoto. Do ponto de vista epidemiológico, mesmo pequenas concentrações de nitritos podem ter implicações em populações vulneráveis, reforçando a necessidade de considerar não só a magnitude, mas também a variabilidade deste parâmetro.

Os parâmetros associados à mineralização, como a condutividade elétrica e os sólidos dissolvidos totais, apresentam os valores de dispersão mais elevados, com MAD de 203,116 μ S/cm e 102,299 ppm respetivamente, e intervalos extremamente amplos (792 μ S/cm e 396 ppm). Esta elevada variabilidade confirma uma heterogeneidade marcada na origem da água e nos processos de tratamento

aplicados pelas diferentes marcas. Do ponto de vista da saúde, esta diversidade composicional pode influenciar a estabilidade química da água e a interação entre microrganismos e a matriz aquosa, afetando indiretamente a persistência dos contaminantes e a eficiência dos processos de desinfecção.

Por fim, a temperatura e o potencial redox apresentam valores de MAD relativamente baixos em comparação com os seus intervalos, o que indica condições de estabilidade operacional durante a amostragem, embora com uma certa amplitude que pode responder a variações no armazenamento e manuseamento. Uma temperatura em torno dos 25 °C, combinada com valores moderados de potencial redox, pode contribuir para a viabilidade microbiana na ausência de controlo químico adequado, reforçando assim a interação entre variáveis físico-químicas e microbiológicas na construção do risco para a saúde.

No geral, a análise robusta de dispersão confirma que a qualidade da água engarrafada depende não só dos valores médios dos parâmetros, mas também da sua variabilidade estrutural e da presença de valores extremos. A coexistência de estabilidade em alguns parâmetros e alta heterogeneidade noutros configura um cenário complexo em que o risco para a saúde não é homogêneo, mas está distribuído de forma desigual entre amostras, marcas e lotes. Este comportamento destaca a necessidade de abordagens de monitorização que incorporem métricas robustas de variabilidade e permitam a identificação precoce de condições críticas que possam comprometer a segurança do produto.

Tabela 5. Resultados das amostras testadas para viés

Variável numérica	# de dados	Sesgo	Curtose	Erro Médio Padrão
Cloro_livre (mg/L)	29	1,014	1,0780	0,002554
pH	30	-1,093	-0,2706	0,0775693
Fosfatos (mg/L)	30	1,357	1,5780	0,0823133
nitratos (mg/L)	30	1,656	2,1482	0,1853949
nitritos (mg/L)	30	2,376	7,7043	0,000698
μ S/cm	30	1,459	1,5211	39,600312
T °C	30	-1,185	1,1433	0,1064293
Ppm	30	1,457	1,5122	19,813812
mV	30	-0,039	-0,2561	6,290201

A análise dos coeficientes de assimetria (viés) e curtose apresentada na Tabela 5 permite-nos aprofundar a forma das distribuições dos parâmetros físico-químicos, fornecendo evidências inferenciais críticas sobre a presença de valores extremos e a sua implicação na avaliação do risco para a saúde. Em termos gerais, a predominância de vieses positivos em várias variáveis indica distribuições assimétricas à direita, o que implica a existência de valores elevados que, embora não representem a tendência central, têm um impacto significativo na qualidade do sistema e na interpretação do risco.

No caso do cloro livre residual, o viés positivo (1,014) e a curtose ligeiramente elevada (1,078) apresentam uma

distribuição assimétrica com a presença de valores altos isolados, embora a maioria das amostras esteja concentrada em níveis baixos. Este comportamento confirma que valores mais elevados de cloro, embora existam, não representam a condição dominante do sistema. Do ponto de vista da saúde, isto reforça a interpretação de que a proteção microbiológica é insuficiente na maioria dos casos e que eventos com maior resíduo cloro não compensam o déficit generalizado de desinfecção.

O pH apresenta um viés negativo (-1,093) e uma kurtose próxima de zero (-0,2706), o que indica uma ligeira concentração de valores na parte superior da gama, com uma distribuição relativamente achatada. Este padrão sugere uma estabilidade estrutural do parâmetro, com baixa presença de valores extremos. Embora o pH não represente um risco direto nos intervalos observados, a sua distribuição uniforme confirma condições físico-químicas consistentes que poderiam favorecer a persistência de microrganismos na ausência de barreiras desinfetantes adequadas.

Os fosfatos apresentam um viés positivo (1,357) e alta kurtose (1,578), indicando uma distribuição em cauda para valores elevados e uma certa concentração de dados em torno da média com a presença de picos. Este comportamento é consistente com a existência de amostras com concentrações significativamente mais elevadas que podem atuar como pontos críticos na dinâmica do sistema. A partir da abordagem de risco, estes valores elevados tornam-se relevantes ao potenciar os processos de eutrofização, aumentando a probabilidade de proliferação de cianobactérias e, conseqüentemente, de geração de cianotoxinas.

A análise de nitratos mostra um viés positivo mais pronunciado (1,656) e uma alta kurtose (2,1482), refletindo uma distribuição altamente assimétrica e leptocurística. Este padrão mostra que, embora a maioria das amostras esteja concentrada em valores moderados, existem concentrações elevadas que aumentam significativamente a média. A presença destes valores extremos sugere fontes localizadas de contaminação que geram heterogeneidade na qualidade da água. Do ponto de vista da saúde, esta distribuição implica que certos lotes têm maior potencial para contribuir para os processos de enriquecimento trófico e, portanto, para os riscos ambientais e de saúde associados.

O comportamento dos nitritos é particularmente relevante, com um viés muito elevado (2,376) e uma kurtose extremamente elevada (7,7043), indicando uma distribuição altamente concentrada em valores baixos, mas com a presença de picos extremos pouco frequentes. Este padrão sugere eventos específicos de contaminação recente ou falhas no tratamento, que, embora estatisticamente não representativas, têm uma elevada relevância para a saúde. Do ponto de vista do risco, este tipo de distribuição caracteriza cenários em que a frequência dos eventos é baixa mas a sua gravidade potencial é elevada, o que é consistente com sistemas vulneráveis a falhas esporádicas.

Parâmetros de mineralização, como condutividade (viés 1,459; kurtose 1,5211) e sólidos dissolvidos totais (viés 1,457; kurtose 1,5122), exibem comportamentos semelhantes, com assimetria positiva e alta kurtose, indicando elevada heterogeneidade na composição da água. Este padrão confirma a existência de amostras com níveis significativamente mais elevados de mineralização, que podem influenciar a estabilidade química do sistema e a interação com microrganismos. Do ponto de vista do risco, esta variabilidade pode afetar a dinâmica de sobrevivência bacteriana e a eficácia dos processos de desinfecção.

Em contraste, a temperatura apresenta um viés negativo (-1,185) e uma kurtose positiva (1,1433), indicando uma ligeira concentração de valores no extremo superior com alguma acumulação central. Este comportamento, juntamente com a baixa variabilidade anteriormente observada, sugere condições térmicas relativamente estáveis, mas em intervalos que podem favorecer o crescimento microbiano. Por outro lado, o potencial redox (mV) apresenta um viés próximo de zero (-0,039) e uma kurtose negativa (-0,2561), o que indica uma distribuição praticamente simétrica e homogênea, sem presença significativa de valores extremos.

A análise conjunta dos coeficientes de viés, kurtose e erro padrão da média permite-nos inferir que, embora alguns parâmetros tenham distribuições relativamente estáveis, outros apresentam assimetrias marcadas e caudas longas que indicam a presença de valores críticos. Esta configuração estatística é indicativa de um sistema não homogêneo, em que a qualidade da água pode variar significativamente entre amostras e onde a presença de eventos extremos, embora rara, tem um impacto desproporcional na avaliação do risco para a saúde. Neste contexto, a identificação e o controle destes valores atípicos são essenciais para o desenho de estratégias de monitorização e gestão, pois constituem os principais determinantes dos riscos emergentes associados à qualidade da água engarrafada.

4.- Discussão

4.1. Interpretação dos resultados

Os resultados obtidos mostram que a qualidade da água engarrafada avaliada não pode ser interpretada apenas sob uma abordagem de conformidade regulamentar, mas requer uma análise abrangente baseada na gestão do risco para a saúde. Embora a maioria dos parâmetros físico-químicos permaneça dentro dos intervalos permitidos, a presença de variabilidade significativa entre marcas e lotes sugere a existência de heterogeneidade nos processos de captura, tratamento e controle de qualidade. Este comportamento confirma que a qualidade da água não é uma condição estática, mas sim o resultado de dinâmicas operacionais complexas que podem gerar cenários de vulnerabilidade sanitária, mesmo em sistemas regulados.

Um achado particularmente relevante é a consistência de níveis subótimos de cloro residual, que representa um fator crítico do ponto de vista da desinfecção. Do ponto de vista técnico, o cloro residual atua como uma barreira secundária que assegura a estabilidade microbiológica da água durante o armazenamento e distribuição. A literatura estabeleceu que concentrações abaixo dos intervalos recomendados reduzem a eficácia desta barreira, aumentando a probabilidade de contaminação pós-tratamento. Neste contexto, os resultados sugerem que o sistema analisado tem uma capacidade limitada de controle microbiológico ao longo do tempo, o que poderá explicar o aparecimento de eventos específicos de contaminação detetados na análise microbiológica.[31]

Em relação aos nutrientes, a presença de nitratos, nitritos e fosfatos em concentrações moderadas, embora dentro de limites aceitáveis, adquire relevância quando considerada a partir de uma abordagem ecológica e de risco emergente. A literatura recente sugere que a disponibilidade simultânea de azoto e fósforo pode favorecer processos de eutrofização, mesmo em sistemas aparentemente controlados, particularmente em condições tropicais caracterizadas por altas temperaturas. Neste sentido, a coexistência de nutrientes com baixos níveis de desinfetante configura um cenário propício ao desenvolvimento de microrganismos, incluindo cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas, o que transcende as abordagens tradicionais de avaliação da qualidade.

Finalmente, a detecção de contaminação microbiológica num número pequeno mas significativo de amostras introduz uma dimensão crítica na interpretação dos resultados. Do ponto de vista da gestão do risco, este comportamento é consistente com sistemas caracterizados por baixa frequência de eventos mas elevada gravidade, onde a ocorrência de falhas pontuais pode gerar impactos desproporcionais na saúde pública. No geral, os resultados mostram que a aparente conformidade físicoquímica não garante a segurança da saúde, o que reforça a necessidade de adotar abordagens abrangentes que considerem a interação entre variáveis químicas, microbiológicas e ambientais.

4.2. Comparação com estudos anteriores

Os resultados obtidos são relevantes em linha com investigações anteriores que documentaram a variabilidade na qualidade da água engarrafada e as limitações dos sistemas de controle baseados exclusivamente em parâmetros convencionais. Vários estudos relataram que, embora a água engarrafada normalmente cumpra critérios físicoquímicos estabelecidos, podem ocorrer inconsistências microbiológicas associadas a falhas nos processos de desinfecção ou condições de armazenamento inadequadas. Este padrão coincide com os achados observados, onde a maioria das amostras cumpre os requisitos regulamentares, mas os eventos isolados de contaminação fecal persistem.[32]

Em particular, os resultados microbiológicos são consistentes com o que foi reportado em estudos regionais, como o realizado na província de Guayas, onde foi evidenciada a presença de *Escherichia coli* em água engarrafada comercializada. Esta coincidência reforça a hipótese de que, em contextos locais, os sistemas de garantia de qualidade apresentam fragilidades estruturais que permitem a ocorrência de eventos de poluição. Da mesma forma, pesquisas recentes indicaram que a percepção de segurança associada à água engarrafada nem sempre corresponde à sua verdadeira qualidade microbiológica, o que coloca estas descobertas num problema mais amplo de confiança e regulação em sistemas alternativos de fornecimento.[33]

Em relação aos parâmetros físicoquímicos, os resultados são consistentes com estudos que demonstraram a influência de fatores como a fonte de absorção e os processos de tratamento na variabilidade de parâmetros como condutividade, sólidos dissolvidos e nutrientes. No entanto, o presente estudo acrescenta um elemento adicional ao integrar estes parâmetros com a abordagem de risco para a saúde, mostrando como a presença de nutrientes, mesmo em concentrações moderadas, pode tornar-se relevante em termos de processos de eutrofização e proliferação biológica. Esta integração permite-nos ir além da descrição da qualidade para uma interpretação funcional do sistema.[34]

Além disso, as descobertas relacionadas com o potencial de proliferação de cianobactérias alinham-se com investigações recentes que documentaram a presença de genes associados à produção de cianotoxinas em corpos de água da região, como o rio Daule. Esta convergência de evidências sugere que os sistemas hídricos da área apresentam condições favoráveis ao desenvolvimento de contaminantes emergentes, e que estes riscos podem estender-se aos sistemas de água tratada se não existirem controles adequados. Neste sentido, o estudo contribui para expandir o conhecimento existente ao ligar a qualidade da água engarrafada à dinâmica ambiental regional e aos riscos emergentes.[35]

4.3. Implicações teóricas e práticas

Do ponto de vista teórico, os resultados do estudo fornecem evidências que reforçam a necessidade de passar das abordagens tradicionais de controle de qualidade para modelos abrangentes baseados na gestão do risco para a saúde. A literatura indicou que a avaliação da qualidade da água deve considerar não só o cumprimento dos limites máximos permitidos, mas também a probabilidade de ocorrência de eventos adversos e as suas possíveis consequências. Neste contexto, o presente estudo contribui para consolidar uma abordagem multidimensional que integra variáveis físicoquímicas, microbiológicas e ambientais, expandindo o quadro conceptual para a avaliação de sistemas de água engarrafada.

O estudo também oferece uma perspectiva relevante ao incorporar a análise de contaminantes emergentes, como cianobactérias e as suas toxinas, no contexto da água engarrafada. Esta abordagem permite alargar a discussão para além dos indicadores tradicionais, evidenciando a necessidade de incluir variáveis associadas à eutrofização e à dinâmica ecológica nos sistemas de monitorização. Desta forma, contribui para o desenvolvimento de modelos conceptuais mais completos que considerem a interação entre processos químicos, biológicos e ambientais na geração de riscos para a saúde.

Na prática, os resultados têm implicações diretas para a indústria da água engarrafada e para as entidades reguladoras. Evidências de baixos níveis de cloro residual sugerem a necessidade de rever e otimizar os processos de desinfecção para garantir a estabilidade microbiológica do produto durante o seu ciclo de vida. Da mesma forma, a variabilidade observada entre marcas destaca a importância de reforçar os sistemas de controlo de qualidade, incluindo auditorias periódicas, monitorização em tempo real e rastreabilidade por lotes, para reduzir a ocorrência de eventos de contaminação.

Adicionalmente, de uma perspectiva aplicada, os resultados abrem a possibilidade de desenvolver estratégias de inovação tecnológica destinadas a melhorar os sistemas de tratamento e armazenamento, como o uso de desinfetantes alternativos, sensores inteligentes para monitorização contínua ou modelos preditivos da qualidade da água. Da mesma forma, no campo da gestão ambiental, os resultados sugerem a necessidade de implementar políticas integradas que abordem a qualidade da água desde a fonte até ao consumo, incorporando a abordagem "One Health" como quadro para a tomada de decisões.

4.4. Limitações e projeções futuras

Apesar da relevância dos resultados obtidos, o estudo apresenta certas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Em primeiro lugar, o tamanho da amostra, embora representativo das marcas mais consumidas, pode não captar totalmente a variabilidade do mercado de água engarrafada na província de Guayas, o que poderia limitar a generalização dos resultados. Da mesma forma, a seleção das amostras foi feita com base na disponibilidade e acessibilidade, o que introduz um possível viés associado à distribuição comercial dos produtos.

Do ponto de vista metodológico, a análise centrou-se num conjunto específico de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, implicando que outros poluentes potencialmente relevantes, como metais pesados, microplásticos ou compostos orgânicos emergentes, não foram considerados. Esta limitação restringe o âmbito do estudo em termos de caracterização abrangente da qualidade da água e sugere a necessidade de alargar o espectro de análises em futuras investigações.

Em relação às cianotoxinas, embora tenha sido utilizado um método de deteção validado, os resultados obtidos refletem

a aparente ausência destas substâncias em condições iniciais, mas mostram o seu possível desenvolvimento em condições experimentais controladas. No entanto, o estudo não incorpora uma análise longitudinal que permita avaliar a evolução temporal destes poluentes em condições reais de armazenamento, o que limita a compreensão da sua dinâmica em cenários de consumo. Esta restrição destaca a necessidade de estudos mais aprofundados que integrem análises temporais e condições ambientais variáveis.

Neste contexto, a investigação futura deve orientar-se para o desenvolvimento de modelos preditivos de risco que integrem variáveis físico-químicas, microbiológicas e ambientais, permitindo antecipar cenários de contaminação. Recomenda-se também a incorporação de técnicas avançadas de análise, como ferramentas moleculares para a deteção de genes toxigénicos ou sensores em tempo real para monitorização da qualidade. Estas linhas de investigação não só permitiriam ultrapassar as limitações identificadas, como também contribuiriam para o desenvolvimento de sistemas de gestão mais robustos e adaptativos, capazes de responder a desafios emergentes na qualidade da água para consumo humano.

5.- Conclusão.

5.1. Síntese dos achados

O presente estudo permitiu avaliar de forma abrangente a qualidade da água engarrafada comercializada na província de Guayas através da aplicação de indicadores físico-químicos e microbiológicos, mostrando que, embora a maioria das amostras cumpra os limites estabelecidos pelas regulamentações atuais, existem variações significativas entre marcas e lotes que condicionam a estabilidade sanitária do produto. Em particular, foi identificado que os parâmetros físico-químicos apresentam comportamentos heterogêneos, caracterizados pela presença de nutrientes em concentrações moderadas e níveis consistentemente baixos de cloro residual, o que limita a capacidade de controlar a qualidade microbiológica durante o armazenamento.

Da mesma forma, os resultados microbiológicos revelaram a presença de eventos específicos de contaminação fecal, o que mostra que o cumprimento dos parâmetros físico-químicos não garante a segurança da água por si só. Esta evidência confirma que a qualidade da água engarrafada responde a dinâmicas complexas envolvendo tanto processos de tratamento como condições subsequentes de manuseamento. Neste sentido, os objetivos do estudo foram alcançados ao evidenciar a necessidade de integrar múltiplos indicadores para uma avaliação mais robusta do risco para a saúde nos sistemas de água para consumo humano.

5.2. Contribuições científicas e técnicas

Do ponto de vista científico, o estudo contribui para fortalecer o quadro conceptual da gestão de riscos para a saúde em sistemas de água engarrafada, demonstrando que a avaliação baseada em parâmetros tradicionais é

insuficiente quando analisada isoladamente. A integração de variáveis físico-químicas e microbiológicas, juntamente com a consideração dos fatores associados aos poluentes emergentes, permite-nos avançar para uma abordagem multidimensional que alarga a compreensão dos processos que determinam a qualidade da água.

No campo técnico, o trabalho fornece evidências empíricas relevantes sobre a variabilidade na qualidade da água engarrafada num contexto tropical, identificando condições que podem favorecer a proliferação de microrganismos e a deterioração da qualidade durante a cadeia de abastecimento. Da mesma forma, a incorporação da análise de cianotoxinas, mesmo quando estas não foram inicialmente detetadas nas amostras, representa um avanço metodológico ao considerar o potencial para o desenvolvimento de riscos emergentes sob condições ambientais específicas, contribuindo assim para fechar lacunas na avaliação convencional da qualidade da água.

5.3. Implicações teóricas e aplicações práticas

Os resultados do estudo têm implicações relevantes para o desenvolvimento teórico dos modelos de avaliação da qualidade da água, pois demonstram a necessidade de adotar abordagens baseadas no risco que integrem variáveis químicas, microbiológicas e ecológicas. Esta perspectiva permite-nos avançar para quadros conceptuais mais robustos, nos quais a qualidade da água é entendida como um sistema dinâmico influenciado por múltiplos fatores inter-relacionados, superando assim abordagens tradicionais focadas exclusivamente na conformidade regulatória.

Do ponto de vista aplicado, os resultados destacam a importância de reforçar os sistemas de controlo de qualidade na indústria da água engarrafada, particularmente no que diz respeito à otimização dos processos de desinfecção, à monitorização contínua de parâmetros críticos e à implementação de sistemas de rastreabilidade que permitam identificar e corrigir falhas na cadeia de abastecimento. Da mesma forma, é evidente a necessidade de incorporar indicadores emergentes de contaminação e estratégias preventivas para mitigar os riscos associados à proliferação das cianobactérias, especialmente em regiões com condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento.

5.4. Projeções e linhas de investigação futura

Com base nos resultados obtidos, são identificadas várias linhas de investigação futura destinadas a aprofundar a compreensão dos fatores que condicionam a qualidade da água engarrafada. Em primeiro lugar, recomenda-se o desenvolvimento de estudos longitudinais para avaliar a evolução temporal dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos durante o armazenamento, de modo a determinar a estabilidade do produto ao longo da sua vida útil. É também pertinente incorporar a análise de outros poluentes emergentes, como metais pesados, microplásticos

e compostos orgânicos, que podem influenciar a qualidade da água e a saúde dos consumidores.

Além disso, sugere-se avançar para o desenvolvimento de modelos preditivos de risco que integrem variáveis ambientais, operacionais e de qualidade da água, permitindo antecipar cenários de poluição e otimizar sistemas de gestão. Por fim, a implementação de técnicas avançadas de monitorização, incluindo ferramentas moleculares para a deteção de microrganismos toxigénicos e sensores em tempo real, representa uma linha promissora para reforçar a vigilância da saúde e contribuir para o desenho de sistemas de abastecimento mais seguros e resilientes em contextos de elevada pressão antropogénica.

6.- Agradecimentos.

Não aplicável.

7.- Contribuições dos autores (Taxonomia dos papéis dos colaboradores - CRediT)

1. Conceptualização: Fabiola Villa Sánchez
2. Curadoria de Dados: Amy Merchán Mendoza
3. Análise formal: Fabiola Villa Sánchez
4. Aquisição de fundos: Tony Coloma Coloma
5. Investigação: Antonio Escobar Machado
6. Metodologia: Tony Coloma Coloma
7. Gestão de projetos: Hernán Villa Sánchez
8. Recursos: Hernán Villa Sánchez
9. Software: Antonio Escobar Machado
10. Supervisão: Edisson Lascano Mora
11. Validação: Tony Coloma Coloma
12. Visualização: Amy Merchán Mendoza
13. Escrita - rascunho original: Edisson Lascano Mora
14. Redação-revisão e edição: Amy Merchán Mendoza

8.- Apêndice.

Não aplicável.

9.- Referências.

- [1] Organização Mundial da Saúde (OMS), "Diretrizes para a qualidade da água potável: Quarta edição incorporando os primeiro, segundo e terceiro adendas," Organização Mundial da Saúde, 2026. [Online]. Disponível: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240121225>. [Acedido em 2026].
- [2] Villanueva, C. M., Kogevinas, M., & Grimalt, J. O., "Cloração da água potável em Espanha e cancro da bexiga," em *Gaceta Sanitaria*, 2001, pp. 15(1), 48–53.
- [3] Godoy, P., Bartolomé, R., Torres, J., Espinet, L., Escobar, A., Nuín, C., & Domínguez, Á., "Rote de gastroenteritis por el consumo de agua de agua de público causa por Shigella sonnei," *Gaceta Sanitaria*, 25(5), 363–367, 2011. [Online]. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2011.0>. [Acedido em 2026].
- [4] McLachlan, R. I., & Tuffley, C., "Estudo paramétrico da incidência de E. coli com referência aos padrões de água doce da Nova Zelândia e à região Manawātū-Whanganui,"

- arXiv, 2011. [Online]. Disponível:
<https://arxiv.org/abs/2110.01808>. [Acedido em 2026].
- [5] C. P. R. J. A. & L. F. A. Llushca, ". Qualidade físico-química e microbiológica da água mineral de nascente engarrafada comercializada em Quito, Equador.", *Acta Farmacêutica Portuguesa*, 2023.
- [6] Instituto Ecuatoriano de Normalização (INEN)., "NTE INEN 2200: Água engarrafada. Requisitos.", *NTE INEN 2200: Água engarrafada. Requisitos*, 2014.
- [7] Alejandro Quezada, Daniela del Cisne, "Identificação de cianobactérias associadas a riscos para a saúde humana presentes na biodiversidade aquática da Lagoa Papallacta.", REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL UNIVERSIDADE CENTRAL DO EQUADOR, 2023. [Online]. Disponível:
<https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/9da979f3-4c27-4bbc-93d4-da9dfae5c09a>. [Acedido em 2026].
- [8] Estupiñán Vera, G. E., Briceño Castillo, J. P., Cazañas Chica, J. D., & Vines Muñoz, A. A., "Nível de aceitação dos tipos de água engarrafada na cidade de Guayaquil.", *RECIMUNDO*, 9(2), 596–607, 2025. [Online]. Disponível:
[https://doi.org/10.26820/recimundo/9.\(2\).Abril.2025.596-607](https://doi.org/10.26820/recimundo/9.(2).Abril.2025.596-607). [Acedido em 2026].
- [9] Huisman, J., & Visser, P. M., "Proliferações cianobacterianas nocivas: Causas, consequências e estratégias de controlo.", *Aquatic Ecology*, 2018.
- [10] Schreiber, A., & Van der Merwe, M., ". Uma Saúde e gestão da qualidade da água: Integrar a saúde dos ecossistemas, animal e humana.", 2021.
- [11] Coloma Gavilanes, Julio Fernando; Labanda Lucero, Ricardo Andrés, "Ferramentas moleculares para a deteção de cianobactérias potencialmente tóxicas em ecossistemas aquáticos do rio Daule.", *DSpace Repository*, 2023. [Online]. Disponível:
<https://dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/58379?locale-attribute=en>. [Acedido em 2026].
- [12] R. Rojas, "Guia para a Vigilância e Controlo da Qualidade da Água para Consumo Humano," OPS, 2002.
- [13] L. A. Zapata Aspiazu, E. Haymacaña Moreno, F. J. Duque-Aldaz, F. G. Cabezas García e R. A. Sánchez Ancajima, "ARIMA vs. Modelos Híbridos com Aprendizagem Automática para Previsão do PIB do Equador", 2026.
- [14] Zepeda Rodríguez, L. F., & Tello Ibarra, J. V., "Água Engarrafada: Reflexões Sanitárias entre o Direito Humano à Saúde e a Indústria Privada.", *Constitutional Issues. Revista Mexicana de Direito Constitucional*, 26(52), e19558, 2025. [Online]. Disponível:
<https://doi.org/10.22201/ij.24484881e.2025.52.19558>. [Acedido em 2026].
- [15] B. Fournier e R. Mujeriego Sahuquillo, "Gestão del riesgo sanitario en la regeneración del agua," UPC, 2006.
- [16] B. M. Guillén Chuncho, "avaliação de componentes químicos e microbiológicos em água engarrafada para consumo humano, comercializada em três cantões da província de Guayas," *UG Repository*, 2020. [Online]. Disponível:
<https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49925>. [Acedido em 2026].
- [17] E. I. Carrillo Paredes e J. E. Baldeón Cajo, "Controlo da qualidade da água para consumo humano através de parâmetros físico-químicos e microbiológicos na Paróquia de San Andrés, Chimborazo, para uma gestão sanitária eficiente," UISEK, 2018.
- [18] E. Osorio Caicedo e D. Paredes Cuervo, "Diretrizes Estratégicas Focadas na Redução do Risco para a Saúde Aplicada em Dois Sistemas de Abastecimento Comunitário," UTP, 2022.
- [19] B. L. Guzmán, G. Nava e P. Díaz, "A qualidade da água para consumo humano e a sua associação com a morbilidade e mortalidade na Colômbia, 2008-2012," *Biomédica*, vol. 35, 2015.
- [20] J. E. Estiven Pincay Moran, J. F. Ramírez Salcan, A. F. López Vargas, F. J. Duque-Aldaz, W. Villamagua Castillo e R. Sánchez Casanova, "Avaliação e Proposta para um Sistema de Gestão Ambiental numa Plantação de Manga", *Inquide*, vol. 7, n.º 1, 2025.
- [21] F. J. Duque-Aldaz, E. R. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazu e F. Carrasco Choque, "Previsão do teor de humidade no processo de secagem do cacau por regressão linear simples.", *Inquide*, vol. 6, n.º 2, 2024.
- [22] A. Pérez Vidal, P. Torres Lozada e C. H. Cruz Vélez, "Planos de Segurança da Água. Fundamentos e perspectivas de implementação na Colômbia," *Engineering and Research*, vol. 29, n.º 3, 2009.
- [23] M. Padilla Gómez e F. Ascutar Ríos, "Análise dos riscos para a saúde e ambientais identificados nos sistemas de abastecimento de água para consumo humano dos municípios de categoria 4, 5 e 6 do Departamento do Valle del Cauca," *Universidad Autónoma de Occidente*, 2020.
- [24] C. M. Tito Arequipa e V. M. Ortiz Bustamante, "Estudo da qualidade da água como fator de risco sanitário e modelo de gestão do abastecimento de água do bairro Santo Samana da cidade de Latacunga no período de 2015.", *Universidade Técnica de Cotopaxi*, 2017.
- [25] F. J. Duque-Aldaz, F. R. Rodríguez-Flores e J. Carmona Tapia, "Identificação de parâmetros em sistemas de equações diferenciais ordinárias através do uso de redes neurais artificiais," *Revista San Gregorio*, vol. 1, n.º 2, 2025.
- [26] K. E. Zambrano Acosta e N. Vásquez Sarria, "Estudo dos fatores de risco ambientais e para a saúde e o seu impacto na qualidade da água para consumo humano em algumas áreas rurais do Valle del Cauca," *Universidad Autónoma de Occidente*, 2018.
- [27] L. E. Quispe Alegre, "Desenvolvimento e implementação de um protótipo de controlo e monitorização para determinar o risco sanitário do sistema de abastecimento de água para consumo humano na vila de El Triunfo, através de sensores eletrónicos e tecnologia web, 2017," UNAMAD, 2019.
- [28] R. González Forero e N. F. Ajiaco Ajiaco, "Projeto de um sistema de gestão de risco baseado na Norma ISO 31000 para sistemas de desinfecção com cloro em estações de tratamento de água," *Universidad de La Salle*, 2018.
- [29] G. E. Castro Rosales, A. D. Torres Alvarado, L. S. Zalamea Cedeño, F. J. Duque-Aldaz e F. R. Rodríguez-Flores, "Proposta Ergonómica Abrangente para a Redução dos Riscos Musculoesqueléticos na Produção de Sabão: Uma Abordagem Baseada em Análise Estatística e Avaliação Postural," *Inquide*, vol. 7, n.º 2, 2025.
- [30] G. J. Morocho Choca, L. Á. Bucheli Carpio e F. J. Duque-Aldaz, "Otimização do despacho de combustível de

combustível através de regressão multivariada usando indicadores locais de armazenamento.", *Inquide*, vol. 6, n.º 2, 2024.

- [31 E. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazú, F. J. Duque-
] Aldaz, G. F. Cabezas García e R. A. Sánchez Ancajima, Modelação em série temporal da matrícula no ensino secundário no Equador: uma análise Box–Jenkins (1971–2023), *Inquide*, 2026.
- [32 B. L. Guzmán B., G. Nava T. e P. D. Bevilacqua,
] "Vigilância da qualidade da água para o consumo humano na Colômbia: desafios para a saúde ambiental," *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, vol. 34, nº 2, 2016.
- [33 L. Alcalde Sanz, M. Folch Sánchez e J. C. Tapias Pantebre,
] "Avaliação e gestão do risco associado à reutilização de águas residuais," Universidade de Barcelona, 2012.
- [34 J. Ramírez Flórez e J. W. Sanchez Marin, "Apoio num
] projeto sanitário de risco focado na linha de água para consumo humano e uso recreativo no Ministério da Saúde do Gabinete da Câmara de Medellín," *Tecnológico de Antioquia*, 2021.
- [35 J. J. Caveró Torres e B. R. Mariño Tenio, "Diagnóstico em
] sistemas de saneamento a partir da gestão do risco de desastres: uma revisão sistemática," *InveCom Journal*, vol. 5, nº 3, 2025.

Design termo-hidráulico de um permutador de calor duplo sem aletas para arrefecimento de sumo de tomate. Parte 1 - Permutador de Calor Sem Aletas

Diseño térmico-hidráulico de un intercambiador de calor de doble tubo sin y con aletas para el enfriamiento de jugo de tomate. Parte 1 – Intercambiador de calor sin aletas

Amaury Pérez Sánchez ^{1*}; Laura Thalía Álvarez Lores ²; Laura de la Caridad Arias Águila ³; Lizthalía Jiménez Guerra ⁴; Heily Victoria González ⁵; Arlette de la Caridad González Abad ⁶

Recebido: 21/02/2026 – Aceite: 15/05/2026 – Publicado: 07/12/2026

Artigos de
Investigação ☒

Artigos de
Revisão ☐

Julgamentos ☐

* Autor
correspondente.



Esta obra está licenciada sob a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Partilhar Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0). Os autores mantêm os direitos sobre os seus artigos e são livres de partilhar, copiar, distribuir, apresentar e comunicar publicamente a obra, desde que seja dada a atribuição adequada, o uso seja não comercial e quaisquer obras derivadas estejam licenciadas sob os mesmos termos.

Resumo.

O Permutador de Calor de Duplo Tubo (DPHE) é frequentemente utilizado na indústria alimentar devido à sua simplicidade no design mecânico, manutenção mínima, facilidade de limpeza e também à capacidade de operar a altas temperaturas e pressões. O objetivo deste artigo é conceber um DPHE sem aletas do ponto de vista termo-hidráulico, para determinar a sua viabilidade de arrefecer um jato de sumo de tomate quente usando água fria como refrigerante. Os principais parâmetros de projeto calculados foram o número total de garfos (32), o fator de limpeza (0,708), a percentagem acima da superfície (41,29%) e a queda de pressão por fricção e potência de bombagem para ambos os fluidos. Da mesma forma, será necessário um fluxo mássico de água de arrefecimento de 6,50 kg/s, com uma carga térmica de 951,77 kW. O DPHE projetado não pode ser aplicado com sucesso ao serviço de transferência de calor solicitado devido aos elevados valores obtidos para o número total de forquilhas, a percentagem acima da superfície e a queda de pressão por fricção (16,56 atm) para o fluido anular (água fria), que está muito acima do valor máximo permitido estabelecido pelo processo (0,296 atm) para este fluxo, aumentando assim também a potência de bombagem deste fluido para um valor significativo (13,67 kW). O DPHE projetado sem aletas custará cerca de 165.500 USD em janeiro de 2026.

Palavras-chave.

Permutador de calor de tubo duplo, design, número total de garfos, percentagem acima da superfície, queda de pressão, potência de bombagem.

Resumen.

El intercambiador de calor de doble tubo (DPHE) se utiliza comúnmente en la industria alimentaria debido a su simplicidad en el diseño mecánico, el mantenimiento mínimo, la facilidad de limpieza y también la posibilidad de funcionar a altas temperaturas y presiones. El objetivo de este artículo es diseñar un DPHE sin aletas desde el punto de vista termohidráulico, para determinar su viabilidad para enfriar un chorro de jugo de tomate caliente utilizando agua fría como refrigerante. Los principales parámetros de diseño calculados fueron el número total de horquillas (32), el factor de limpieza (0,708), el porcentaje sobre la superficie (41,29%) y la caída de presión por fricción y la potencia de bombeo para ambos fluidos. Asimismo, se requerirá un caudal másico de agua de refrigeración de 6,50 kg/s, con una carga térmica de 951,77 kW. El DPHE diseñado no puede aplicarse con éxito al servicio de transferencia de calor solicitado debido a los altos valores obtenidos para el número total de horquillas, el porcentaje sobre la superficie y la caída de presión por fricción (16,56 atm) para el fluido anular (agua fría), que es bastante superior al valor máximo permitido establecido por el proceso (0,296 atm) para este flujo, aumentando así también la potencia de bombeo de este fluido hasta un valor significativo (13,67 kW). El DPHE sin aletas diseñado costará alrededor de 165.500 USD USD según enero de 2026.

Palabras clave.

Intercambiador de calor de doble tubo, diseño, número total de horquillas, porcentaje de sobre superficie, caída de presión, potencia de bombeo.

1. Introdução.

O equipamento do permutador de calor transfere calor de um fluido quente para um frio, onde ambos os fluidos são separados por uma parede sólida. Normalmente, a maioria dos permutadores de calor são de dois fluidos, embora os trocadores de três fluidos estejam a ganhar popularidade. Em termos de construção, os permutadores de calor podem ser classificados como permutadores de camada e tubos, tubos concêntricos e tubos com aletas. A escolha de um permutador de calor para uma dada aplicação depende da própria aplicação, dos recursos disponíveis, do espaço, da

economia, da seleção de materiais e de outros fatores. Qualquer que seja a escolha de um permutador de calor, é muito essencial que seja projetado de forma a proporcionar a transferência de calor necessária, ocupando menos espaço, com quedas de pressão abaixo dos limites permitidos pelo processo, e ainda assim competitivo em termos de custo [1].

O Permutador de Calor de Dois Tubos (DPHE) é considerado um dos tipos mais simples de permutador de calor tubular. É composta por tubos concêntricos separados por fechos mecânicos. Os permutadores de calor de dois

¹ Faculdade de Ciências Aplicadas; Universidade de Camagüey; amaury.perez84@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0819-6760>, Camagüey; Cuba.

² Faculdades de Ciências Aplicadas; Universidade de Camagüey; laura.alvarez@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0009-0007-2643-018X>, Camagüey; Cuba.

³ Faculdades de Ciências Aplicadas; Universidade de Camagüey; aguilaariaslaura@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6494-9747>, Camagüey; Cuba.

⁴ Área Técnica, Instalação de Armazenamento de Combustível 540; lizthalia.jimenez@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0009-0004-4537-2366>, Camagüey, Cuba.

⁵ Faculdades de Ciências Aplicadas; Universidade de Camagüey; heily.victoria@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0009-0007-9319-6506>, Camagüey, Cuba.

⁶ Faculdade de Ciências Aplicadas; Universidade de Camagüey; arlette.delacaridad@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0000-0002-3193-0660>, Camagüey; Cuba.

tubos são relativamente baratos de construir e requerem manutenção mínima. São usados em aplicações de alta temperatura e alta pressão [2].

Os DPHEs (também chamados de permutadores de calor em garfo) são uma configuração amplamente utilizada em sistemas de aquecimento e industriais. Os DPHEs podem ser utilizados nas indústrias química, alimentar, petrolífera e de gás, aplicações de energia solar e geotérmica, aplicações de ar condicionado, reaquecimento, pré-aquecimento e processos de aquecimento por digestores. Além disso, o DPHE continua a ser amplamente utilizado para a investigação e desenvolvimento de instalações experimentais em laboratórios de engenharia energética. Uma vantagem é o baixo custo de design e manutenção. Este tipo de permutador de calor é simples na estrutura e fácil de instalar, limpar, manter e modificar, permitindo uma extensão significativa da vida útil e do serviço [3].

O DPHE consiste em um ou mais tubos colocados concêntricos dentro de outro tubo de maior diâmetro, com conexões apropriadas para direcionar o fluxo de uma seção para outra. Um fluido flui pelo tubo interior (lado do tubo) e o outro flui pelo espaço anular (anel). O tubo interior é ligado por curvas de retorno em forma de U fechadas numa caixa de retorno-curva. O DPHE pode ser organizado em várias disposições em série e paralelas para satisfazer os requisitos de queda de pressão. A principal utilização do DPHE é o processo sensato de aquecimento ou fluidos de arrefecimento, onde são necessárias pequenas áreas de transferência de calor (até 50m²). Esta configuração é também adequada para um ou ambos os fluidos de alta pressão devido ao diâmetro menor dos tubos. Podem ser usados quando um jato é gasoso, líquido viscoso ou de pequeno volume, e também sob condições severas de incrustação devido à facilidade de limpeza e manutenção [4].

Segundo [5], se o fluxo contiver sólidos em suspensão, o DPHE pode também ser uma melhor alternativa, pois podem ser construídos com um tubo interior de maior diâmetro para evitar obstruções. Além disso, os permutadores de calor de tubo duplo são facilmente limpos, e o fluxo longitudinal impede a existência de regiões de estagnação, que nos permutadores de camada e tubos são propensas a incrustações. Os DPHEs também têm a vantagem da flexibilidade graças à sua estrutura modular, que permite uma adaptação mais fácil às modificações do processo.

O moinho de tomate (*Lycopersicon esculentum*) é uma das culturas hortícolas mais consumidas a nível mundial e ocupa o segundo lugar na produção mundial entre as culturas hortícolas. O tomate recebe uma variedade de tratamentos diferentes para o transformar em produtos comerciais reconhecidos, como molhos, ketchup e sumo, tomates inteiros enlatados e extrato ou concentrado de tomate. Por exemplo, para a preservação pós-colheita, os tomates são tratados termicamente com várias técnicas,

como pasteurização e esterilização, e secagem e evaporação a altas temperaturas, o que ajuda a garantir a segurança e estabilidade microbiológica dos produtos resultantes [6].

A tecnologia para a produção de sumo de tomate é basicamente a mesma usada para a produção de pasta de tomate. O processo envolve a seleção de frutos maduros e saudáveis, seguida de lavagem, cortagem, remoção de sementes, pausa quente, pré-aquecimento da água desmineralizada e depois peneiração em malhas de 0,3-0,4 mm para extrair um sumo mais fino com menos sólidos em suspensão e remover ácidos gordos livres e matéria oleosa. O sumo obtido pode ser concentrado aquecendo-o no vácuo. Sal, açúcar e especiarias podem ser adicionados consoante o sabor. O produto acabado é geralmente armazenado em materiais de embalagem compatíveis feitos de embalagens revestidas a vidro ou alumínio [7].

Como indicado [8], são usados dois métodos comerciais para produzir sumo de tomate: a pausa quente e a pausa fria. "Corte quente" refere-se geralmente a uma temperatura de corte entre 85 e 90 °C, que provoca a inativação de enzimas importantes para o aroma e a viscosidade. A pectinmetilesterase e a poligalacturonase decompõem as cadeias de pectina no tecido do tomate. Ao inativar estas enzimas no processo de corte a quente, pode-se obter um produto mais viscoso, o que é geralmente desejável. Em contraste, a lipooxygenase é a enzima inicial envolvida na criação de importantes compostos aromáticos frescos ao decompor ácidos gordos insaturados e, quando inativada durante a pausa quente, estão menos compostos aromáticos presentes. Estes autores também mencionam que "cold break" se refere a uma temperatura abaixo dos 70 °C para aumentar a atividade enzimática. Uma característica do processo de quebra a frio é a diminuição da viscosidade. As vantagens do cold breaking em relação ao cold break são que o produto final é considerado ter uma cor mais natural e um sabor mais fresco. O método da pausa quente é utilizado para produzir a maioria dos produtos de tomate e, assim, manter uma alta viscosidade. No entanto, um aumento do uso do método da pausa fria deverá produzir produtos de tomate com aroma mais fresco.

Em [6] é indicado que os tratamentos térmicos convencionais são atualmente os mais comuns na indústria alimentar, mas devido ao mecanismo de transferência de calor (condução e convecção), estes processos apresentam algumas desvantagens como alta temperatura, perda de valor nutricional e alterações sensoriais. Além disso, a combustão do combustível usado para gerar calor provoca perdas económicas de energia. Estas desvantagens podem ser evitadas com tecnologias modernas como o aquecimento óhmico, que é um tratamento térmico que aquece os alimentos passando uma corrente elétrica alternada através deles; Como resultado, este método tem uma elevada capacidade para aquecimento rápido e homogêneo. Além disso, esta técnica proporciona produtos alimentares seguros e de alta qualidade, preservando o seu valor nutricional, e caracteriza-se por uma elevada energia

que permite reduzir o tempo de aquecimento entre 90 a 95%. Estes autores desenvolveram um sistema combinado de aquecimento ôhmico-vácuo para produzir tomate purta a temperaturas de 70, 80 e 90 °C e pressões de 0,3, 0,5 e 0,7 bar, e um campo elétrico de 1,82, 2,73 e 3,64 V/cm, utilizando um desenho central composto. Neste estudo, foram também avaliados os efeitos das condições de aquecimento na qualidade e avaliação sensorial da pasta de tomate, enquanto cada combinação de temperatura, pressão e campo elétrico foi quantificada para consumo energético específico, eficiência energética e produtividade.

Poucos estudos foram relatados relacionados com o design termo-hidráulico ou a avaliação de equipamentos de transferência de calor para o processamento de produtos de tomate. Neste sentido, [9] aplicou a Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD) para desenhar um permutador de calor de casca e tubo em escala industrial e para simular a transferência de calor, de modo a visualizar o processo de pasteurização da planta de tomate com o objetivo de apresentar à indústria, onde foi explicado o comportamento da viscosidade no processo de pasteurização da planta de tomate usando o modelo de Herschel-Bulkley. De forma semelhante, [10] pretendia estudar potenciais melhorias nas propriedades termofísicas dos nanofluidos quando usados como meio de aquecimento para reduzir o tempo e poupar energia nas indústrias alimentares pela primeira vez. Consequentemente, foram selecionadas três variáveis diferentes: temperatura (70, 80 e 90 °C), concentração de nanopartículas de alumina (0, 2 e 4 %) e tempo (30, 60 e 90 s) para o processamento térmico do sumo de tomate utilizando um permutador de calor de casca e tubo. De forma semelhante, [11] avaliou o desempenho térmico de um permutador de calor triplo equipado com aletas escalonadas para o processamento de concentrados de tomate. Neste estudo, foram encontrados desafios devido à elevada viscosidade dos fluidos não newtonianos tratados na indústria alimentar, o que levou ao fluxo laminar e à penetração térmica limitada. Simulações numéricas, implementadas num[®] ambiente ANSYS Fluent, foram usadas para resolver as equações que regem a dinâmica termofluida de um permutador de calor triplo com aletas escalonadas no anel interior. O comportamento reológico do concentrado de tomate foi modelado usando um modelo de lei de potência, combinado com a lei de Arrhenius, para introduzir a dependência da temperatura em relação ao índice de consistência. Foi adotada a validação experimental para verificar a precisão das simulações. Apesar de todos os estudos mencionados acima, até onde os autores sabem, o design de um DPHE para refrigeração do sumo de tomate ainda não foi reportado.

Alguns dos autores do presente estudo publicaram recentemente um artigo [12] no qual um DPHE sem aletas foi concebido do ponto de vista termo-hidráulico, para arrefecer um jato de leite de vaca líquido usando água fria como refrigerante. A metodologia de concepção utilizada nesta investigação foi a reportada por [13], obtendo como resultado principal que o DPHE sem aletas projetado não

pode ser aplicado satisfatoriamente no serviço de transferência de calor solicitado devido ao valor relativamente elevado obtido para a queda de pressão do fluido do lado do tubo.

Numa fábrica de processamento alimentar cubano, desejava-se arrefecer um jato de sumo de tomate usando água fria como refrigerante, e foram propostos dois DPHEs para este sistema térmico, o primeiro sem aletas e o segundo com aletas longitudinais no tubo interior (aletas). Por isso, este artigo pretende desenhar o DPHE sem aletas do ponto de vista termo-hidráulico, para conhecer a adequação deste permutador de calor para este serviço de troca de calor. A metodologia de design utilizada neste artigo foi a reportada por [13], onde são calculados vários parâmetros importantes de projeto, como o número total de garfos, o fator de limpeza, a percentagem acima da superfície, bem como a queda de pressão e a potência de bombeamento de ambos os fluxos de líquido. Além disso, é calculado o custo de compra do DPHE sem multas. Num segundo artigo, será concebido um DPHE com aletas para calcular os mesmos parâmetros de projeto mencionados acima, enquanto os resultados do presente artigo serão comparados com os do DPHE com aletas desenhado no segundo artigo, com o objetivo de selecionar o DPHE mais adequado e adequado do ponto de vista térmico e hidráulico para realizar este serviço de troca de calor.

2. Materiais e métodos.

2.1. Exposição do problema.

Numa fábrica de processamento de alimentos cubana, é necessário arrefecer 14.000 kg/h de um jato de sumo de tomate entre 90 °C e 30 °C usando água fria como refrigerante disponível a 5 °C, enquanto a temperatura de saída desta água fria não deve exceder os 40 °C. O material de construção selecionado para o DPHE é aço carbono, enquanto a queda de pressão dos jatos de sumo de tomate e água fria não deve exceder 300.000 Pa. Projetar um DPHE sem aletas adequado, do ponto de vista termo-hidráulico, para cumprir este serviço de transferência de calor, utilizando os seguintes dados de entrada para os tubos:

- Comprimento do tubo: 4,0 m.
- Diâmetro do anel interior: 0,07790 m.
- Diâmetro do tubo interior: 0,0525 m.
- Diâmetro exterior do tubo interior: 0,0603 m.
- Condutividade térmica do aço carbono: 54 W/m.K [13].

2.2. Metodologia de concepção

Número total de bifurcações e percentagem acima da superfície

Passo 1. Definindo os parâmetros iniciais para os fluxos:
A Tabela 1 apresenta os parâmetros iniciais que devem ser definidos para ambos os fluidos.

Tabela 1. Parâmetros iniciais a definir para os dois fluidos.

Parâmetro	Fluido quente	Fluido frio	Unidades
Caudal mássico	m_h	m_c	kg/h
Temperatura entrada	T_1	t_1	°C
Temperatura saída	T_2	t_2	°C
Queda máxima pressão permitida	ΔP_{mh}	ΔP_{mc}	Pa
Fator Incorporação	R_h	R_c	M2. K/W

Fonte: Explicação própria.

Passo 2. Definindo os dados geométricos para os forks:
A Tabela 2 mostra os dados geométricos que devem ser definidos para os forks.

Tabela 2. Dados geométricos a definir para os forks.

Parâmetro	Símbolo	Unidades
Duração	L_t	m
Anel de Diâmetro Interior	D_i	m
Diâmetro do Tubo Interior	d_i	m
Diâmetro exterior do tubo interior	d_e	m
Material metálico de condutividade térmica do tubo interior	k_m	W/m.K

Fonte: Explicação própria.

Passo 3. Definição do arranjo de fluxo dentro do permutador de calor de tubo duplo:

- Contrafluxo
- Paralelo

Passo 4. Alocação de fluidos dentro do permutador de calor de tubo duplo

Passo 5. Considere o isolamento do permutador de calor de duplo tubo contra perdas de calor.

Passo 6. Temperatura média de ambos os cursos de água (ribeiros):

- Fluido Quente (): T

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (1)$$

- Fluido Frio (): $\bar{t}$

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (2)$$

Passo 7. Parâmetros físicos de ambos os fluidos à temperatura média:

A Tabela 3 mostra os parâmetros físicos que devem ser considerados para ambos os fluidos à temperatura média calculada no passo anterior.

Tabela 3. Parâmetros físicos a considerar para ambos os fluidos.

Parâmetro	Fluido quente	Fluido frio	Unidades
Densidade	ρ_h	ρ_c	kg/m ³
Viscosidade	μ_h	μ_c	Pa.s
Capacidade calorífica	Cp_h	Cp_c	kJ/kg. K
Condutividade Térmica	k_h	k_c	W/m.K

Fonte: Explicação própria.

Passo 8. Carga térmica (): Q

- Usando os dados para o fluido quente:

$$Q = m_h \cdot Cp_h \cdot (T_1 - T_2) \quad (3)$$

- Usando os dados para o fluido frio:

$$Q = m_c \cdot Cp_c \cdot (t_2 - t_1) \quad (4)$$

Enquanto que são dadas em kg/s. $m_h m_c$

Passo 9. Caudal em massa de um curso de água:

- Fluxo de massa de fluido quente:

$$m_h = \frac{Q}{Cp_h \cdot (T_1 - T_2)} \quad (5)$$

- Caudal mássico do fluido frio:

$$m_c = \frac{Q}{Cp_c \cdot (t_2 - t_1)} \quad (6)$$

Passo 10. Temperatura da parede do tubo (): T_w

$$T_w = \frac{1}{2} \cdot (\bar{T} + \bar{t}) \quad (7)$$

Passo 11. Viscosidade de ambos os fluidos à temperatura da parede do tubo:

- Líquido quente () [Pa.s]. μ_{hw}
- Líquido frio () [Pa.s]. μ_{cw}

Passo 12. Área líquida de fluxo livre do tubo interior (): A_{ct}

$$A_{ct} = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \quad (8)$$

Passo 13. Velocidade do fluido do lado do tubo (): v_t

$$v_t = \frac{m_t}{\rho_t \cdot A_{ct}} \quad (9)$$

Passo 14. Número de Reynolds de fluido do lado do tubo (): Re_t

$$Re_t = \frac{\rho_t \cdot v_t \cdot d_i}{\mu_t} \quad (10)$$

Passo 15. Número de Prandtl do fluido do lado do tubo (): Pr_t

$$Pr_t = \frac{Cp_t \cdot \mu_t}{k_t} \quad (11)$$

Onde é dada em J/kg.K. Cp_t

Passo 16. Número de Nusselt para fluido do lado do tubo ($):Nu_t$

- Fluxo laminar (< 2.300) Re_t

$$Nu_t = 1.86 \cdot (Re_t \cdot Pr_t)^{0.33} \cdot \left(\frac{d_i}{L_t}\right)^{0.33} \cdot \left(\frac{\mu_t}{\mu_{tw}}\right)^{0.14} \quad (12)$$

Adequado para tubos lisos para as seguintes condições:

$$0,48 < < 16.700 Re_t \cdot Pr_t$$

$$0,0044 < < 9,75 \left(\frac{\mu_t}{\mu_{tw}}\right)^{0.14}$$

$$(Re_t \cdot Pr_t \cdot \frac{d_i}{L_t})^{0.33} \left(\frac{\mu_t}{\mu_{tw}}\right)^{0.14} \geq 2$$

- Escoamento turbulento ($2.300 < < 10Re_t^4$) [correlação de Gnielinski]:

$$Nu_t = \frac{\left(\frac{f_t}{2}\right) \cdot (Re_t - 1,000) \cdot Pr_t}{1 + 12.7 \cdot \left(\frac{f_t}{2}\right)^{0.5} \cdot (Pr_t^{2/3} - 1)} \quad (13)$$

onde é o fator de atrito de Fanning para o fluido do lado do tubo e é calculado usando a seguinte correlação: f_t

$$f_t = (1.58 \cdot \ln Re_t - 3.28)^{-2} \quad (14)$$

- Escoamento turbulento ($104 < < 5 \times 10Re_t^6$) [Correlação de Prandtl]:

$$Nu_t = \frac{\left(\frac{f_t}{2}\right) \cdot Re_t \cdot Pr_t}{1 + 8.7 \cdot \left(\frac{f_t}{2}\right)^{0.5} \cdot (Pr_t - 1)} \quad (15)$$

Válido por $> 0,5.Pr_t$

Onde:

$$f_t = (1.58 \cdot \ln Re_t - 3.28)^{-2} \quad (14)$$

Passo 17. Coeficiente de transferência de calor para fluido do lado do tubo ($):h_t$

$$h_t = \frac{Nu_t \cdot k_t}{d_i} \quad (16)$$

Passo 18. Área líquida de fluxo livre do anel ($):A_{ca}$

$$A_{ca} = \frac{\pi \cdot (D_i^2 - d_e^2)}{4} \quad (17)$$

Passo 19. Velocidade do fluido anular ($):v_a$

$$v_a = \frac{\frac{m_a}{3,600}}{\rho_a \cdot A_{ca}} \quad (18)$$

Passo 20. Diâmetro Hidráulico ($):D_h$

$$D_h = D_i - d_e \quad (19)$$

Passo 21. Número de Reynolds de fluido anular ($):Re_a$

$$Re_a = \frac{\rho_a \cdot v_a \cdot D_h}{\mu_a} \quad (20)$$

Passo 22. Número de Prandtl do fluido anular ($):Pr_a$

$$Pr_a = \frac{Cp_a \cdot \mu_a}{k_a} \quad (21)$$

Onde é dada em J/kg.K. Cp_a

Passo 23. Número de Nusselt para fluido anular ($):Nu_a$

- Fluxo laminar (< 2.300) Re_a

$$Nu_a = 1.86 \cdot (Re_a \cdot Pr_a)^{0.33} \cdot \left(\frac{D_h}{L_t}\right)^{0.33} \cdot \left(\frac{\mu_a}{\mu_{aw}}\right)^{0.14} \quad (22)$$

Adequado para tubos lisos para as seguintes condições:

$$0,48 < < 16.700 Re_a \cdot Pr_a$$

$$0,0044 < < 9,75 \left(\frac{\mu_a}{\mu_{aw}}\right)^{0.14}$$

$$(Re_a \cdot Pr_a \cdot \frac{D_h}{L_t})^{0.33} \left(\frac{\mu_a}{\mu_{aw}}\right)^{0.14} \geq 2$$

- Escoamento turbulento ($2.300 < < 10Re_a^4$) [correlação de Gnielinski]:

$$Nu_a = \frac{\left(\frac{f_a}{2}\right) \cdot (Re_a - 1,000) \cdot Pr_a}{1 + 12.7 \cdot \left(\frac{f_a}{2}\right)^{0.5} \cdot (Pr_a^{2/3} - 1)} \quad (23)$$

onde é o fator de atrito de Fanning para fluido anular e é calculado usando a seguinte correlação: f_a

$$f_a = (1.58 \cdot \ln Re_a - 3.28)^{-2} \quad (24)$$

- Escoamento turbulento ($104 < < 5 \times 10Re_a^6$) [Correlação de Prandtl]:

$$Nu_a = \frac{\left(\frac{f_a}{2}\right) \cdot Re_a \cdot Pr_a}{1 + 8.7 \cdot \left(\frac{f_a}{2}\right)^{0.5} \cdot (Pr_a - 1)} \quad (25)$$

Válido por $> 0,5.Pr_a$

Onde:

$$f_a = (1.58 \cdot \ln Re_a - 3.28)^{-2} \quad (24)$$

Passo 24. Diâmetro equivalente para transferência de calor ($):D_e$

$$D_e = \frac{D_i^2 - d_e^2}{d_e} \quad (26)$$

Passo 25. Coeficiente de transferência de calor para fluido anular ($):h_a$

$$h_a = \frac{Nu_a \cdot k_a}{D_e} \quad (27)$$

Passo 26. Coeficiente total de transferência de calor cultivado com base na zona exterior do tubo interior ($):U_f$

$$U_f = \frac{1}{\frac{d_e}{d_i \cdot h_t} + \frac{d_e \cdot R_t}{d_i} + \frac{d_e \cdot \ln\left(\frac{d_e}{d_i}\right)}{2 \cdot k_m} + R_a + \frac{1}{h_a}} \quad (28)$$

Passo 27. Diferença média de temperatura logarítmica (ΔT_m)

- Para fluxo paralelo:

$$\Delta T_m = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln \frac{(T_1 - t_1)}{(T_2 - t_2)}} \quad (29)$$

- Para o contrafluxo:

$$\Delta T_m = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad (30)$$

Passo 28. Área superficial da transferência de calor (A_o)

$$A_o = \frac{Q \cdot 1,000}{U_f \cdot \Delta T_m} \quad (31)$$

Onde é dada em kW.Q

Passo 29. Área de transferência de calor por forqueta (A_{hp})

$$A_{hp} = 2 \cdot \pi \cdot d_e \cdot L_t \quad (32)$$

Passo 30. Número de garfos (N_h)

$$N_h = \frac{A_o}{A_{hp}} \quad (33)$$

Passo 31. Limpe o coeficiente global de transferência de calor com base na área exterior de transferência de calor (U_c)

$$U_c = \frac{1}{\frac{d_e}{d_i \cdot h_t} + \frac{d_e \cdot \ln \left(\frac{d_e}{d_i} \right)}{2 \cdot k_m} + \frac{1}{h_a}} \quad (34)$$

Passo 32. Fator de limpeza (CF)

$$CF = \frac{U_f}{U_c} \quad (35)$$

Passo 33. Total de faltas (R_{ft})

$$R_{ft} = \frac{1 - CF}{U_c \cdot CF} \quad (36)$$

Passo 34. Percentagem sobre a superfície (OS)

$$OS = 100 \cdot U_c \cdot R_{ft} \quad (37)$$

Queda de pressão e potência de bombeamento

Passo 35. Queda de pressão devido ao atrito do fluido do lado do tubo (Δp_t)

$$\Delta p_t = 4 \cdot f_t \cdot \frac{2 \cdot L_t}{d_i} \cdot N_h \cdot \frac{\rho_t \cdot v_t^2}{2} \quad (38)$$

Onde para o fluxo laminar (< 2.300): Re_t

$$f_t = \frac{16}{Re_t} \quad (39)$$

Correção do fator de atrito de Fanning para o fluxo laminar (f_{ct})

$$f_{ct} = f_t \cdot \left(\frac{\mu_t}{\mu_{tw}} \right)^m \quad (40)$$

Onde $m = -0,58$ para aquecimento e $-0,50$ para arrefecimento sob fluxo laminar.

Passo 36. Potência de bombagem para fluido do lado do tubo (P_t)

$$P_t = \frac{\Delta p_t \cdot m_t}{\eta_p \cdot \rho_t} \quad (41)$$

Onde é dada em kg/s e é a eficiência isentrópica da bomba. $m_h \eta_p$

Passo 37. Queda de pressão por fricção do fluido anular (Δp_a)

$$\Delta p_a = 4 \cdot f_a \cdot \frac{2 \cdot L_t}{D_h} \cdot \rho_a \cdot \frac{v_a^2}{2} \cdot N_h \quad (42)$$

Onde para o fluxo laminar (< 2.300): Re_a

$$f_a = \frac{16}{Re_a} \quad (43)$$

Correção do fator de atrito de Fanning para o fluxo laminar (f_{ca})

$$f_{ca} = f_a \cdot \left(\frac{\mu_a}{\mu_{aw}} \right)^m \quad (44)$$

Onde $m = -0,58$ para aquecimento e $-0,50$ para arrefecimento sob fluxo laminar.

Passo 38. Potência de bombagem para fluido anular (P_a)

$$P_a = \frac{\Delta p_a \cdot m_a}{\eta_p \cdot \rho_a} \quad (45)$$

Onde é dada em kg/s e é a eficiência isentrópica da bomba. $m_a \eta_p$

2.3. Custo de compra do DPHE projetado

Segundo [14], o custo de adquirir um DPHE infinito pode ser calculado usando a seguinte correlação numa base na Costa do Golfo dos EUA mencionada em janeiro de 2007:

$$C_{2007} = 1,600 + 2,100 \cdot A_0^{1,0} \quad (46)$$

Onde - Área superficial de transferência de calor calculada usando a equação (31), que deverá variar entre 1,0 e 80,0 m² [14]. A_0

Como o custo de compra do DPHE sem finalidade calculado pela equação (46) baseia-se em janeiro de 2007, este custo deve ser atualizado para 2026 usando a seguinte correlação [15]:

$$C_{2026} = C_{2007} \frac{CEPCI_{2026}}{CEPCI_{2007}} \quad (47)$$

Onde:

C_{2007} – Custo de compra do DPHE sem aletas baseado em janeiro de 2007, calculado usando a equação (46).

$CEPCI_{2026}$ – Índice de custos de instalações de engenharia química baseado em janeiro de 2026 = 840,9 [16].

$CEPCI_{2007}$ – Índice de custos das instalações de engenharia química baseado em janeiro de 2007 = 509,7 [14].

C_{2026} – Custo de compra do DPHE sem aletas com base em janeiro de 2026.

3. Resultados.

3.1. Número total de garfos e percentagem acima da superfície

Abaixo estão os resultados numéricos de vários parâmetros-chave de design calculados pela metodologia para dimensionar o DPHE sem aletas, especificamente o número total de forquilha, o fator de limpeza e a percentagem acima da superfície.

Passo 1. Definindo os parâmetros iniciais para os fluxos: A Tabela 4 mostra os valores numéricos dos parâmetros iniciais que devem ser definidos para cada fluido.

Tabela 4. Valores numéricos dos parâmetros iniciais para ambos os fluidos.

Parâmetro	Fluido quente (tomate zumo)	Fluido frio (água fria)	Unidades
Caudal mássico	m_h	m_c	kg/h
Temperatura da entrada	T_1	t_1	°C
Temperatura de saída	T_2	t_2	°C
Queda máxima de pressão permitida	ΔP_{mh}	ΔP_{mc}	Pa
Fator de falta1	R_h	R_c	M2. 76 K/W

¹ Os valores dos fatores de incrustação de ambos os fluidos foram retirados das sugestões reportadas por [13].

Fonte: Explicação própria.

Passo 2. Definindo as dimensões geométricas dos forks: A Tabela 5 mostra os valores geométricos dos dados para os forks.

Tabela 5. Valores geométricos de dados para forks.

Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidades
Duração	L_t	4.0	m
Anel de Diâmetro Interior	D_i	0.00779	m
Diâmetro do Tubo Interior	d_i	0.0525	m
Diâmetro exterior do tubo interior	d_e	0.0603	m

Material metálico de condutividade térmica do tubo interior k_m 54 W/m.K

Fonte: Explicação própria.

Passo 3. Definição do arranjo de fluxo dentro do permutador de calor de tubo duplo:

Tendo em conta as sugestões reportadas por [13][17][18], o arranjo de fluxo escolhido para este sistema de troca de calor é contracorrente.

Passo 4. Alocação de fluidos dentro do permutador de calor de tubo duplo.

[3] indica que é apropriado usar um DPHE quando o meio aquecido é colocado no anel com uma secção transversal relativamente pequena e o meio de aquecimento (por exemplo, vapor, água quente, fluxo de processo quente) passa pelo tubo interior. Seguindo as sugestões deste estudo, bem como as recomendações reportadas por [14], o fluido quente (sumo de tomate) estará localizado no tubo interior, enquanto o líquido frio (água fria) estará no anel.

Passo 5. Considere o isolamento do permutador de calor de tubo duplo contra perdas de calor.

O DPHE projetado será isolado para evitar a perda indesejada de calor no equipamento.

Passo 6. Temperatura média de ambos os cursos de água (ribeiros):

- Fluido Quente (): T

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{90 + 30}{2} = 60^\circ\text{C} \quad (1)$$

- Fluido Frio (): $\bar{t}$

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{5 + 40}{2} = 22.5^\circ\text{C} \quad (2)$$

Passo 7. Parâmetros físicos de ambos os fluidos à temperatura média:

A Tabela 6 apresenta os valores dos parâmetros físicos definidos tanto para sumo de tomate como para água fria à temperatura média calculada na etapa anterior, que foram retirados de [19] para sumo de tomate e [20] para água fria.

Tabela 6. Valores dos parâmetros físicos definidos para ambos os fluidos.

Parâmetro	Fluido quente (tomate zumo)	Fluido frio (água fria)	Unidades
Densidade	ρ_h 1,006.3	ρ_c 997.658	kg/m3
Viscosidade	μ_h 0.021	μ_c 0.000943	Pa.s
Capacidade calorífica	Cp_h 4.079	Cp_c 4.1825	kJ/kg. K
Condutividade de Térmica	k_h 0.630	k_c 0.6029	W/m.K

Fonte: Explicação própria.

Passo 8. Carga térmica (): Q

- Usando os dados para o fluido quente:

$$Q = m_h \cdot C_{p_h} \cdot (T_1 - T_2) \quad (3)$$

$$Q = \frac{14,000}{3,600} \cdot 4.079 \cdot (90 - 30) = 951.77 \text{ kW}$$

Passo 9. Caudal mássico do fluido frio (água fria):

$$m_c = \frac{Q}{C_{p_c} \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{951.77}{4.1825 \cdot (40 - 5)} = 6.50 \text{ kg/s} \quad (6)$$

Passo 10. Temperatura da parede do tubo (): T_w

$$T_w = \frac{1}{2} \cdot (\bar{T} + \bar{t}) = \frac{1}{2} \cdot (60 + 22.5) = 41.25 \text{ }^\circ\text{C} \quad (7)$$

Passo 11. Viscosidade de ambos os fluidos à temperatura da parede do tubo:

Para um valor de temperatura na parede do tubo de 41,25 °C, sumo de tomate (fluido quente) e água fria (fluido frio) devem ter os seguintes valores de viscosidade [19][20]:

- Zumo de Tomate () = 0,03018 Pa.s. μ_{hw}
- Água fria () = 0,00064 Pa.s. μ_{cw}

Dado que o sumo de tomate estava no tubo interior e a água fria no anel, será aplicada a seguinte nova nomenclatura apresentada na Tabela 7 para os fluxos, parâmetros físicos e fatores de incrustação de ambos os cursos de água.

Tabela 7. Será aplicada uma nova nomenclatura para ambos os ramos.

Parâmetro	Líquido quente (sumo de tomate)	Líquido frio (água fria)
	Nomenclatura anterior	Nomenclatura nova
Caudal	m_h	m_t
Densidade	ρ_h	ρ_t
Viscosidade	μ_h	μ_t
Capacidade calorífica	C_{p_h}	C_{p_t}
Condutividade	k_h	k_t
Térmica	R_h	R_t
Fator de Incorporação	R_h	R_t

Fonte: Explicação própria.

A Tabela 8 mostra os resultados dos parâmetros calculados nos passos 12 a 25.

Tabela 8. Resultados dos parâmetros calculados nos passos 12 a 25.

Passo	Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidades
12	Área líquida de fluxo livre do tubo interior	A_{ct}	0.00216	M2
13	Velocidade do fluido do lado do tubo (sumo de tomate)	v_t	1.785	m/s
14	Número de fluidos do lado do tubo de Reynolds	Re_t	4,492	-
15	Número de Prandtl do fluido na lateral do tubo	Pr_t	135.97	-
16	Fator de fricção da ventilação para fluido do lado do tubo	f_t	0.00998	-
17	Número de Nusselt para fluido do lado do tubo	Nu_t	99.45	-
18	Coeficiente de transferência de calor para fluido do lado do tubo	h_t	1,194	L/m2. K
19	Área líquida do anel de fluxo livre	A_{ca}	0.00191	M2
20	Velocidade anular do fluido (água fria)	v_a	3.411	m/s
21	Diâmetro hidráulico	D_h	0.0176	m
22	Número de fluido anular de Reynolds	Re_a	63,521	-
23	Número de prandtl do fluido anular	Pr_a	6.542	-
24	Fator de fricção do ventilador para fluido de anel	f_a	0.00496	-
25	Número de Nusselt para	Nu_a	303.17	-

24	fluido anular2 Diâmetro equivalente para transferência de calor	D_e	0.0403	m
25	Coefficiente de transferência de calor para fluido anular	h_a	4,531.13	L/m2. K

¹ De $2.300 < Re_t < 10Re_t^4$, a correlação de Gnielinski foi usada para calcular Nu_t .

² a partir de $104 < Re_a < 5 \times 10Re_a^6$, a correlação de Prandtl foi usada para calcular Nu_a .

Fonte: Explicação própria.

A Tabela 9 analisa os resultados dos parâmetros calculados nos passos 26-34.

Tabela 9. Resultados dos parâmetros calculados nos passos 27-40.

Passo	Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidades
26	Coefficiente total de transferência de calor contaminado com base na zona exterior do tubo interior	U_f	561.46	L/m2. K
27	Diferença média de temperatura logarítmica	ΔT_m	36.07	°C
28	Área de transferência de calor superficial	A_o	47	M2
29	Área de transferência de calor por forquilha	A_{hp}	1.515	M2
30	Número de bifurcações	N_h	32	-
31	Limpa o coeficiente global de transferência de calor com base na zona exterior de transferência de calor	U_c	793.33	L/m2. K
32	Fator de limpeza	CF	0.708	-
33	Total Ausência	R_{ft}	0.000521	M2. K/W
34	Porcentagem da superfície	OS	41.29	%

¹ Calculado para disposição de contrafluxo.

Fonte: Explicação própria.

3.2. Queda de pressão e potência de bombagem

A Tabela 10 apresenta os resultados dos parâmetros calculados nos passos 35-38, que compreendem o cálculo da queda de pressão e da potência de bombagem para ambos os fluidos.

Mesa 10. Resultados dos parâmetros calculados nos passos 35-38.

Passo	Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidades
35	Queda de pressão devido ao atrito do fluido do lado do tubo	Δp_t	312,558 3.08	Pa ATM
36	Potência de bombagem para o fluido do tubo lateral	P_t	1.51	kW
37	Queda de pressão por fricção do fluido do anel	Δp_a	1,678,128 16.56	Pa ARM
38	Potência de bombagem para fluido anular	P_a	13.67	kW

Fonte: Explicação própria.

3.3. Custo de compra do DPHE projetado

Usando correlação (46), e para um valor de 47 m2, o custo de compra do DPHE sem aletas com base em janeiro de 2007 é: A_o

$$C_{2007} = 1,600 + 2,100 \cdot A_o^{1.0} \quad (46)$$

$$C_{2007} = 1,600 + 2,100 \cdot 47^{1.0}$$

$$= USD \$ 100,300$$

Assim, o custo de compra do DPHE sem aletas com base em janeiro de 2026 é:

$$C_{2026} = C_{2007} \cdot \frac{CEPCI_{2026}}{CEPCI_{2007}} \quad (47)$$

$$C_{2026} = 100,300 \cdot \frac{840.9}{509.7} \approx USD \$ 165,500$$

4. Discussão

A carga térmica do sistema de troca de calor era de 951,77 kW, enquanto um caudal mássico de 6,50 kg/s de água fria a 5 °C era necessário para arrefecer 14.000 kg/h de sumo de tomate entre 90 °C e 30 °C. Em [12], foi concebido um DPHE sem aletas para arrefecer 4.320 kg/h a partir de um jato de leite líquido de vaca usando água fria como fluido de arrefecimento disponível a 2°C. Neste estudo, o fluido quente (leite de vaca) estava localizado no anel, enquanto o fluido frio (água fria) estava no tubo interior, obtendo assim uma carga térmica de 235,14 kW e um fluxo mássico necessário de água fria de 9,32 kg/s.

De acordo com os resultados da Tabela 8, a velocidade do sumo de tomate (fluido do lado do tubo) era de 1,785 m/s, o que está dentro do intervalo proposto por [14] de 1-2 m/s para fluidos de processo que fluem em trocadores tubulares, enquanto a velocidade da água fria (fluido anular) era de 3,411 m/s, que está acima do intervalo proposto por [14] de 1,5-2,5 m/s para água corrente em trocadores tubulares. A velocidade do fluido do anel era 1,91 vezes maior do que a velocidade do fluido do lado do tubo. Em [12] as velocidades calculadas do fluido lateral do tubo (água fria) e do fluido anular (leite líquido de vaca) são de 16,64 m/s e 0,92 m/s, respetivamente.

O número de Reynolds do fluido do lado do tubo (sumo de tomate) tinha um valor de 4.492, indicando que este fluido flui na zona de transição, enquanto o fluido anular (água fria) flui na zona turbulenta porque o valor do seu número de Reynolds (63.521) é superior a 10.000 [13]. O número de Reynolds de água fria era 14,14 vezes superior ao número de Reynolds de sumo de tomate. O sumo de tomate tinha este valor baixo do número de Reynolds principalmente devido ao valor relativamente elevado da sua viscosidade (0,021 Pa.s) e também devido ao baixo valor do diâmetro interior do tubo interior (0,0525 m). Em [12], o número de Reynolds de fluido do lado do tubo (água fria) e fluido anular (leite líquido de vaca) é 291.629 e 16.796, respetivamente, pelo que ambos os fluidos fluem sob regime turbulento.

O valor calculado do número de Prandtl para sumo de tomate foi 132,97, sendo 20,78 vezes superior ao número de Prandtl para água fria (6,542). Esta diferença deve-se em grande parte à maior viscosidade do sumo de tomate (0,021 Pa.s) em comparação com a viscosidade da água fria (0,000943 Pa.s). Em [12], o número de Prandtl de fluido do lado do tubo (água fria) e fluido anular (leite líquido de vaca) é 11,19 e 7,16, respetivamente.

O número de Nusselt do fluido do lado do tubo (sumo de tomate) foi 99,45, enquanto o valor deste parâmetro para o fluido do anel (água fria) foi 303,17. O número de Nusselt para água fria foi 3,05 vezes superior ao número de Nusselt para sumo de tomate, o que se deve ao facto de o número de Reynolds apresentado pela água fria (63.521) ser superior ao número de Reynolds para sumo de tomate (4.492). No entanto, vale a pena mencionar que as equações usadas para calcular os números de Nusselt para ambos os fluidos eram diferentes, ou seja, a correlação de Gnielinski foi usada para calcular o número de Nusselt para sumo de tomate, enquanto a correlação de Prandtl foi usada para calcular o número de Nusselt para água fria, baseada nos valores numéricos de Reynolds para ambos os fluidos. Em [4], foi projetado um DPHE sem aletas para arrefecer 5 kg/s de um jato de óleo de motor quente (fluido anular) entre 65 e 55 °C usando água do mar (fluido do lado do tubo) como líquido de arrefecimento. O número de Nusselt calculado para o fluido do lado do tubo (água do mar fria) variava entre 422,0330 e 798,6098 para um intervalo de fator de fricção do lado do tubo de 0,002-0,004, dependendo do conjunto de correlação usado para calcular estes parâmetros, enquanto o

número de Nusselt calculado para o fluido do anel (óleo quente do motor) era 34,693 para um valor de fator de fricção de 0,024. Em [12], o número de Nusselt do fluido do lado do tubo (água fria), calculado usando a correlação de Prandtl e totalizando 1.237,84, é 12,44 vezes superior ao número de Nusselt do fluido anular (leite líquido de vaca), que também foi calculado usando a correlação de Prandtl e totalizou 99,49.

O coeficiente de transferência de calor para o fluido anular (4.531,13 W/m². K) era 3,78 vezes superior ao coeficiente de transferência de calor para o fluido do lado do tubo (1.194 W/m². K). Isto ocorreu principalmente porque o valor mais elevado foi obtido a partir do número de Nusselt para a água em comparação com o valor deste parâmetro para sumo de tomate. Em [4], o coeficiente de transferência de calor para a água do mar que flui dentro dos tubos variou entre 12.885 W/m². K a 24.382 W/m². K, dependendo das correlações usadas para calcular o número de Nusselt. Da mesma forma, o coeficiente de transferência de calor para o óleo do motor que flui no anel para o DPHE sem aletas é de 64,549 W/m². K. Em [12], o coeficiente de transferência de calor do fluido do lado do tubo (água fria) é de 26.531,78 W/m². K, enquanto o coeficiente de transferência de calor do fluido anular (leite líquido de vaca) é de 1.175,24 W/m². K, ou seja, o coeficiente de transferência de calor para água fria é 22,58 vezes superior ao coeficiente de transferência de calor para leite líquido de vaca.

Os valores dos coeficientes totais de transferência de calor entrelaçado e limpo foram de 561,46 W/m². K e 793,33 W/m². K, respetivamente, e estavam dentro do intervalo reportado por [21] de 280-850 W/m². K; o alcance reportado por [14] de 350-900 W/m². K, enquanto o coeficiente total de transferência de calor enredada estava dentro do intervalo proposto por [13] de 370-750 W/m². K, enquanto o coeficiente global de transferência de calor limpo era superior ao intervalo reportado por estes autores. Os valores do coeficiente global de transferência de calor reportados pela literatura correspondem a uma transferência de calor sensata sem mudança de fase usando água como refrigerante, ajustando-se adequadamente ao nosso sistema de transferência de calor. Em [12], os coeficientes totais de transferência de calor sujo e limpo têm valores de 774,31 W/m². K e 1.030,11 W/m². K, respetivamente.

A diferença média de temperatura logarítmica calculada teve um valor de 36,07 °C, com uma superfície de transferência de calor de 47 m², uma superfície de transferência de calor por bifurcação de 1,515 m², resultando assim num total de 32 forqu岸tes, o que pode ser considerado elevado e atípico para um DPHE [13]. Consideramos que as razões por detrás deste valor elevado para o número total de forks foram o valor elevado da carga térmica (951,77 kW) e os valores relativamente baixos obtidos para o coeficiente total de transferência de calor sujo (561,46 W/m². K) e a diferença média logarítmica de temperatura (36,07 °C). De forma semelhante, o fluxo do fluido do lado do tubo (sumo de tomate) sob a zona de

transição, uma zona que deve ser evitada ao projetar permutadores de calor [17], pode ter influenciado a obtenção de um valor tão elevado para o número total de garfos, porque o valor baixo obtido para o número de sumo de tomate de Reynolds reduziu o valor do coeficiente total de transferência de calor em condições de incrustação (ϵ). Assim, aumenta a superfície de transferência de calor (A_o) e, consequentemente, o número total de forquilha. Em [4], o número total de forquilha para um DPHE sem aletas com óleo de motor/água do mar é de 85 e 87 em condições limpas e emaranhadas, respectivamente. Em [12], a diferença logarítmica média de temperatura, superfície de transferência de calor e transferência de calor por garfo é de 23,51 °C, $12,92U_f A_o^{m^2}$ e 0,629 m², respectivamente, totalizando 21 pinos.

O fator de limpeza, que é um termo desenvolvido para a indústria de energia a vapor que relaciona o coeficiente total de transferência de calor quando o permutador está ensujado com quando está limpo [13], tinha um valor de 0,708, um resultado que pode ser considerado inferior ao valor proposto por [13] de 0,85 para trocadores tubulares típicos. Isto ocorreu devido ao valor relativamente elevado do coeficiente global de transferência de calor limpo ($793,33 W/m^2$). K). Em [4] o fator de limpeza tinha um valor de 0,9819 para um intervalo de números de Nusselt de 422,0330 a 798,6098 durante o desenho de um DPHE sem aletas. Em [12], o fator de limpeza tem um valor de 0,752 para um DPHE sem nadadeiras.

A percentagem acima do solo foi de 41,29%, o que pode ser considerado elevado em comparação com o valor médio recomendado por [13] de não ultrapassar cerca de 30%. É, portanto, um permutador de calor bastante grande, que poderia ser reduzido para cumprir as especificações do processo com limpezas mais frequentes. Pode ser preferível usar um design de 30% acima do solo para reduzir o custo de investimento, de modo a que o calendário de limpeza possa ser organizado em conformidade. Portanto, o desenho proposto pode ser modificado e reclassificado [13]. Em [4] a percentagem acima da superfície oscilou entre 1,8400 % e 1,8455 % para um intervalo do número de Nusselt entre 422,0330 e 798,6098 durante o desenho de um DPHE sem aletas. Em [12], o valor da percentagem na superfície é de 32,96%.

A queda de pressão por fricção para o fluido do lado do tubo (sumo de tomate, 312.558 Pa ou 3,08 atm) excedeu ligeiramente o limite máximo permitido pelo sistema de troca de calor (300.000 Pa), enquanto a queda de pressão por fricção do fluido anular (água fria) teve um valor bastante elevado (1.678.128 Pa ou 16,56 atm), que era 5,59 vezes superior ao limite máximo permitido estabelecido pelo processo para este fluxo (300.000 Pa). Este valor elevado obtido pela queda de pressão por fricção da água fria deve-se principalmente ao elevado valor da velocidade da água fria de 3,411 m/s, ao elevado número de forquilha necessárias (32) e ao valor baixo do diâmetro hidráulico (0,0176 m). Em [17] afirma-se que, se a queda de pressão

calculada for excessiva, será necessário aumentar a área de fluxo, seja aumentando o diâmetro dos tubos ou instalando mais ramos em paralelo. A queda de pressão por fricção do fluido anular foi 5,37 vezes maior do que a queda de pressão do fluido do lado do tubo. Os resultados do nosso estudo são consistentes com os relatados por [4], onde as quedas de pressão do fluido anular (óleo quente do motor) são maiores do que as quedas de pressão do fluido lateral do tubo (água do mar), tanto em condições sujas como limpas. No entanto, os resultados do nosso estudo não são consistentes com os reportados por [12], onde a queda de pressão por fricção do fluido lateral do tubo (água fria) é 122,51 vezes maior do que a queda de pressão por fricção do fluido do anel (leite líquido de vaca).

Finalmente, a potência de bombeamento do fluido anular (13,67 kW) foi 9,05 vezes superior à queda de pressão do fluido lateral do tubo (1,51 kW), principalmente devido ao valor relativamente elevado da queda de pressão obtida para água fria em comparação com o valor deste parâmetro para sumo de tomate. Este resultado coincide com os reportados por [4], onde o valor da potência de bombeamento do fluido anular é maior do que a potência de bombeamento do fluido lateral do tubo, tanto para a DPHE limpa sem aletas como para a DPHE suja sem aletas projetada neste estudo. No entanto, os resultados do nosso estudo relativamente a este parâmetro diferem dos reportados por [12], onde a potência de bombeamento do fluido do tubo lateral (água fria) é de 110,5 kW, enquanto a potência de bombagem do fluido do anel (leite líquido da vaca) é de 114,58 W.

O custo de compra do DPHE sem aletas, com base em janeiro de 2026, rondou os USD 165.500 para uma superfície de transferência de calor (ϵ) de $474 A_o^{m^2}$. Em [12], o custo de compra de um DPHE sem aletas projetado para arrefecer um jato de leite líquido de vaca é de 45.600 dólares, segundo maio de 2025, para uma superfície de transferência de calor de 12,92 m² e aplicando a mesma correlação reportada por [14].

5. Conclusões.

No presente artigo, foi concebido um DPHE sem aletas do ponto de vista termo-hidráulico, para arrefecer um jato de sumo de tomate quente usando água fria como refrigerante e aplicando a metodologia de design relatada por [13]. Foram calculados vários parâmetros chave de projeto, como a carga térmica (951,77), a taxa de fluxo mássico necessária da água refrigerada (6,50 kg/s) e o coeficiente total de transferência de calor contaminado ($561,46 W/m^2$). K), o número total de garfos (32), o fator de limpeza (0,708) e a percentagem na superfície (41,29%). De forma semelhante, a queda de pressão por fricção e a potência de bombagem também foram calculadas para ambos os fluidos. Concluiu-se que o DPHE projetado não pode ser implementado no serviço de transferência de calor solicitado devido aos valores elevados obtidos para o número total de forquilha e à percentagem acima da superfície, que se devem principalmente ao fluxo do fluido lateral do tubo (sumo de

tomate) na zona de transição. Esta conclusão pode ser corroborada tendo em conta o valor relativamente elevado obtido para a queda de pressão por fricção do fluido anular (16,56 atm), que é 5,59 vezes superior ao limite máximo permitido estabelecido pelo processo para este fluxo, que por sua vez aumentou a potência de bombeamento deste fluido para um valor significativo (13,67 kW). O DPHE projetado custará cerca de \$165.500 em janeiro de 2026. Recomenda-se aumentar o diâmetro de ambos os tubos e redesenhar o DPHE sem aletas para diminuir a queda de pressão do fluido anular, bem como para evitar o desenho do DPHE sem aletas com um dos fluidos a fluir na zona de transição.

6. Agradecimentos (se aplicável)

7.- Contribuições dos autores (Taxonomia dos Papéis dos Contribuintes (CRediT))

1. Conceptualização: Amaury Pérez Sánchez
2. Curadoria de dados: Laura Thalía Álvarez Lores, Laura de la Caridad Arias Águila.
3. Análise formal: Amaury Pérez Sánchez, Laura Thalía Álvarez Lores, Lizthalía Jiménez Guerra.
4. Aquisição de fundos: Amaury Pérez Sánchez.
5. Investigação: Amaury Pérez Sánchez, Laura Thalía Álvarez Lores, Laura de la Caridad Arias Águila.
6. Metodologia: Laura Thalía Álvarez Lores, Heily Victoria González, Arlette de la Caridad González Abad.
7. Gestão de projetos: Amaury Pérez Sánchez, Lizthalía Jiménez Guerra.
8. Recursos: Laura Thalía Álvarez Lores, Lizthalía Jiménez Guerra, Heily Victoria González.
9. Software: Amaury Pérez Sánchez, Laura Thalía Álvarez Lores, Arlette de la Caridad González Abad.
10. Supervisão: Amaury Pérez Sánchez, Laura Thalía Álvarez Lores.
11. Validação: Amaury Pérez Sánchez, Laura de la Caridad Arias Águila, Lizthalía Jiménez Guerra.
12. Exibição: Heily Victoria González, Arlette de la Caridad González Abad.
13. Redação - rascunho original: Lizthalía Jiménez Guerra, Heily Victoria González, Arlette de la Caridad González Abad.
14. Escrita - revisão e edição: Amaury Pérez Sánchez, Laura Thalía Álvarez Lores, Laura de la Caridad Arias Águila.

8. Apêndice.

Nomenclatura.

A_o	Área de transferência de calor superficial	M2
A_{ca}	Área líquida do anel de fluxo livre	M2
A_{ct}	Área líquida de fluxo livre do tubo interior	M2
A_{hp}	Área de transferência de calor por forquilha	M2

C_p	Capacidade calorífica	kJ/kg. K
CF	Fator de limpeza	-
d_e	Diâmetro exterior do tubo interior	m
d_i	Diâmetro do Tubo Interior	m
D_e	Diâmetro equivalente para transferência de calor	m
D_h	Diâmetro hidráulico	m
D_i	Anel de Diâmetro Interior	m
f	Fator de atrito do ventilador	-
f_c	Fator de fricção do ventilador corrigido	-
h	Coefficiente de transferência de calor	L/m2. K
k	Condutividade Térmica	W/m.K
k_m	Material metálico de condutividade térmica do tubo interior	W/m.K
L_t	Comprimento do tubo	m
m	Caudal mássico	kg/h
N_h	Número de bifurcações	-
Nu	Número de Nusselt	-
OS	Percentagem da superfície	%
P	Potência de bombagem	kW ou W
Pr	Número de Prandtl	-
Δp	Queda de pressão por fricção	Pa
ΔP_m	Queda máxima de pressão permitida	Pa
Q	Carga Térmica	kW
R	Fator de Incorporação	M2. K/W
Re	Número de Reynolds	-
R_{ft}	Total Ausência	M2. K/W
t	Fluido de Temperatura Fria	°C
$\bar{t}$	Fluido frio a temperatura média	°C
T	Fluido de Temperatura Quente	°C
T_w	Temperatura da parede do tubo	°C
$\bar{T}$	Fluido quente a temperatura média	°C
ΔT_m	Diferença de temperatura média logarítmica	°C
U_c	Coefficiente Global de Transferência de Calor Limpo	L/m2. K
U_f	Coefficiente total de transferência de calor sujo	L/m2. K
v	Velocidade	m/s
Símbolos gregos		
ρ	Densidade	kg/m3
μ	Viscosidade	Pa.s
μ_w	Viscosidade do fluido à temperatura da parede do tubo	Pa.s
η_p	Eficiência da bomba isentrópica	-
Subíndices		
1	Entrada	
2	Saída	
a	Fluido anular	
c	Fluido frio	
h	Fluido quente	
t	Fluido do Lado do Tubo	

7.- Referências.

- [1] K. Silaipillayarputhur, T. A. Mughanam, A. A. Mojil e M. A. Dhmoush, "Análise Analítica e Numérica do Design de Trocadores de Calor de Tubos Concêntricos – Uma Revisão," *IOP Conf. Series: Ciência e Engenharia de Materiais*, vol. 272, p. 012006, 2017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/272/1/012006>
- [2] N. Nwokolo, P. Mukumba e K. Obileke, "Avaliação do Desempenho Térmico de um Permutador de Calor de Duplo Tubo Instalado num Sistema de Gaseificação de Biomassa", *Journal of Engineering*, pp. 1-8, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6762489>
- [3] J. Havlik, T. Dlouhy, e J. Krempasky, "Transferência de Calor em Permutadores de Calor de Dois Tubos com Espaçamento de Tubos Pequenos," *Journal of Fluids Engineering*, vol. 147, pp. 1-10, 2025.
- [4] C. Ezgi e Ö. Akyol, "Design Térmico de Permutador de Calor de Dois Tubos Usado como Arrefecedor de Óleo em Navios: Um Estudo de Caso Comparativo," *Journal of Ship Production and Design*, vol. 35, nº 1, pp. 12-18, 2019. <https://doi.org/10.5957/JSPD.170009>
- [5] A. Peccini, J. C. Lemos, A. L. H. Costa e M. J. Bagajewicz, "Projeto Ótimo de Estruturas de Permutadores de Calor de Dupla-Tubo," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 58, pp. 12080-12096, 2019. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b01536>
- [6] Z. T. Alkanan, A. B. Altemimi, A. R. S. Al-Hilphy, F. Cacciola e S. A. Ibrahim, "Aplicação e Efeitos do Aquecimento Combinado por Vácuo Ôhmico nos Fatores de Qualidade da Pasta de Tomate," *Foods*, vol. 10, p. 2920, 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10122920>
- [7] G. I. Igile, O. O. Ekpe, N. M. Essien, S. C. Bassey e M. A. Agiang, "Características de qualidade do sumo de tomate produzido e preservado com e sem as suas sementes," *Donnish Journal of Food Science and Technology*, vol. 2, nº 1, pp. 001-009, 2016.
- [8] C. L. Goodman, S. Fawcett e S. A. Barringer, "Análise do Sabor, Viscosidade e Cor dos Sumos de Tomate Inovadores Quentes e Frios," *Journal of Food Science*, vol. 67, Nº 1, pp. 404-408, 2002.
- [9] S. Asadbeigi, E. Ahmadi, M. Goodarzi e A. Sagharichian, "Análise e Simulação de Transferência de Calor e Design de um Permutador de Calor de Casca e Tubo para o Processo de Pasteurização de Extrato de Tomate: Um Estudo CFD," *Heliyon*, vol. 9, p. e21593, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21593>
- [10] S. M. Jafari, S. S. Jabari, D. Dehad e S. A. Shahidi, "Melhoria da Transferência de Calor no Processamento Térmico de Sumo de Tomate pela Aplicação de Nanofluidos," *Food Bioprocess Technol*, vol. 10, pp. 307-316, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1816-9>
- [11] L. Pagliarini, U. Neviani e S. Rainieri, "Modelação Numérica e Validação Experimental de Transferência de Calor Melhorada e Mistura Térmica num Permutador de Calor de Três Tubos para Processamento Alimentar," *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, Vol. 35, Nº 11, pp. 3749-3774, 2025.
- [12] A. P. Sánchez, L. d. l. C. A. Águila, H. V. González, M. I. L. R. Veliz e Z. M. S. Rodríguez, "Projeto termo-hidráulico de um permutador de calor de dois tubos sem aletas e aletas para refrigeração do leite. Parte 1 - Permutador de Calor Sem Aletas," *Ingeniería Química y Desarrollo*, vol. 08, nº 01, pp. 88-101, 2026. <https://doi.org/10.53591/fv3x4n54>
- [13] S. Kakaç, H. Liu e A. Pramuanjaroenkij, *Trocador de Calor - Seleção, Classificação e Design Térmico*, 3.ª ed. Boca Raton, EUA: CRC Press, 2012.
- [14] R. Sinnott e G. Towler, *Design de Engenharia Química*, 6.ª edição Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann, 2020.
- [15] J. R. Couper, D. W. Hertz e F. L. Smith, "9. Economia de Processos," no *Manual de Engenheiros Químicos de Perry*, D. W. Green e M. Z. Southard, eds. 9.ª ed. Nova Iorque, EUA: McGraw-Hill Education, 2019.
- [16] S. Jenkins, "Indicadores Económicos," *Chemical Engineering*, vol. 135, nº 3, p. 40, 2026.
- [17] E. Cao, *Transferência de Calor em Engenharia de Processos*. Nova Iorque, EUA: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2010.
- [18] A. M. Flynn, T. Akashige, e L. Theodore, *Transferência de Calor do Processo Kern*, 2.ª ed. Nova Jérsei, EUA: John Wiley & Sons, Inc., 2019.
- [19] Y. Choi e M. R. Okos, "As Propriedades Térmicas dos Concentrados de Sumo de Tomate," *Transactions of the ASAE*, vol. 26, nº 1, pp. 305-311, 1983.
- [20] M. Z. Southard, R. L. Rowley e W. V. Wilding, "2. Dados Físicos e Químicos," no *Perry's Handbook of Chemical Engineers*, 9.ª Edição. Nova Iorque, EUA: McGraw-Hill Education, 2019.
- [21] S. M. Hall, *Regras Gerais para Engenheiros Químicos*, 6.ª ed. Amsterdão, Países Baixos: Elsevier, 2018.

Avaliação do teor de tartrazina (E-102) em refrigerantes com sabor a laranja comercializados em Guayaquil por espectrofotometria UV-Visível.

Evaluación del contenido de tartrazina (E-102) en bebidas refrescantes sabor naranja comercializadas en Guayaquil mediante espectrofotometría UV-Visible.

Stefanie Bonilla Bermeo ^{1*}; Carlos Valdiviezo Rogel²; Luis Romero ³; Michael Rendón Morán ⁴

Recebido: 09/03/2026 – Aceite: 22/06/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artigos de
Investigação ☒

Artigos de
Revisão ☐

Artigos de
Ensaio ☐

* Autor
correspondente.



Esta obra está licenciada sob uma licença internacional Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Partilha Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Os autores mantêm os direitos sobre os seus artigos e podem partilhar, copiar, distribuir, executar e comunicar publicamente a obra, desde que a autoria seja reconhecida, não utilizada para fins comerciais e que a mesma licença seja mantida em obras derivadas.

Resumo.

A tartrazina (E-102) é um corante sintético usado em bebidas aromatizadas para melhorar a aparência. O seu uso deve ser controlado devido a possíveis efeitos adversos associados ao consumo excessivo. O objetivo era quantificar a presença de tartrazina (E-102) em refrigerantes de laranja tranquilos comercializados em pontos de venda em Guayaquil, avaliando a sua conformidade com os limites permitidos internacionalmente estabelecidos. O estudo experimental aplicou-se, com uma abordagem quantitativa. Doze amostras de refrigerantes não carbonatados com sabor a laranja, pertencentes a três marcas comerciais, foram recolhidas através de amostragens estratificadas em supermercados de Guayaquil. A quantificação da tartrazina usando espectrofotometria UV-Visível a 427 nm. A curva de calibração foi desenvolvida com padrões de referência e o desempenho analítico do método foi avaliado usando parâmetros de linearidade, precisão, precisão e repetibilidade. As concentrações médias de tartrazina obtidas foram de 134,85 mg/L para a marca A, 99,45 mg/L para a marca B e 54,61 mg/L para a marca C. Os resultados mostraram que as amostras correspondentes à marca A ultrapassaram o limiar máximo de 100 mg/L estabelecido por organizações internacionais. Na marca B, foram observados valores próximos do limite regulamentar, enquanto a marca C apresentou concentrações consideravelmente inferiores ao valor permitido. Após submeter os resultados ao teste de Shapiro-Wilk, os resultados do processamento estatístico revelaram que a amostra não seguiu uma distribuição normal, o que evidenciou variabilidade no teor de tartrazina entre as marcas analisadas. Uma das marcas analisadas ultrapassou os limites permitidos da tartrazina, evidenciando a necessidade de reforçar o controlo dos aditivos nas bebidas.

Palavras-chave.

Tartrazina, Espectrofotometria UV-Visível, Bebidas Aromatizadas, Corantes Alimentares

Resumen.

La tartrazina (E-102) es un colorante sintético utilizado en bebidas saborizadas para mejorar apariencia. Su uso debe ser controlado debido a posibles efectos adversos asociados al consumo excesivo. El objetivo fue cuantificar la presencia de tartrazina (E-102) en refrescos de naranja sin gas comercializados en expendios de Guayaquil evaluando su cumplimiento con límites permisibles establecidos internacionalmente. El estudio experimental aplicado, con enfoque cuantitativo. Se recolectaron doce muestras de bebidas refrescantes no carbonatadas sabor naranja pertenecientes a tres marcas comerciales, mediante muestreo estratificado en supermercados de Guayaquil. La cuantificación de tartrazina empleando espectrofotometría UV-Visible a 427 nm. La curva de calibración se elaboró con patrones de referencia y se evaluó el desempeño analítico del método mediante parámetros de linealidad, exactitud, precisión y repetibilidad. Las concentraciones promedio de tartrazina obtenidas fueron 134.85 mg/L para la marca A, 99.45 mg/L para la marca B y 54.61 mg/L para la marca C. Los resultados evidenciaron que las muestras correspondientes a la marca A superaron el umbral máximo de 100 mg/L establecido por organismos internacionales. En la marca B se observaron valores cercanos al límite regulatorio, mientras que la marca C presentó concentraciones considerablemente inferiores al valor permitido. Tras someter los hallazgos al test de Shapiro-Wilk, los resultados del procesamiento estadístico revelaron que la muestra no seguía una distribución normal lo que evidenció variabilidad en el contenido de tartrazina entre las marcas analizadas. Una de las marcas analizadas superó los límites permisibles de tartrazina, evidenciando la necesidad de fortalecer el control de aditivos en bebidas.

Palabras clave.

Tartrazina, Espectrofotometría UV-Visible, Bebidas saborizadas, Colorantes alimentarios.

1. Introdução

A crescente procura dos consumidores por produtos visivelmente mais atrativos, como corantes alimentares sintéticos, foram desenvolvidos para uso na produção alimentar, com o objetivo de melhorar certos aspetos do produto. Para alcançar a atenção do consumidor, portanto, todos os produtos alimentares devem indicar no rótulo que contêm substâncias artificiais como a Tartrazina, pois

existem estudos em que este aditivo pode causar complicações em um pequeno número de pessoas que sofrem de doenças como asma e perturbações de défice de atenção, estas últimas mais prováveis em crianças. Muitos países não permitem o uso deste corante e outros controlam-no de forma mais rigorosa. A tartrazina é um dos corantes que levantam sérias preocupações de segurança para os consumidores em doses baixas,

¹ Universidade de Guayaquil/ stefanie.bonillab@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9391-3698>, Guayaquil, Equador.

² Universidade de Guayaquil/ carlos.valdiviezo@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-6550-9751>, Guayaquil, Equador.

³ Escuela Superior Politécnica del Litoral/ luisrome@espol.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-2417-4836>, Guayaquil, Equador.

⁴ Escuela Superior Politécnica del Litoral/ mrgrendon@espol.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0004-4390-8294>, Guayaquil, Equador.

relevantes para a exposição real a humanos. A literatura científica continua a crescer após a reavaliação pela Autoridade Europeia de Segurança Alimentar (EFSA) em 2009 e pelo Comité Conjunto de Peritos FAO/OMS sobre Aditivos Alimentares (JECFA) em 2016. [1] [2]

[3] Aditivos alimentares, elementos indispensáveis nas dietas modernas, são amplamente utilizados em restaurantes para responder às exigências do mercado de consumo e melhorar a sua experiência gastronómica. No entanto, os potenciais riscos associados ao consumo excessivo ou prolongado não podem ser ignorados. [4] O Codex Alimentarius define aditivos alimentares como uma substância que é deliberadamente incorporada nos alimentos com o objetivo de cumprir funções técnicas específicas (incluindo funções organolépticas) na fabricação, processamento, tratamento, embalagem, armazenamento ou transporte desse alimento. No entanto, sublinham que a definição dada pelo Codex Alimentarius não inclui o termo contaminantes ou substâncias adicionadas aos alimentos para manter ou melhorar as qualidades nutricionais. Segundo alguns estudos, havia vários aditivos alimentares que já tinham sido usados no passado, mas que já não são autorizados devido à evidência encontrada dos seus efeitos secundários, à elevada frequência de possíveis incidentes de saúde, bem como à toxicidade de médio e longo prazo. É também importante notar que, para além dos corantes alimentares sintéticos, certos aditivos comerciais de origem vegetal ou animal também foram descontinuados. A classificação dos corantes naturais pode ser muito complexa devido à grande variedade de propriedades intrínsecas das substâncias colorantes. Estes podem provir de várias fontes naturais e, por isso, têm uma vasta gama de composições químicas que afetam as suas propriedades, solubilidade e estabilidade de forma diferente, podendo ter origens distintas, sejam plantas ou animais. [5][6][7]

As razões pelas quais este corante é quantificado devem-se ao elevado consumo per capita de bebidas aromatizadas no Equador, ocupando o terceiro lugar, atrás das bebidas gaseificadas e da água engarrafada, também entre as bebidas açucaradas, com 83% no comércio de lojas e supermercados na cidade de Guayaquil, além do pouco controlo que existe das entidades nacionais no uso do corante, já que na categoria desta bebida não existe um limite máximo de concentração do corante estipulado pelos regulamentos do INEN. A OMS é o regulamento nacional no controlo do uso de aditivos em alimentos. [8]

Devido a preocupações com estes potenciais efeitos na saúde, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) estabeleceram normas internacionalmente reconhecidas no Codex Alimentarius sobre os níveis máximos permitidos deste corante, dependendo do tipo de alimento ou bebida. [9] Além disso, do ponto de vista regulatório, há uma atenção e interesse crescentes na avaliação de risco destes corantes usados em

produtos alimentares (ou seja, corantes azo). No caso dos corantes azo, um fator limitante para o seu uso é o seu potencial carcinogénico, que ocorre após a sua redução para metabólitos cancerígenos no intestino. [10]

Em pesquisas recentes, há consenso de que os corantes alimentares sintéticos têm impactos diversos nos consumidores, especialmente na população pediátrica, devido à sua influência no apelo sensorial, o que pode incentivar uma preferência por certos alimentos. Os resultados revelaram que estes aditivos colorantes estão diretamente ligados a vários problemas de saúde, com um impacto maior nas crianças. [11]

Em alguns estudos, a identificação e quantificação de corantes em diferentes bebidas de consumo massivo é realizada, utilizando métodos como cromatografia de camada fina e outras espectrofotometrias visíveis de forma fiável para determinar que cumprem os limites permitidos estabelecidos nos regulamentos. Foram desenvolvidos e aplicados vários métodos dependentes da matriz para determinar corantes alimentares, empregando diferentes técnicas analíticas juntamente com protocolos adequados de preparação de amostras. As principais técnicas utilizadas para a sua determinação são a cromatografia com detectores espectrofotométricos e a espectrofotometria, enquanto os procedimentos de preparação da amostra dependem em grande parte da matriz alimentar. Na tecnologia alimentar, corantes alimentares de diferentes origens são substâncias químicas incorporadas nas matrizes alimentares para manter ou realçar as características organolépticas do produto, que podem ser afetadas ou perdidas durante o processamento ou armazenamento, e para preservar a cor desejada. A classificação mais comum e amplamente utilizada baseia-se na distinção entre aditivos colorantes solúveis e insolúveis (corantes ou pigmentos), que por sua vez podem ser categorizados como naturais ou sintéticos. [12][13] [14]

Nos últimos anos, a investigação sobre a deteção e quantificação de corantes alimentares sintéticos evoluiu para o tratamento de técnicas sensíveis, analíticas, seletivas e sustentáveis. Estudos recentes em revistas de grande impacto reportaram o uso de métodos avançados, como sensores eletroquímicos baseados em nanomateriais, espectroscopia acoplada a sistemas inteligentes e cromatografia líquida de alto desempenho com detectores melhorados, que permitem a deteção de tartrazina em níveis de traço com elevada precisão e menor tempo de análise. Por exemplo, investigações recentes mostraram que sensores eletroquímicos modificados com nanopartículas têm limites de deteção significativamente mais baixos em comparação com métodos convencionais, enquanto técnicas como o UHPLC acoplado a detetores espectrofotométricos continuam a ser o padrão para validação analítica em matrizes complexas. [15] [16] Da mesma forma, tem havido um interesse crescente em metodologias mais sustentáveis e de baixo custo, como

a espectrofotometria UV-Visível otimizada, que continua a ser amplamente utilizada em contextos onde a acessibilidade é necessária sem comprometer a fiabilidade analítica. Estas tendências refletem a necessidade de equilibrar precisão, custo e aplicabilidade na monitorização de aditivos alimentares em produtos de consumo.

É evidente que a análise de corantes alimentares traço é essencial com a aplicação das técnicas analíticas adequadas, com elevada especificidade e seletividade. Vários estudos relataram que existe um interesse crescente em monitorizar a concentração de corantes alimentares sintéticos em vários produtos. Por isso, esta investigação visa determinar a concentração de Tartrazina (E-102), também chamada Amarelo nº 5, em bebidas com sabor a laranja não carbonatadas refrescadas com UV-VIS. Espectrofotometria UV/VIS. [17]

1.1. Aditivos alimentares

Estes aditivos são incorporados para melhorar a aparência e a preservação do produto. Embora alguns forneçam nutrientes, a sua principal função é tecnológica e sensorial, antecipando a experiência do consumidor em relação ao valor nutricional.[18]

A sua inclusão em processos como produção, transporte ou armazenamento, procura estabilizar o produto. Estes aditivos reforçam a conservação contra fatores ambientais ou microbianos, prevenindo ou atrasando a deterioração e garantindo a segurança alimentar. [19]

1.2. Corantes

De 400 a.C. Quando os egípcios coloriram o vinho, o aspeto visual condicionou as decisões alimentares. Quimicamente, isto ocorre graças a dois grupos: o cromóforo, responsável pelo tom, e o auxocromo, que permite a sua fixação. Até ao século XIX, as pessoas dependiam exclusivamente de fontes naturais para estimular aquele desejo e frescura que a cor traz aos consumidores. [20]

1.3. Designação "E" em corantes

Para abastecer o comércio alimentar com aditivos, a União Europeia implementou um sistema de códigos (letra E seguida de 3 ou 4 dígitos). Estes números permitem equiparar o nome químico e a função de cada substância, sendo obrigatório detalhá-los na rotulagem para garantir transparência e diferenciar cada ingrediente de forma inequívoca. Por exemplo: E1 - corante, E4 - emulsionantes, estabilizadores, espessantes e agentes gelificantes, E3 - antioxidantes, E2 - conservantes [21]

1.4. Classificação dos corantes de acordo com a sua natureza

1.4.1. Cores Naturais

Provenientes de fontes animais, vegetais ou minerais, estes corantes destacam-se pela sua segurança. Como não têm

restrições sanitárias e não exigem certificações, são livremente incluídos na produção de cosméticos, farmacêuticos e alimentos, consolidando-se como uma opção segura e versátil em vários setores industriais em comparação com as opções sintéticas.. [22]

Durante os processos de produção do produto, a instabilidade dos corantes naturais pode degradar-se na presença de altas temperaturas, armazenamento inadequado, o que leva a alterações na atividade da água e no pH e até à possibilidade de ser fotosensível. [23]

1.4.2. Corantes Sintéticos

Conhecidas como artificiais, que são obtidas por síntese química. Estes corantes foram amplamente utilizados no início do século XIX, a partir de 1826. Ao decompor o índigo, o investigador alemão Unverdorben isolou compostos de anilina pela primeira vez, marcando um marco no estudo deste corante. Foi assim que se abriu espaço para a fabricação de muitos corantes artificiais. Devido ao baixo custo e maior poder de tingimento e brilho dos produtos, os corantes sintéticos destacam-se; no entanto, em alguns estudos, foram reportados efeitos nocivos em bebés que afetam o seu comportamento e geram défice de atenção e hiperatividade. Por isso, em alguns países europeus, o uso de corantes artificiais foi restringido, dando prioridade ao uso de corantes de origem natural, enquanto noutros foi regularizado através da determinação dos limites permitidos estabelecidos pela FDA [24] [25]

1.5. Corantes como aditivos alimentares

A Food and Drug Administration (FDA) define corantes e pigmentos como aqueles compostos obtidos através de síntese artificial ou extraídos diretamente de fontes minerais, vegetais ou animais. A característica essencial destas substâncias é a sua capacidade intrínseca de transferir cor para produtos cosméticos, medicamentos ou alimentos, independentemente de a sua estrutura química original ter sido modificada durante o processo. [26]

1.6. Corante sintético Tartrazina E-102

A tartrazina é um corante químico sintético com coloração amarelo-limão usado como pigmento alimentar (E102), também chamado de "Amarelo Alimentar CI 4". Os corantes alimentares Azo são sintéticos e provêm de aminas aromáticas, que contêm um grupo azo de dois átomos de azoto ligados ($-N=N-$) e unificados em anéis aromáticos. [27] [28]

A ingestão média diária de tartrazina foi estabelecida em 7,5 mg/kg [28]

1.7. Química do corante Tartrazina

O amarelo N5 com massa é de 534,4 g/mol e a sua fórmula química $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$, e estruturalmente possui um grupo azo ($-N=N-$), unida por anéis aromáticos, a tartrazina é por isso reconhecida como pertencente à família dos corantes azo. [29]

1.8. Toxicologia do corante Tartrazina

E-102, ou amarelo E-5, é um corante muito controverso, pois outros estudos mostraram que pode causar condições respiratórias, reações alérgicas e até hiperatividade em crianças; desde então, os limites máximos permitidos e a ingestão diária que não afeta a saúde das pessoas foram investigados em ratos de laboratório e, assim, mantêm o controle no uso deste aditivo alimentar, e que está reportado na formulação e demonstrado no rótulo que contém tartrazina. [30]

1.9. Bebidas não gaseificadas

Aquela que não contém dióxido de carbono na sua composição, produzida a partir de água potável que cumpre os parâmetros de segurança estabelecidos nas normas equatorianas, e pode conter açúcar como adoçantes, aromatizantes sintéticos ou de origem natural. [31]

1.10. Regulamentos para bebidas não carbonatadas do corante Tartrazina E-102

No Equador, a concentração do corante Tartrazina em bebidas não gaseificadas ou, segundo a Norma INEN 192 "Bebidas aromatizadas à base de água sem gás, incluindo ponches de fruta, limonadas e bebidas semelhantes", não está estabelecida no regulamento, apenas NTE INEN 2304 de "Refrigerantes ou bebidas não gaseificadas. Requisitos", não há descrição da concentração de tartrazina, apenas indica que não deve exceder os aditivos alimentares estabelecidos pela norma INEN 192, que não estabelece os limites máximos permitidos para este corante. Noutras bebidas semelhantes, no NTE INEN 1101 versão 2016 "Bebidas gaseificadas ou gaseificadas. Requisitos", se estabelecer uma concentração máxima de 200mg/L de Tartrazina na sua composição. O controle insuficiente das regulamentações nacionais neste tipo de bebida leva a um problema irrestrito no uso de aditivos, causando um possível risco para a saúde dos utilizadores. [32]

2. Materiais e métodos.

A investigação utilizou como principal material refrigerantes não carbonatados com sabor a laranja de três marcas comerciais, adquiridas em supermercados de diferentes setores da cidade de Guayaquil. Reagentes analíticos foram usados para a preparação de soluções padrão de tartrazina (E-102), bem como água destilada e equipamentos laboratoriais convencionais, incluindo frascos volumétricos, pipetas volumétricas e células de quartzo. A análise instrumental foi utilizada usando um espectrofotômetro UV-Visível, operado a 427 nm de comprimento de onda, escolhido especificamente porque coincidia com o pico de máxima absorção na detecção do corante.

A metodologia era experimental com uma abordagem quantitativa. Foi construída uma curva de calibração a

partir de soluções padrão de tartrazina, permitindo estabelecer a relação entre concentração e absorvida. As amostras foram previamente preparadas e analisadas em condições controladas, registrando os seus valores de absorção para determinar a sua concentração por interpolação na curva. Adicionalmente, o desempenho do método analítico foi avaliado através de parâmetros de linearidade, precisão, precisão e repetibilidade. Os dados obtidos foram sujeitos a análise estatística para verificar o seu comportamento e variabilidade. A análise e gestão dos dados experimentais foram realizadas com software Microsoft Excel, utilizando ferramentas estatísticas integradas para o cálculo de parâmetros como desvio padrão, média, coeficiente de variação e análise de regressão linear. A reprodutibilidade do método foi avaliada a partir de medições repetidas em condições controladas, verificando a consistência dos resultados através da análise da variabilidade intra-ensaio. Embora o Excel seja uma ferramenta de uso geral, a sua aplicação neste estudo foi adequada devido às características dos dados obtidos e ao tipo de análise necessária, permitindo obter resultados fiáveis e comparáveis aos critérios estabelecidos na validação de métodos analíticos.

2.1. Matéria-prima

A matéria-prima analisada era composta por refrigerantes não carbonatados com sabor a laranja, correspondendo a três marcas comerciais disponíveis em estabelecimentos comerciais na cidade de Guayaquil. As amostras foram selecionadas tendo em conta a sua elevada disponibilidade e consumo no mercado local, garantindo a representatividade. As unidades foram adquiridas em diferentes estabelecimentos localizados em diferentes áreas geográficas, para minimizar os preconceitos associados a um único ponto de venda. Os produtos estavam em recipientes originais selados, dentro da data de validade e armazenados em condições comerciais normais.

As bebidas selecionadas apresentaram características físicoquímicas semelhantes em termos de coloração, transparência e tipo de formulação, sendo matrizes líquidas homogêneas adequadas para análise espectrofotométrica direta. A composição declarada na rotulagem incluía a presença de tartrazina (E-102) como cor artificial. Antes da análise, as amostras foram condicionadas à temperatura ambiente e suavemente homogenizadas para garantir a uniformidade do sistema. Não foram realizados tratamentos de preparação complexos, dada a natureza líquida da matriz, que permitia uma reprodutibilidade adequada nas medições analíticas.

2.2. Elaboração da Solução Mãe

- O padrão contendo uma pureza de 99,0% a 100% foi ajustado.
- O padrão de 10mg = 10,10mg pode ser ajustado para 100%. Pureza

- c. 10,10 mg de peso padrão de corante tartrazina na balança analítica, e dissolvido num volume de 100 ml, com água destilada é levado até à linha de medição.
- d. Mantém-se à temperatura ambiente e protegido da luz

2.3. Construção da curva de calibração

- a. A partir da solução original, foram preparadas 5 diluições com diferentes concentrações de 6, 12, 18, 24, 30 mg/L em frascos volumétricos de 10 ml por volume com água destilada.
- b. O espectrofotómetro está calibrado para 427nm, o que corresponde à absorção máxima do corante nesse comprimento de onda. As concentrações das soluções foram lidas de forma crescente, usando água destilada como alvo.
- c. Por meio de um gráfico de dispersão, a absorção com a concentração estava relacionada
- d. Foi determinada a equação da linha da curva.

2.4. Verificação do método analítico por espectrofotometria UV-VISÍVEL

2.4.1. Comprimento de Onda Selecionado

Para o colorante Tartrazina nas bebidas, o comprimento de onda máximo foi estabelecido em estudos anteriores, que estabeleceram 427nm como comprimento de onda máximo. [33]

2.4.2. Especificidade

Estudo do Efeito Matricial. O método utilizado além do padrão. Escolher uma bebida não carbonatada que englobe os possíveis interferentes da matriz e que não contenha a corante da Tartrazina.

Uma diluição 1:10 num frasco volumétrico de 100ml da bebida selecionada.

Foram retiradas as mesmas aliquotas da solução de tartrazina, que foi usada para construir a curva de calibração, e diluídas em várias concentrações de 6, 12, 18, 24 e 30 mg/L, no enchimento em volume com a diluição 1:10 da bebida escolhida.

O espectrofotómetro é calibrado e lido a 427nm de comprimento de onda. As soluções foram lidas em concentração crescente, usando a diluição 1:10 como alvo da bebida selecionada.

Foi determinada a equação da linha da curva. [34]

Estatisticamente, a curva de efeito foi comparada com a matriz da curva de calibração do padrão através do teste T-student com a ferramenta Microsoft Excel Data Analysis para amostras relacionadas.

2.4.3. Precisão.

De acordo com os seguintes passos:

Com um frasco sem o analito de interesse, é fortificado com o corante padrão tartrazina em três níveis de concentração. Ser alto, médias e baixas na ordem de 6, 18 e 30 mg/L, respetivamente.

Com os dados recolhidos da curva de calibração, foi calculada a percentagem de recuperação realizada com a matriz reforçada.

A fiabilidade do método foi verificada pela percentagem de recuperação, avaliada segundo os critérios internacionais da AOAC. Para este cálculo, foi aplicada a relação matemática que permite contrastar a quantidade de analito recuperada com o valor real acrescentado, garantindo assim a precisão da análise:

$$\% \text{Recuperación} = \frac{\text{Valor obtenido } (\bar{x})}{\text{Valor real}} \times 100 \quad (1)$$

2.4.4. Precisão.

A precisão é selecionada por dois parâmetros: precisão intermédia e repetibilidade.

- **Repetibilidade:** A obtenção de leituras em triplicado a partir das soluções de controlo baseia-se em 3 níveis de concentração, o padrão, com o mesmo equipamento, laboratório e analista, com um curto momento.
- **Precisão intermédia:** A partir de um nível de concentração, as leituras são feitas em triplicado em 3 dias, pelo mesmo laboratório e equipamento e por diferentes analistas.
- **Calcule** a partir dos dados obtidos da precisão e repetibilidade intermédias com os parâmetros estatísticos abaixo:

$$\% \text{CV} = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad (2)$$

X: Médio

S: Desvio padrão.

% CV: coeficiente de variação

O método é mais preciso quanto menor for o % de CV, pelo que, segundo o limite de aceitação deste parâmetro, deve ser inferior a 2% [35]

2.4.5. Leitura de amostras usando espectrofotómetro UV/VIS.

1. As amostras foram rotuladas de acordo com o setor obtido.
2. Diluições 1:10 foram preparadas em frascos volumétricos de 25ml, lavados até ao volume com água destilada para cada bebida
3. Foi realizado em triplicado, as leituras eram temporizadas, a 427nm de comprimento de onda.
4. A concentração de tartrazina a partir da equação da linha foi determinada nas amostras e multiplicada pelo fator de diluição 1:10.

2.4.6. Análise estatística das amostras.

1. Foi aplicada a Estatística SPSS
2. Foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para cada amostra
3. Para cada amostra por marca de bebida, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk

4. Foram determinadas regressões lineares e análises de correlação para cada amostra por marca de bebida.

3. Resultados.

3.1. Construção da curva de calibração

A curva de calibração baseou-se noutros estudos com modificação do último ponto da curva.

Tabela 1. Absorção vs Concentração de Tartrazina

CONCENTRAÇÃO DE TARTRAZINA mg/L	ABSORVÂNCIA (ABS)
6	0.2412
12	0.5131
18	0.7467
24	1.000
30	1.2195

Fonte: Bonilla, et al, 2026

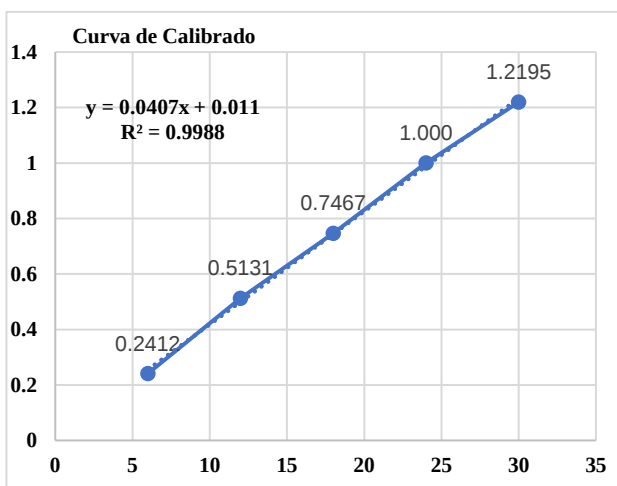


Figura 1. Curva de calibração para o padrão de tartrazina.

3.2. Teste de um método analítico utilizando um espectrofotômetro UV-VISÍVEL

3.2.1. Especificidade

Estudo do Efeito Matricial. Calculou a especificidade do método, adicionando o Padrão a uma matriz em branco.

Tabela 2. Concentração de tartrazina em matriz fortificada vs Absorvância

Fonte: Bonilla, et al, 2026

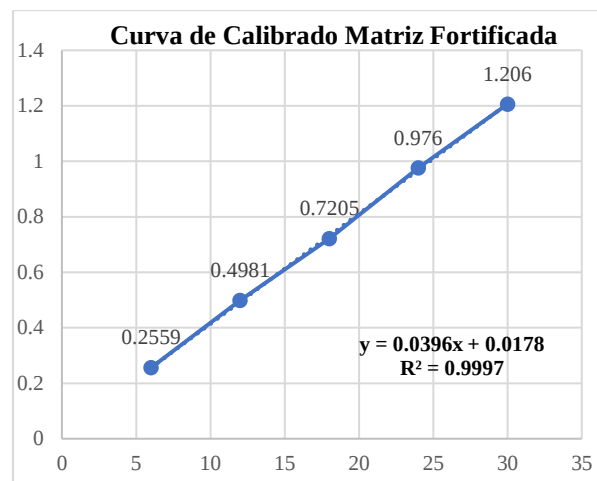


Figura 2. Curva de Calibração da Matriz Reforçada

A avaliação da especificidade do método através do estudo do efeito matricial foi realizada através de uma curva de calibração numa matriz reforçada, obtendo a relação linear entre a concentração de tartrazina. E absorção. A equação da linha ($y = 0,0396x + 0,0178$) apresentou um elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9997$), o que evidencia a excelente correlação linear na gama de concentrações analisadas. Este comportamento indica que a concentração do analito é diretamente proporcional à resposta do método mesmo na presença de componentes da própria matriz.

Da mesma forma, a baixa dispersão dos pontos experimentais em relação à linha de regressão sugere que não há interferência significativa da matriz na determinação da tartrazina. O valor de interceção quase nula (0,0178) confirma a contribuição mínima dos sinais de fundo ou possíveis compostos interferentes. Em conjunto, estes resultados demonstram que o método é específico para a quantificação da tartrazina na matriz avaliada, garantindo que o sinal analítico obtido corresponde especificamente ao analito de questão.

A seletividade do método foi avaliada comparando as absorvâncias de uma curva de calibração pura e de uma matriz fortificada com as mesmas doses de tartrazina. Através de um teste T unilateral para estudantes, foi examinado se a matriz induzia um aumento significativo

Concentração de tartrazina mg/L	Absorção (ABS)
6	0.2559
12	0.4981
18	0.7205
24	0.9760
30	1.2060

do sinal, garantindo assim que os resultados obtidos dependiam exclusivamente do corante e não de interferentes externos. As hipóteses foram avaliadas:

Olá: Se houver uma diferença significativa

Ho: Não há diferença significativa

Decisão: Se $t_{\text{crítico}} > t_t$ Ho for admitido, pois não há diferença significativa.

Tabela 3. Teste Unilateral T-Student de Amostras Relacionadas

Prueba t-student	Abdominal s. Curva padrão	Abdominal s. Curva fortificada
Media	0.7441	0.7314
Variância	0.1495	0.1415
Observações	5	5
Coeficiente de correlação de Pearson	0.9995	
Diferença hipotética das médias	0	
Graus de liberdade	4	
Estatística Tr	1.7528	
P-valor, uma cauda	0.0773	
Valor crítico do t-critic (uma fila)	2.1318	

Fonte: Bonilla, et al, 2026

O valor de t_r é 1,7528 e o valor crítico t é 2,1318, uma vez que o crítico t é maior que t_r , porque a hipótese nula (H_0) foi admitida. Portanto, não se observa diferença significativa nas médias de absorção, e a matriz não influencia as leituras no espectrofotômetro de absorvância considerado um método específico.

3.2.2. Precisão.

A precisão do método foi demonstrada pela percentagem de recuperação das matrizes reforçadas. As concentrações analisadas foram feitas em triplicado em três níveis de concentração: alto, médio e baixo das matrizes fortificadas.

Tabela 4. Percentagem de recuperação de matrizes reforçadas.

Conc. Mg/l	Absorção			Baile	Conc. Obtido	% de recuperação
6	0.2432	0.2423	0.2423	0.2426	5.6768	94.6128
18	0.7405	0.7408	0.7414	0.7409	18.2601	101.4450
30	1.2018	1.2035	1.2024	1.2026	29.9184	99.7278

Fonte: Bonilla, et al, 2026

O estudo de recuperação mostrou um desempenho adequado do método analítico na matriz avaliada. Para os níveis de concentração de 6, 18 e 30 mg/L, foram obtidas percentagens de recuperação de 94,61%, 101,45% e 99,73%, respectivamente, valores dentro do intervalo aceitável para métodos espectrofotométricos. Da mesma forma, as concentrações obtidas (5,68, 18,26 e 29,92 mg/L) apresentaram uma elevada concordância com as concentrações teóricas, o que indica boa precisão do método. A baixa variabilidade entre medições de absorvância reflete uma precisão adequada. No geral, estes resultados demonstram que o método é fiável para a quantificação da tartrazina na matriz analisada, sem evidenciar interferências significativas que afetem a sua recuperação.

3.2.3. Precisão.

A quantificação foi avaliada usando o método de precisão e repetibilidade intermédias. A precisão do método foi

estabelecida pelo Desvio Padrão (DS) e o critério foi admitido com a percentagem do Coeficiente de variação (CV%).

3.2.3.1. Repetibilidade.

As leituras foram feitas em triplicado a partir de três níveis de concentração das soluções de controlo do padrão, com o mesmo laboratório, equipamento e analista, num curto período de tempo.

Tabela 5. Repetibilidade a 3 níveis de concentração.

Conc. Mg/l	Absorção			Baile.	Ds	Cv%
6	0.2422	0.2369	0.2447	0.2413	0.0040	1.6508
18	0.7335	0.7458	0.7491	0.7428	0.0082	1.1068
30	1.2162	1.2262	1.2110	1.2178	0.0077	0.6344

Fonte: Bonilla, et al, 2026

A percentagem do coeficiente de variação situa-se abaixo do critério de aceitação nos 3 níveis (baixo, médio e alto), que deve ser <2%, para o primeiro nível é 1,6508%, para o segundo nível é 1,1068% e finalmente o terceiro nível é 0,6344%.

3.2.3.2. Precisão intermédia.

Foi determinado a partir do nível mais elevado de concentração, em três dias as leituras em triplicado, pelo mesmo laboratório, equipamento e diferentes analistas.

Tabela 6. Avaliação da Precisão Intermédia ao nível de concentração mais elevado

Conc. mg/L	Absorção			Baile.	Ds	Cv%
	Dia 1	Dia 2	Dia 3			
30	1.2392	1.239	1.2162	1.2277	0.0118	0.9603
	1.2193	1.2199	1.2262			
	1.2434	1.2355	1.211			

Fonte: Bonilla, et al, 2026

No nível de concentração mais elevado, o desvio padrão é 0,0118 e o coeficiente de variação é 0,9603%, o que é aceite, pois deve ser <2%. Cumprindo os dois parâmetros, é evidente que o método é Preciso.

3.3. Determinação espectrofotométrica UV-VISÍVEL da Tartrazina em refrigerantes não carbonatados com sabor a laranja.

Cada amostra foi rotulada seguindo os parâmetros da recolha, que recebem os códigos para as respetivas marcas, sendo A, B e C seguidas pela primeira letra do setor selecionado, sendo N (Norte), S (Sul), O (OESTE) e E (ESTE), e finalmente, numeradas de 1 a 4 para distinguir do lote escolhido. Para determinar a concentração de Tartrazina em refrigerantes com sabor a laranja, usando a equação da linha disposta pela curva de calibração e a resposta foi multiplicada pelo Fator de Diluição (FD), da seguinte forma:

$$y = mx + b \quad (3)$$

Exemplo: No exemplo com o código "AN1" foi analisado da seguinte forma:

$$0.5712 = 0.0407x + 0.0110 \quad (4)$$

$$x = \frac{0.5712 - 0.0110}{0.0407} * 10 \quad (5)$$

$$x = 137.6413 \text{ mg/L} \quad (6)$$

Tabela 7. Concentrações de Tartrazina em amostras de refrigerantes não carbonatados.

Código	Tartrazina mg/L	Código	Tartrazina mg/L	Código	Tartrazina mg/L
AN1	137.6413	BN1	96.6585	CN1	55.6020
AN2	133.8329	BN2	96.5111	CN2	55.0614
AN3	136.6830	BN3	93.8329	CN3	55.2334
AS1	138.8206	BS1	99.8034	CS1	57.9361
AS2	139.2875	BS2	99.6069	CS2	58.4275
AS3	138.9926	BS3	99.5577	CS3	57.6904
AE1	133.0958	BE1	100.0491	CE1	52.2359
AE2	132.7273	BE2	99.4103	CE2	51.0319
AE3	132.3833	BE3	98.9189	CE3	50.8600
AO1	132.5799	BO1	103.5872	CO1	54.1523
AO2	131.9410	BO2	103.2678	CO2	53.6118
AO3	130.1794	BO3	102.1450	CO3	53.4398
Baile.	134.8471	Baile.	99.4457	Baile de finalistas	54.6069
DS	3.2178	DS	2.8242	DS	2.5545
CV%	2.2938 %	CV%	2.8399 %	CV%	4.6779 %

Fonte: Bonilla, et al, 2026

O estudo demonstrou contrastes críticos entre as marcas analisadas. A marca "A" excede sistematicamente o limite de 100 mg/L estipulado pela FAO e pelos regulamentos da Colômbia e do México, cumprindo apenas a legislação salvadorenha, que é menos restritiva. Por outro lado, a marca "B" apresenta uma conformidade irregular, excedendo os limites internacionais apenas nas suas três primeiras amostras (BO1-BO3). Em contraste, a marca "C" destacou-se como o único produto que respeita os padrões globais em todas as suas amostras, garantindo o uso responsável da tartrazina e a conformidade com as especificações de segurança alimentar.

3.4. Análise estatística de refrigerantes não carbonatados com sabor a laranja.

3.4.1. Shapiro - Wilk.

Foi analisado estatisticamente com as Estatísticas da SPSS para verificar se a variável (Concentração de Tartrazina) se enquadra numa distribuição normal; os critérios de aceitação para a hipótese são os seguintes:

Olá: As amostras não têm distribuição normal. (Dados não paramétricos)

Ho: As amostras têm distribuição normal (Dados Paramétricos)

Tabela 8. Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk

1. Hipótese	Ho: a variável "tartrazina" vem de uma população normal Olá: a variável "tartrazina" não vem de uma população normal
2. Significado	A – 5% – 0,05
3. Valor Calculado	0.846
4. P - valor	p= <0,001
5. Decisão	Se $p > \alpha$ aceito o meu Ho, caso contrário Hi é aceite 0,001 < 0,05, porque o Ho
6. Conclusão	A variável "Tartrazina" não provém de uma população normal, pelo que os dados são não paramétricos.

Fonte: Bonilla, et al, 2026

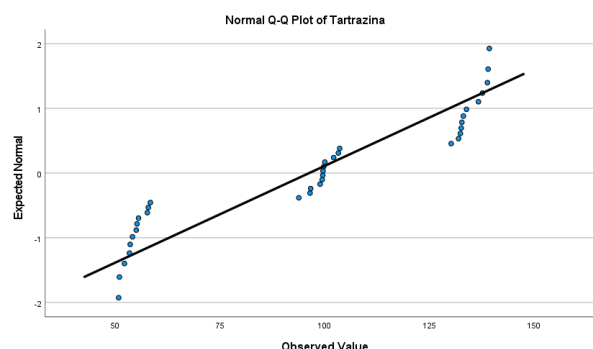


Figura 3. Normalidade da tartrazina

A Figura 3 mostra o gráfico normal Q-Q da tartrazina, mostrando a comparação entre os valores esperados e os valores observados sob uma distribuição normal. Quase todos os pontos estão alinhados próximos da linha base, sugerindo uma tendência geral para a normalidade dos dados. No entanto, são evidentes ligeiras variações nos extremos, particularmente nos valores mais baixos e mais altos, indicando possíveis assimetrias ou a presença de variabilidade nos dados. No geral, embora os dados mostrem algum ajuste à distribuição normal, estes desvios justificam que a normalidade não é completamente cumprida, o que é consistente com os dados obtidos pelo teste de Shapiro-Wilk.

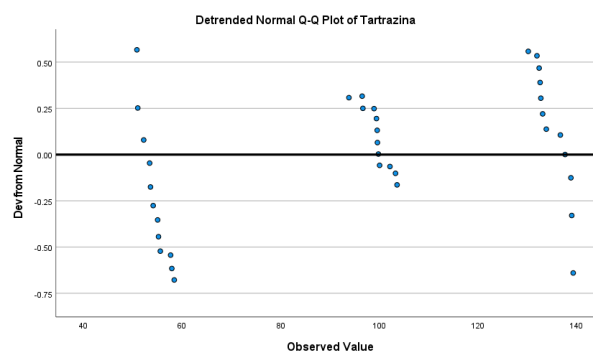


Figura 4. Normalidade sem tendência de tartrazina

A Figura 4 mostra o gráfico normal Q-Q com destendência que complementa a interpretação da Figura 3 Q-Q acima, mostrando os desvios dos dados em relação à distribuição normal em função da linha de base (zero). Neste caso,

pode-se ver que os pontos não estão distribuídos aleatoriamente em torno da linha horizontal, mas apresentam padrões sistemáticos: valores negativos agrupados na extremidade inferior e valores positivos na extremidade superior. Este comportamento confirma a presença de desvios em relação à normalidade, evidenciando assimetria na distribuição dos dados. De acordo com o gráfico Q-Q anterior, onde ligeiras separações da linha nas extremidades já eram visíveis, o grafo de detendência reforça que estes desvios não são aleatórios, mas estruturais. Portanto, ambos os gráficos apoiam o resultado do teste de Shapiro-Wilk, indicando que os dados não têm uma distribuição normal e apresentam variabilidade associada às diferenças entre as concentrações das amostras analisadas.

3.5. Análise estatística de cada marca de bebida refrescante com sabor a laranja não gaseificada.

Utilizando as Estatísticas SPSS, os resultados obtidos de cada marca de bebidas foram analisados estatisticamente de forma independente; através do teste de Shapiro-Wilk, determinou-se se os dados são não paramétricos ou paramétricos e utilizou-se uma análise adequada da correlação entre as duas variáveis (Dependente: Absorvância e Independente: coloração com Tartrazina), evidenciando o grau de variância ou relação encontrada entre as amostras, culminando com a análise de regressão linear para Prever o valor de uma variável a partir de outra.

3.5.1. Análise estatística: Refrigerante da marca "A"

3.5.1.1. Shapiro-Wilk.

Critérios para a admissão da hipótese:

Ho: As amostras têm uma distribuição normal. (Dados Paramétricos)

Olá: As amostras não têm uma distribuição normal. (Dados não paramétricos)

Tabela 9. Teste de normalidade "Shapiro-Wilk" para bebida da marca "A"

1. Hipótese	Ho: a variável "tartrazina" vem de uma população normal Olá: a variável "tartrazina" não vem de uma população normal
2. Significado	A – 5% – 0,05
3. Valor Calculado	0.884
4. P - valor	p = .098
5. Decisão	Se $p > \alpha$ aceite o meu Ho, caso contrário Hi é aceite $0,098 > 0,05$, então Ho
6. Conclusão	A variável "Tartrazina" na Marca "A" de refrigerante provém de uma população normal, pelo que os dados são paramétricos.

Fonte: Bonilla, et al, 2026

3.5.1.2. Correlação linear.

A bebida com a marca "A" corresponde a dados paramétricos (ajustam-se a uma normalidade), pelo que foi feita uma análise de correlação Pearson

Mesa 10. Correlação de bebidas com a marca "A"

Correlação			
Para	Correlação de Pearson	Para	Tartrazina
	Sig. (1-cola)		
	N	12	12
Tartrazina	Correlação de Pearson	0,997**	1
	Sig. (1-cola)	<0,001	
	N	12	12

** . A correlação é significativa ao nível de 0,01 (1-cauda).

Fonte: Bonilla, et al, 2026

Observa-se uma correlação positiva entre as duas variáveis maior que 0 e próxima de 1, sendo 0,997, pelo que se encontra um elevado grau de relação entre elas.

3.5.2. Análise estatística: Refrigerante da marca "B"

3.5.2.1. Shapiro-Wilk.

Critérios para aceitação da hipótese:

Ho: As amostras seguem uma distribuição normal. (Dados Paramétricos)

Hi: As amostras não tendem a uma distribuição normal (dados não paramétricos)

Tabela 11. Teste de normalidade "Shapiro-Wilk" para refrigerante da marca "B"

1. Hipótese	Ho: a variável "tartrazina" vem de uma população normal Olá: a variável "tartrazina" não vem de uma população normal
2. Significado	A – 5% – 0,05
3. Valor Calculado	0.942
4. P - valor	p = .524
5. Decisão	Se $p > \alpha$ aceite o meu Ho, caso contrário Hi é aceite $0,524 > 0,05$, portanto Ho é aceite
6. Conclusão	A variável "Tartrazina" na bebida Mar de ca "B" provém de uma população normal, pelo que os dados são paramétricos.

Fonte: Bonilla, et al, 2026

3.5.2.2. Correlação linear.

O refrigerante da marca "B" é dado paramétrico que corresponde a uma normalidade), por isso, foi realizada uma análise de correlação Pearson.

Tabela 12. Correlação dos refrigerantes da marca "B"

Correlação			
Para	Correlação de Pearson	Para	Tartrazina
	Sig. (1-cola)		
	N	12	12
Tartrazina	Correlação de Pearson	0,996**	1
	Sig. (1-cola)	<0,001	
	N	12	12

** . A correlação é significativa ao nível de 0,01 (1-cauda).

Fonte: Bonilla, et al, 2026

Entre as duas variáveis, é demonstrada uma correlação positiva próxima de 1 e superior a 0, com um valor de

0,996, uma vez que se estabelece um elevado grau de relação entre as amostras.

3.5.3. Análise estatística: Bebida refrescante Marca "C"

3.5.3.1. Shapiro-Wilk.

Crítérios para aceitação da hipótese:

Ho: As amostras tendem a ser distribuídas normalmente. (Dados Paramétricos)

Olá: As amostras não seguem uma distribuição normal. (Dados não paramétricos)

Tabela 13. Teste de normalidade "Shapiro-Wilk" para o refrigerante da marca "C"

1. Hipótese	Ho: a variável "tartrazina" vem de uma população normal Olá: a variável "tartrazina" não vem de uma população normal
2. Significado	A – 5% – 0,05
3. Valor Calculado	0.945
4. P - valor	p = .576
5. Decisão	Se $p > \alpha$ admitir o meu Ho, caso contrário Hi é aceite 0,098 > 0,05, por isso o Ho
6. Conclusão	A variável "Tartrazina" na bebida da Marca "C" provém de uma população normal, pelo que os dados são Paramétricos.

Fonte: Bonilla, et al, 2026

3.5.3.2. Correlação linear.

A marca "C" da bebida são dados paramétricos (seguem uma normalidade), pelo que foi realizada uma análise de Correlação de Pearson.

Tabela 14. Correlação de bebidas com a marca "C"

Correlação			
		Para	Tartrazina
Para	Correlação de Pearson	1	1.000**
	Sig. (1-cola)		<0,001
	N	12	12
Tartrazina	Correlação de Pearson	1.000**	1
	Sig. (1-cola)	<0,001	
	N	12	12

**. A correlação é significativa ao nível de 0,01 (1-cauda).

Fonte: Bonilla, et al, 2026

É evidenciada uma correlação positiva perfeita entre as duas variáveis, sendo 1.000, determinando assim um grau perfeito de relação entre as amostras.

4. Discussão

Os resultados obtidos mostraram uma variabilidade significativa no conteúdo de tartrazina entre as marcas analisadas, destacando que uma delas ultrapassou o limite máximo permitido de 100 mg/L. Esta conclusão refere-se a possíveis deficiências no controlo de qualidade durante a formulação industrial, que representam um risco potencial para o consumidor. Estudos recentes relataram que os corantes azo, como a tartrazina, ainda são amplamente

utilizados devido à sua estabilidade e baixo custo, embora a sua dosagem inadequada possa levar ao incumprimento regulatório. [15]

Do ponto de vista analítico, o método espectrofotométrico UV-Visível utilizado demonstrou elevada fiabilidade, evidenciada por excelente linearidade ($R^2 = 0,9997$) e percentagens adequadas de recuperação. Estes resultados são consistentes com investigações recentes que enfatizam a utilidade de métodos ópticos acessíveis e de baixo custo para a quantificação de corantes em alimentos, que podem alcançar coeficientes de correlação superiores a 0,99 e ser comparáveis a técnicas mais complexas como a HPL [36]

Em relação à análise estatística, a não normalidade dos dados sugere uma distribuição heterogênea do conteúdo de tartrazina entre amostras comerciais. Esta variabilidade foi reportada em estudos recentes, que indicam que diferenças na formulação, nos processos industriais e no controlo de qualidade influenciam diretamente a concentração final de corantes em rações. Além disso, estes resultados reforçam a necessidade de aplicar ferramentas estatísticas adequadas para interpretar dados reais em matrizes alimentares. [16]

Quando comparado com a literatura atual, observa-se que a presença de concentrações próximas ou acima dos limites regulatórios não é um caso isolado. Vários estudos levantaram preocupações sobre a segurança da tartrazina, incluindo possíveis efeitos toxicológicos associados ao uso prolongado, o que levou a revisões científicas recentes focadas nos seus efeitos biológicos e potenciais riscos. [37][38]

Por fim, os resultados do presente estudo estão alinhados com uma tendência crescente na investigação: o desenvolvimento de métodos mais sensíveis, sustentáveis e rápidos para a deteção de corantes alimentares, incluindo sensores fluorescentes e técnicas eletroquímicas avançadas. Há também um interesse crescente em substituir corantes sintéticos por alternativas naturais, impulsionado pela procura dos consumidores e por regulamentos mais rigorosos. Neste contexto, é destacada a importância de reforçar os sistemas de monitorização e controlo para garantir a segurança alimentar. [39]

5.- Conclusões

Foi estabelecido um protocolo de amostragem na cidade de Guayaquil, selecionando um dos estabelecimentos comerciais mais populares, para garantir a representatividade das bebidas refrescantes e com sabor a laranja disponíveis no mercado local. Foi aplicada uma amostragem estratificada aleatória, que permitiu obter amostras representativas de diferentes marcas comerciais, otimizando a eficiência e validade do processo de recolha de dados de acordo com o objetivo proposto.

A quantificação da tartrazina (E-102) por espectrofotometria UV-Visível demonstrou que o método

analítico utilizado é adequado, fiável e reproduzível para este tipo de matriz. Foi obtida excelente linearidade ($R^2 > 0,99$), confirmando a proporcionalidade entre absorção e concentração. A especificidade foi verificada estudando o efeito da matriz, evidenciando a ausência de interferência significativa dos componentes da bebida. Da mesma forma, a precisão apresentou percentagens de recuperação entre 94% e 101%, dentro dos intervalos aceites pelo AOAC, e a precisão, avaliada em termos de repetibilidade e precisão intermédia, mostrou coeficientes de variação inferiores a 2%. No entanto, a variabilidade observada entre marcas, refletida em desvios padrão elevados, sugere possíveis efeitos associados à estabilidade do corante, influenciados por fatores como o tempo de armazenamento, exposição à luz e condições industriais de processamento.

Em relação ao objetivo do estudo, verificou-se que uma das três marcas analisadas (Marca A) apresentava concentrações de tartrazina superiores ao limite máximo permitido de 100 mg/L estipulado por regulamentos internacionais (FAO e regulamentos de países como a Colômbia e o México). Esta conclusão revela uma potencial incumprimento das normas de segurança alimentar, o que destaca a necessidade de reforçar os métodos de controlo e regulação no contexto equatoriano, onde atualmente não existem regulamentos específicos para este aditivo nas bebidas. Neste sentido, o estudo fornece evidências científicas relevantes que contribuem para o conhecimento sobre a presença e variabilidade de corantes artificiais nas bebidas comercializadas, e constitui um ponto de partida para outros estudos e o desenvolvimento de políticas públicas destinadas à proteção do consumidor e ao controlo dos aditivos alimentares.

6.- Contribuições dos Autores (Taxonomia dos Papéis dos Colaboradores (CRediT))

1. Conceptualização: Carlos Valdiviezo.
2. Curadoria de dados: Stefanie Bonilla.
3. Análise formal: Stefanie Bonilla.
4. Aquisição de fundos: Não aplicável.
5. Investigação: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo
6. Metodologia: Luis Romero, Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo, Michael Rendón.
7. Gestão de projetos: Stefanie Bonilla
8. Recursos: Carlos Valdiviezo, Michael Rendón.
9. Software: Não aplicável.
10. Supervisão: Carlos Valdiviezo
11. Validação: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo
12. Visualização: Luis Romero, Michael Rendón.
13. Argumento - rascunho original: Luis Romero, Stefanie Bonilla
14. Escrita - revisão e edição: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo, Luis Romero, Michael Rendón.

7.- Referências.

- [1] L. Ulloa, F. Zavala e M. Sisniegas, «Efeito citotóxico da Tartrazina no índice mitótico das células meristem de Allium cepa.», *REBIOL.*, vol. 35, nº 1, pp. 43-48, 2015. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/874>.
- [2] K. Rovina, S. Siddiquee y S. M. Shaarani, «Uma Revisão dos Métodos de Extração e Análise para a Determinação da Tartrazina (E 102) em Alimentos», *PubMed*, vol. 47, nº 4, pp. 309-324, 2017. <https://doi.org/10.1080/10408347.2017.1287558>.
- [3] P. Amchova, F. Sisk e J. Ruda-Kucerova, "Segurança da tartrazina na indústria alimentar e potenciais fatores de proteção," *Heliyon*, vol. 10, nº 18, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38111>.
- [4] B. Xla, M. R. Zainal Abidin, J. X. Wong, H. Dong e S. A. Karim, «Os aditivos alimentares são utilizados de forma criteriosa? Novas Perspetivas sobre Riscos, Benefícios e Limites Éticos para a Saúde,» *Food reviews International*, vol. 42, nº 2, 2026. <https://doi.org/10.1080/87559129.2025.2496947>.
- [5] M. Carocho, . P. Morales y . I. C. Ferreira, «Aditivos alimentares naturais: Quo vadis?», *Trends in Food Science & Technology*, vol. 45, nº 2, pp. 284-295, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.007>.
- [6] N. Martins, C. Lobo Roriz, . P. Morales, . L. Barros e I. C. Ferreira, «Corantes alimentares: Desafios, oportunidades e desejos atuais das agroindústrias para garantir as expectativas dos consumidores e as práticas regulatórias», *Trends in Food Science & Technology*, vol. 52, pp. 1-15, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.009>.
- [7] G. T. Sigurdson, . P. Tang e M. M. Giusti, "Corantes Naturais Livres: Corantes Alimentares de Origem Natural," *Annual Journal of Food Science and Technology*, vol. 8, pp. 261-280, 2017. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-025923>.
- [8] G. Tamayo e A. Valverde, "IAEN Digital Repository", junho de 2016. [Online]. Disponível: <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4852>. [Acedido em 2018-07-13T14:14:34Z].
- [9] R. Kobun, L. Acung y . S. Siddiquee, «Métodos de Extração e Análise para a Determinação do Amarelo do Poente-do-Sol (E110)—uma Revisão», *Food Anal. Methods*, vol. 10, nº 3, p. 773–787, 2017. DOI:10.1007/s12161-016-0645-9.
- [1] M. Oplatowska-Stachowiak y C. T. Elliott, «Corantes alimentares: preocupações existentes e emergentes sobre a segurança alimentar,» *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 57, nº 3, pp. 524-548, 2016. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.889652>.
- [1] Z. Birino de Oliveira, D. V. Silva da Costa, A. Quaresma da Silva Júnior, A. de Lima Silva, R. C. Ferrer de Santana, I. C. Gonçalves Costa, S. Freitas de Sousa Ramos e G. Padilla, "Corantes Sintéticos nos Alimentos: Um Aviso para a Saúde Infantil." *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 21, N.º 6, p. 682, 2024. DOI: 10.3390/IJERPH21060682.
- [1] R. Rodriguez Espinoza, J. F. Rivero Méndez e J. L. Mendoza Bobadilla, "Avaliação de corantes sintéticos em bebidas comercializadas na cidade de Trujillo no período 2018 - 2019," *Journal of scientific and technological*

- research, vol. 2, nº 3, 2021. <https://orcid.org/0000-0002-8867-9331>.
- [1] K. Ntrallou, H. Gika y E. Tsochatzis, «Técnicas Analíticas e de Preparação de Amostras para a Determinação de Corantes Alimentares em Matrízes Alimentares», *MDPI: foods*, vol. 9, nº 1, p. 58, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9010058>.
 - [1] A. Aberoumand, «Artigo de Revisão sobre Propriedades e Fontes de Pigmentos Comestíveis como Biocolorantes Naturais na Indústria Alimentar e Alimentar», *World Journal of Dairy & Food Sciences*, vol. 6, nº 1, pp. 71-78, 2011. [https://idosi.org/wjdfs/wjdfs6\(1\)/11.pdf](https://idosi.org/wjdfs/wjdfs6(1)/11.pdf).
 - [1] S. S. Chaudhari, P. O. Patil, S. B. Bari y Z. G. Kha, «Uma exploração abrangente da detecção da tartrazina em produtos alimentares: Aproveitando nanomateriais de fluorescência e sensores eletroquímicos: progressos recentes e tendências futuras», *Food Chemistry*, vol. 433, p. 137425, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137425>.
 - [1] F. S. Tamer, T. Oymak y E. Dural, «Determinação de sete colorantes sintéticos em farmacêuticos, alimentos e bebidas por um método HPLC-PDA validado: Um estudo de avaliação de risco», *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 136, p. 106797, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106797>.
 - [1] Y. Ni, Y. Wang y S. Kokot, «Análise cinética 7] espectrofotométrica simultânea de cinco corantes alimentares sintéticos com auxílio de quimiometria», *Talanta*, vol. 78, nº 2, pp. 432-441, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.11.035>.
 - [1] . Á. San Miguel Hernández,, J. A. Garrote Agradados, Á. San Miguel Rodríguez,, R. M. Lobo Valentín, . B. Martín Armentia,, A. Armentia Medina e J. M. Rodríguez Valencia, «Alergia hipersensível a aditivos e enzimas alimentares na biotecnologia alimentar», *Fundación Dialnet*, vol. 112, nº 3, 2015. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5647948>.
 - [1] G. Velázquez-Sámano, R. Collado-Chagoya, R. A. Cruz-Pantoja, A. A. Velasco-Medina e J. Rosales-Guevara, "Reações de hipersensibilidade a aditivos alimentares," *Revista alergia México*, vol. 66, nº 3, 2020. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.613>.
 - [2] K. B. Ayala Pastaz, J. A. Pineda Insuasti, A. S. Duarte 0] Trujillo, C. P. Soto Arroyave e C. A. Pineda Soto, "Toxicidade dos corantes sintéticos: do global ao Equador," *Revista Biorrefinería*, vol. 1, nº 1, 2018. <https://www.cebaecuador.org/wp-content/uploads/2021/03/Biorrefineria%CC%81a-1-40-48.pdf>.
 - [2] R. Sánchez Juan, «LA QUIMICA DEL COLOR EN LOS 1] ALIMENTOS», *Revista Química Viva*, vol. 3, 2013. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>.
 - [2] D. Marcano, Introdução à Química dos Corantes, Caracas, 2] Venezuela: Lição de Disseminação Científica e Tecnológica. Academia de Ciências Físicas, Matemáticas e Naturais, 2018. <https://acifiman.org/wp-content/uploads/2023/01/introduccion-a-la-quimica-de-los-colorantes.pdf>.
 - [2] E. Stich y S. Fallah, «Alimentos com corantes e corantes 3] alimentares: qualidade, diferenciação e requisitos regulamentares», de *Manual on Natural Pigments in Food and Beverages (Segunda Edição)*, Países Baixos, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2024. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99608-2.00008-2>, pp. 3-31.
 - [2] C. Valdiviezo, S. Bonilla e E. Puebla Campoverde, 4] «DETERMINAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA DA TARTRAZINA E-102 EM BEBIDAS NÃO GASEIFICADAS NA CIDADE DE GUAYAQUIL – EQUADOR...», de *Diálogo do Conhecimento Transdisciplinar em Conexão com o Bem-Estar Social das Realidades do Século XXI*, Guayaquil, Equador., School of Writers, 2024. <file:///Users/stefaniebonilla/Downloads/LIBROFINAL3011.pdf>, pp. 9-30.
 - [2] F. Alcaire, A. Giménez y G. Ares, «Aditivos em alimentos 5] comercializados para crianças no Uruguai, um país emergente da América Latina», *Journal of Nutritional Science*, vol. 14, nº 6, pp. 1-18, 2024. DOI:10.1017/jns.2024.98.
 - [2] J. L. Belmonte Vázquez, . I. J. A. Arroyo Córdoba, M. A. 6] Vázquez Guevara, D. Cruz Cruz e E. Peña Cabrera, «Corantes artificiais em alimentos», *REVISTA NATURALEZA Y TECNOLOGIA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO*, vol. 10., p. 25, 2016. <http://www.naturalezaytecnologia.com/index.php/nyt/artic/e/view/204>.
 - [2] P.E. e d. Conselho, 'Regulamento (UE) n.º 231/2012', 7] *Diário Oficial da União Europeia*, p. 295, 22 de março de 2012. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2012-80430>.
 - [2] Painel EFSA ANS (Painel EFSA sobre Aditivos 8] Alimentares e N, «Opinião Científica sobre a reavaliação do ouro (E 175) como aditivo alimentar», *EFSA JOURNAL*, vol. 14, nº 1, 2016. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4362>.
 - [2] M. Restrepo Gallego, «Substituição de corantes em 9] alimentos», *Lasallian Journal of Research*, vol. 4, nº 1, pp. 35-39, 2007. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69540106.pdf>.
 - [3] I. Moutinho, L. Bertges, e A. RVC, "Uso prolongado do 0] corante alimentar tartrazina (FD&C amarelo nº 5) e os seus efeitos na mucosa gástrica dos ratos Wistar," *PubMed*, vol. 67, nº 1, pp. 141-5, 2007. DOI: 10.1590/s1519-69842007000100010019.
 - [3] E. O. Chávez Cruz e R. D. Torres Rivera, "Determinação 1] do amarelo nº 5 e nº 6 em bebidas não gaseificadas comercializadas no Campus Central da Universidade de El Salvador," 18, 2016. [Online]. Disponível: <https://hdl.handle.net/20.500.14492/1698>.
 - [3] N. INEN, 'Consejo Nacional de Competencias,' [Online]. 2] Disponível: <https://www.competencias.gob.ec/caja-de-herramientas-2/planificar-regular-y-controlar-el-transito-el-transporte-terrestre-y-seguridad-vial/normativa/normas-inen/>.
 - [3] R. F. Rodriguez Espinoza, J. F. Rivero Mendez e J. L. 3] Mendoza Bobadilla, "avaliação de corantes sintéticos em bebidas comercializadas na cidade de Trujillo no período de 2018 a 2019," *Journal of Scientific and Technological Research*, vol. 2, nº 3, 2021. DOI:10.47422/ac.v2i3.46.
 - [3] H. Zumbado, Análise Instrumental da Alimentação, 4] University Press, 2021.

- https://www.researchgate.net/publication/348943895_Analisis_Instrumental_de_los_Alimentos, p. 68.
- [3] A. I. d. I. Alimentos, Espectrometria da absorção molecular ultravioleta e visível, Cuba: Editorial Universitaria.
- [5] Ministério do Ensino Superior. Cuba ISBN: 978-959-16-4542-5, 2021.
https://www.researchgate.net/publication/348943895_Analisis_Instrumental_de_los_Alimentos.
- [3] S. F. Hosseini, T. Heidari, A. Zendegi-Shiraz y M. Ameri,
- [6] «Aplicação de quimiometria baseada em análise de imagem digital para determinação simultânea de tartrazina e amarelo pôr-do-sol em amostras alimentares», *Food Chemistry*, vol. 470, p. 142619, 2025.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142619>.
- [3] Amchova, . F. Siska y. J. Ruda-Kucerova, «Segurança da tartrazina na indústria alimentar e potenciais fatores de proteção», *Heliyon*, vol. 10, nº 18, 2024.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38111>.
- [3] M. Visternicu, A. Săvucă, V. Rarinca, G. Plavan, C.
- [8] Ionescu, A. Ciobica e I. Miruna Balmus, «Efeitos Toxicológicos da Exposição à Tartrazina: Uma Revisão de Estudos In Vitro e Animais com Implicações para a Saúde Humana», *Toxics*, vol. 13, nº 9, p. 771, 2025.
<https://doi.org/10.3390/toxics13090771>.
- [3] . S. Jabee, . S. Bano y S. Ahmed, «Determinação
- [9] Eletroquímica de Corantes de Tartrazina e Carmoisina a partir de Soluções Aquosas em Eletrodos Modificados», *Bentham Science*, vol. 21, nº 9, pp. 1320 - 1332, 2025.
<https://doi.org/10.2174/0115734110329759240902065018>.
- [4] O. Valverde e G. Tamayo, Universidad de Posgrados del
- [0] Estado, junho de 2018. [Online]. Disponível:
<https://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4852>.
[Acedido em 2018].
- [4] P. Amchova, H. Kotolova y J. Ruda-Kucerova, «Questões
- [1] de segurança para a saúde dos corantes alimentares sintéticos», *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, vol. 73, nº 3, pp. 914-922, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.09.026>.

Utilização de inteligência artificial em microempresas comerciais na cidade de Guayaquil.

Uso de la inteligencia artificial en microempresas comerciales de la Ciudad de Guayaquil.

Francisco Javier Duque-Aldaz^{1*}; Jorge Meza-Clark²; Teresa Meza Clark³; Leonardo Cuadrado-Sagñay⁴; Edwin Haymacaña Moreno⁵; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu⁶

Recebido: 28/04/2026 – Aceite: 05/06/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artigos de
Investigação ☒

Artigos de
Revisão ☐

Artigos de
Ensaio ☐

* Autor
correspondente.



Esta obra está licenciada sob uma licença internacional Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Partilha Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Os autores mantêm os direitos sobre os seus artigos e podem partilhar, copiar, distribuir, executar e comunicar publicamente a obra, desde que a autoria seja reconhecida, não utilizada para fins comerciais e que a mesma licença seja mantida em obras derivadas.

Resumo.

A transformação digital impulsionou a incorporação de tecnologias como a inteligência artificial no ambiente empresarial, gerando novas oportunidades de melhoria na gestão e competitividade das microempresas. O objetivo do estudo foi analisar a adoção da inteligência artificial em microempresas do setor comercial na freguesia urbana Pedro Carbo Concepción, Guayaquil. Foi utilizada uma abordagem quantitativa, descritiva e um desenho transversal não experimental. A informação foi recolhida através de inquéritos aplicados a 40 microempreendedores, utilizando um questionário estruturado com uma escala de Likert. Os dados foram analisados utilizando técnicas estatísticas descritivas e inferenciais, incluindo cálculo de fiabilidade com os testes alfa e t de Cronbach para uma amostra, complementados pela análise de dimensões relacionadas com benefícios, eficiência operacional, intenção de adoção e barreiras contextuais. Os resultados mostraram uma percepção favorável dos benefícios da inteligência artificial e do seu impacto na eficiência operacional, o que se refletiu numa disposição positiva em relação à sua adoção. Da mesma forma, foi identificado que a intenção de adotar é influenciada pela valorização dos benefícios e pela otimização dos processos. No entanto, as barreiras relacionadas com o contexto e o conhecimento não se manifestaram de forma uniforme, mostrando um efeito limitado na percepção global. Concluiu-se que a percepção de benefícios e eficiência impulsiona a adoção da inteligência artificial, sugerindo a necessidade de reforçar as estratégias de formação e o acesso tecnológico nas microempresas.

Palavras-chave.

Inteligência Artificial, Microempresas, Setor Comercial, Ambiente Empresarial, Paróquia Urbana.

Resumen.

La transformación digital ha impulsado la incorporación de tecnologías como la inteligencia artificial en el ámbito empresarial, generando nuevas oportunidades de mejora en la gestión y competitividad de las microempresas. El objetivo del estudio fue analizar la adopción de la inteligencia artificial en microempresas del sector comercial en la parroquia urbana Pedro Carbo Concepción, Guayaquil. Se empleó un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y diseño no experimental de corte transversal. La información se recolectó mediante encuestas aplicadas a 40 microempresarios, utilizando un cuestionario estructurado con escala Likert. Los datos fueron analizados mediante técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales, incluyendo el cálculo de fiabilidad con alfa de Cronbach y pruebas t para una muestra, complementadas con el análisis de dimensiones relacionadas con beneficios, eficiencia operativa, intención de adopción y barreras contextuales. Los resultados evidenciaron una percepción favorable hacia los beneficios de la inteligencia artificial y su impacto en la eficiencia operativa, lo que se reflejó en una disposición positiva hacia su adopción. Asimismo, se identificó que la intención de adopción se encuentra influenciada por la valoración de los beneficios y la optimización de procesos. Sin embargo, las barreras relacionadas con el contexto y el conocimiento no se manifestaron de manera uniforme, mostrando un efecto limitado en la percepción general. Se concluyó que la percepción de beneficios y eficiencia impulsa la adopción de la inteligencia artificial, sugiriendo la necesidad de fortalecer estrategias de capacitación y acceso tecnológico en microempresas.

Palabras clave.

Inteligencia Artificial, Microempresa, Sector Comercial, Ámbito Empresarial, Parroquia Urbana.

1.- Introdução

A transformação digital estabeleceu-se como um dos principais motores da mudança nos sistemas de produção e organizacionais a nível global, gerando novas formas de gestão, interação e criação de valor nas empresas. Neste contexto, a incorporação de tecnologias emergentes, particularmente a inteligência artificial (IA), tornou possível redefinir os processos de negócio através do uso de algoritmos avançados capazes de analisar dados, automatizar

tarefas e apoiar a tomada de decisões. De facto, a IA passou de ser uma tecnologia experimental para se tornar um componente estratégico na competitividade empresarial, facilitando a otimização de recursos, a antecipação de tendências e a melhoria contínua dos processos operacionais. Vários estudos internacionais mostram uma adoção crescente destas tecnologias em organizações de diferentes dimensões, o que reflete a sua relevância na economia digital contemporânea.[1]

¹ Universidade de Guayaquil; francisco.duquea@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-9533-1635>; Guayaquil; Equador.

² Universidade de Guayaquil; jorge.mezacl@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-0512-8671>; Guayaquil; Equador.

³ Universidade de Guayaquil; teresa.mezacl@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-5955-6893>; Guayaquil; Equador.

⁴ Investigador Independente; Leonardocuadrado@gmail.com; Guayaquil; Equador.

⁵ Instituto Superior de Tecnologia da Universidade Bolivariana; erhaymacana@itb.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-8708-3894>; Guayaquil; Equador.

⁶ Universidade Técnica de Babahoyo; lzapata@utb.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0003-1497-2273>; Babahoyo; Equador.

...

Nas economias emergentes, a transformação digital apresenta tanto oportunidades significativas como desafios. Na América Latina, as micro, pequenas e médias empresas representam o núcleo do tecido produtivo, contribuindo substancialmente para o emprego e o desenvolvimento económico. No entanto, estas organizações enfrentam limitações estruturais que dificultam a incorporação de tecnologias avançadas como a inteligência artificial, incluindo o acesso restrito ao financiamento, a lacuna de conhecimento tecnológico e a infraestrutura digital limitada. Apesar destas dificuldades, a adoção de tecnologias digitais está a emergir como condição essencial para melhorar a produtividade, reforçar a competitividade e garantir a sustentabilidade dos negócios em ambientes cada vez mais dinâmicos. Neste sentido, a análise da incorporação da inteligência artificial neste segmento empresarial é um tema de elevada relevância científica e prática. [2]

No contexto específico do Equador, e particularmente na cidade de Guayaquil, as microempresas desempenham um papel fundamental no sistema económico local, sendo responsáveis por uma proporção significativa da atividade comercial e da criação de emprego. No entanto, o seu nível de digitalização ainda está na infância, limitando a sua capacidade de tirar pleno partido dos benefícios oferecidos pelas tecnologias emergentes. Embora iniciativas destinadas a promover a inovação e o uso de ferramentas digitais tenham sido promovidas nos últimos anos, persistem barreiras relacionadas com o conhecimento, acessibilidade e a perceção do valor da inteligência artificial. Consequentemente, é necessário compreender não só o nível de adoção destas tecnologias, mas também os fatores que influenciam a sua aceitação e utilização nas microempresas.

Do ponto de vista científico e técnico, o problema central reside na compreensão limitada dos determinantes que explicam a adoção da inteligência artificial nas microempresas do setor comercial, especialmente em contextos locais específicos como a freguesia urbana de Pedro Carbo Concepción. Embora a literatura tenha abordado extensivamente a adoção tecnológica em grandes organizações, existe uma lacuna na análise destes processos nas microempresas, onde as condições estruturais, culturais e económicas geram dinâmicas particulares. Neste sentido, é necessário desenvolver investigação que integre variáveis como benefícios percebidos, eficiência operacional, intenção de adoção e barreiras contextuais, permitindo construir uma visão abrangente do fenómeno.

Em resposta a esta necessidade, o presente estudo pretende analisar o uso da inteligência artificial em microempresas no setor comercial da freguesia urbana Pedro Carbo Concepción, na cidade de Guayaquil, através de uma abordagem quantitativa baseada na identificação dos principais fatores que afetam a sua adoção. Através de um estudo de campo, procura estabelecer uma base que permita compreender o nível de conhecimento, perceção e disposição dos microempreendedores perante a inteligência artificial,

contribuindo assim para o desenvolvimento de estratégias destinadas a promover a transformação digital neste segmento de negócio. Desta forma, a investigação posiciona-se como um contributo relevante para o conhecimento interdisciplinar nas áreas de engenharia, gestão empresarial e inovação tecnológica.

1.1. Inteligência artificial e a sua aplicação no ambiente empresarial.

A inteligência artificial estabeleceu-se como uma das tecnologias mais influentes na transformação digital contemporânea, permitindo que os sistemas informáticos simulem capacidades cognitivas dos seres humanos, como a aprendizagem, o raciocínio e a tomada de decisões. Em termos gerais, é entendido como o conjunto de técnicas e algoritmos concebidos para processar grandes volumes de dados, identificar padrões e gerar respostas ou previsões de forma autónoma. A sua evolução esteve intimamente ligada ao desenvolvimento da ciência da computação, estatística e ciência de dados, o que permitiu expandir progressivamente as suas aplicações em vários setores económicos e produtivos.[3]

No setor empresarial, a inteligência artificial adquiriu relevância estratégica, oferecendo ferramentas que contribuem para melhorar a eficiência operacional, otimizar recursos e reforçar a capacidade competitiva das organizações. A sua implementação estendeu-se a múltiplas áreas, como automação de processos, análise preditiva, gestão de inventário e tomada de decisões orientada por dados. Estas aplicações permitem às empresas reduzir erros, minimizar custos e acelerar processos, facilitando uma gestão mais eficaz em ambientes altamente dinâmicos e competitivos. Neste contexto, a inteligência artificial atua não só como suporte tecnológico, mas como um elemento-chave na redefinição dos modelos de negócio.[4]

No entanto, a adoção da inteligência artificial no ambiente empresarial, especialmente nas microempresas, apresenta desafios associados ao acesso a recursos tecnológicos, ao nível de conhecimento e à capacidade de adaptação organizacional. Apesar dos potenciais benefícios, muitas organizações ainda estão nas fases iniciais de incorporação destas tecnologias, o que demonstra a existência de lacunas em termos de formação e acesso. Consequentemente, a análise da inteligência artificial no contexto empresarial envolve não só compreender o seu funcionamento e aplicações, mas também avaliar os fatores que facilitam ou limitam a sua adoção, bem como o seu impacto na sustentabilidade e crescimento das empresas.[5]

1.2. Modelos de adoção tecnológica.

Os modelos de adoção tecnológica constituem um quadro teórico fundamental para compreender os fatores que influenciam a aceitação e utilização de novas tecnologias dentro das organizações. Estas abordagens teóricas procuram explicar o comportamento dos indivíduos perante a incorporação de inovações, considerando variáveis cognitivas, atitudinais e contextuais. Entre os modelos mais

relevantes está o Modelo de Aceitação da Tecnologia (TAM), proposto por Davis, que afirma que a adoção de uma tecnologia depende principalmente da utilidade percebida e da facilidade de utilização percebida. Estes fatores determinam a atitude do utilizador e, consequentemente, a sua intenção de utilizar, tornando-se uma referência amplamente utilizada em estudos relacionados com a implementação de sistemas tecnológicos em contextos organizacionais.[6]

Subsequentemente, a evolução destes modelos deu origem a abordagens mais integradoras, como a Teoria Unificada da Aceitação e Utilização da Tecnologia (UTAUT), desenvolvida por Venkatesh et al. Este modelo alarga a perspectiva do TAM ao incorporar novos elementos como influência social e condições facilitadoras, reconhecendo que a adoção tecnológica não depende apenas das percepções individuais, mas também do ambiente em que os utilizadores operam. Neste sentido, a adoção de tecnologias como a inteligência artificial no ambiente empresarial é influenciada tanto pela percepção dos benefícios como por fatores estruturais, como o acesso a recursos, nível de formação e apoio organizacional.[7]

No contexto das microempresas, os modelos de adoção tecnológica adquirem particular relevância, pois permitem-nos analisar as dinâmicas que condicionam a incorporação de ferramentas inovadoras em ambientes com recursos limitados. A aplicação de modelos como o TAM e o UTAUT facilita a identificação de fatores-chave que explicam a intenção de adotar, como a percepção da utilidade, a eficiência operacional esperada e as barreiras existentes. Desta forma, estes modelos não só contribuem para a compreensão do comportamento dos utilizadores, como também apoiam o desenho de estratégias destinadas a promover a adoção eficaz de tecnologias emergentes, como a inteligência artificial, no setor empresarial.[8]

1.3. Benefícios e eficiência operacional da IA.

A inteligência artificial estabeleceu-se como uma ferramenta chave para gerar valor no ambiente empresarial, principalmente devido à sua capacidade de transformar dados em informação útil para a tomada de decisões. Entre os benefícios mais relevantes associados à sua implementação estão a melhoria da competitividade, a redução de erros e a otimização de recursos, aspetos que contribuem diretamente para o reforço do desempenho organizacional. A capacidade de analisar grandes volumes de informação em tempo real permite às empresas antecipar cenários, identificar oportunidades e minimizar riscos, o que se traduz em vantagens estratégicas sustentáveis em ambientes altamente dinâmicos.[9]

Em relação à eficiência operacional, a inteligência artificial desempenha um papel decisivo na facilitação da automatização de processos e na melhoria contínua das operações internas. A incorporação de sistemas inteligentes permite reduzir os tempos de execução, eliminar tarefas repetitivas e aumentar a precisão em atividades-chave como

gestão administrativa, planeamento de recursos e controlo de inventário. Desta forma, a inteligência artificial não só aumenta a produtividade, como também liberta tempo para que os líderes empresariais se concentrem em funções estratégicas, favorecendo uma gestão mais eficiente e orientada para resultados.[10]

No entanto, o impacto da inteligência artificial nos lucros empresariais e na eficiência operacional não depende exclusivamente da tecnologia em si, mas também da capacidade das organizações de a integrarem corretamente nos seus processos. No caso das microempresas, este processo pode ser condicionado por fatores como o nível de conhecimento, a disponibilidade de recursos e a vontade de mudar. Portanto, embora a inteligência artificial ofereça um elevado potencial para otimizar a gestão e melhorar o desempenho empresarial, a sua utilização eficaz requer uma articulação adequada entre tecnologia, competências humanas e estratégias organizacionais.[11]

1.4. Intenção de adotar tecnologia.

A intenção da adoção tecnológica é definida como a vontade ou vontade de indivíduos e organizações de incorporar e utilizar novas ferramentas tecnológicas nas suas atividades. A partir da abordagem dos modelos tecnológicos de aceitação, esta intenção constitui o principal antecedente do comportamento real de utilização, pois reflete a decisão consciente de adotar uma inovação. Neste sentido, a intenção de adotar não surge isoladamente, mas é influenciada por fatores cognitivos e de atitude, como a percepção de utilidade, a confiança na tecnologia e a valorização dos benefícios esperados.[12]

No contexto empresarial, a intenção de adotar adquire relevância estratégica, pois determina a capacidade das organizações de se adaptarem a ambientes dinâmicos e altamente competitivos. Em particular, a adoção de tecnologias como a inteligência artificial implica não só uma decisão técnica, mas também um compromisso organizacional que envolve investimento, formação e mudança nos processos de trabalho. Por isso, a predisposição para adotar estas tecnologias está frequentemente associada à percepção de que a sua implementação gerará melhorias substanciais na eficiência, na tomada de decisões e na competitividade empresarial.[13]

No caso das microempresas, a intenção de adotar tecnologia é condicionada por vários fatores estruturais e contextuais, como a disponibilidade de recursos, o nível de conhecimento e a percepção de risco. Apesar destas limitações, as evidências sugerem que, quando os microempreendedores reconhecem o valor potencial das tecnologias emergentes, a sua vontade de investir e formar para a sua implementação aumenta. Consequentemente, a intenção de adotar é configurada como um elemento-chave no processo de transformação digital, uma vez que representa a ponte entre a percepção de benefícios e a incorporação eficaz da tecnologia na gestão empresarial.[14]

1.5. Barreiras e contexto de adoção em microempresas.

A adoção de tecnologias como a inteligência artificial nas microempresas não ocorre num ambiente homogêneo, mas é condicionada por um conjunto de fatores estruturais que podem facilitar ou limitar a sua implementação. Entre as principais barreiras estão a falta de conhecimento técnico, fraca formação em ferramentas digitais e compreensão limitada dos benefícios associados a estas tecnologias. Estas restrições criam incerteza para os decisores, reduzindo a probabilidade de investimento em soluções inovadoras e atrasando os processos de transformação digital neste segmento de negócio.[15]

Neste contexto, o ambiente em que as microempresas operam desempenha um papel determinante na adoção tecnológica. Fatores como o acesso à infraestrutura tecnológica, o nível de conectividade, a disponibilidade de financiamento e o apoio institucional têm um impacto direto na capacidade das organizações de incorporar ferramentas baseadas em inteligência artificial. Nas economias emergentes, onde predominam as microempresas, estas condições tendem a ser mais restritivas, o que amplifica as divisões digitais e limita a integração de tecnologias avançadas nos processos de produção e administrativos.[16]

No entanto, a percepção de barreiras não é uniforme entre os microempreendedores, pois depende de variáveis como experiência prévia, nível educativo e grau de familiaridade com tecnologia. Em alguns casos, a falta de acesso ou conhecimento é combinada com uma percepção de complexidade ou risco, reforçando a resistência à mudança. No entanto, quando estas barreiras são abordadas através de estratégias de formação, apoio técnico e fornecimento de recursos, é possível criar condições mais favoráveis para a adoção tecnológica. Consequentemente, a análise do contexto e das barreiras permite-nos não só identificar limitações, como também orientar ações que promovam a incorporação eficaz da inteligência artificial nas microempresas.[17]

1.6. Relação entre variáveis de estudo (modelo conceptual).

A relação entre as variáveis do estudo baseia-se nos modelos de adoção tecnológica, que afirmam que o comportamento de adoção não é um processo isolado, mas sim o resultado da interação de vários fatores perceptivos e contextuais. Neste sentido, a intenção de adotar a inteligência artificial é configurada como a variável central do modelo, influenciada pela percepção de benefícios e eficiência operacional que os indivíduos associam à tecnologia. Quando os microempreendedores identificam que a inteligência artificial contribui para melhorar a competitividade, otimizar processos e facilitar a tomada de decisões, a sua vontade de a incorporar nas suas atividades empresariais aumenta.[13]

Da mesma forma, a eficiência operacional desempenha um papel importante no modelo conceptual, atuando como um fator que reforça a percepção da utilidade da tecnologia. A ideia de que a inteligência artificial poupa tempo, reduz erros

e melhora a gestão de recursos tem um efeito positivo na valorização dos benefícios, o que, por sua vez, afeta a intenção de adoção. Desta forma, estabelece-se uma relação complementar entre eficiência operacional e benefícios percebidos, uma vez que ambas as dimensões contribuem para consolidar uma percepção favorável em relação ao uso da inteligência artificial no ambiente empresarial.[3][18]

Por outro lado, variáveis relacionadas com o contexto e as barreiras de adoção introduzem um elemento moderador no modelo, influenciando a intensidade com que os benefícios e a eficiência impactam a intenção de adoção. Fatores como o nível de conhecimento, a acessibilidade tecnológica e a disponibilidade de recursos podem facilitar ou limitar este processo, gerando variações na vontade dos microempreendedores de adotar tecnologia. Consequentemente, a relação entre variáveis não deve ser entendida de forma linear, mas como um sistema interdependente em que fatores positivos impulsionam a adoção, enquanto barreiras podem atenuar ou dificultar a sua materialização no ambiente empresarial.[10]

2.- Materiais e métodos.

A investigação foi quantitativa, descritiva no âmbito, e o desenho foi transversal, não experimental, uma vez que a recolha de dados ocorreu num único momento ou ponto no tempo. A população estudada era composta por microempresas do setor comercial localizadas na freguesia urbana de Pedro Carbo Concepción, Guayaquil. A informação foi retirada do diretório da Superintendência de Sociedades, Valores Mobiliários e Seguros, que registou 279 microempresas no setor comercial na freguesia objeto da investigação; o critério de seleção foi que as empresas permanecessem ativas até ao ano de 2025; outro dos critérios considerados foi que estas microempresas não tivessem mais de dez colaboradores sob dependência, e as suas vendas não ultrapassam cem mil dólares por ano. Para o estudo, foi considerada uma amostragem de conveniência não probabilística. Esta decisão foi tomada devido às limitações decorrentes da insegurança que o país enfrenta, o que pode comprometer a integridade e a vontade dos microempreendedores. [19]

A técnica de recolha de dados era o inquérito e o instrumento era o próprio questionário, que foi concebido na aplicação Google Forms; este questionário tinha 17 perguntas validadas por especialistas, garantindo a sua fiabilidade. O questionário foi dirigido a gestores ou gestores de microempresas. Quanto ao processo de recolha de dados, foi realizado em três dias úteis, conseguindo sondar 14 microempreendedores no primeiro dia, no segundo dia houve 18 inquiridos e no terceiro dia foram alcançados mais 8. Desta forma, foi possível inquirir um total de 40 microempreendedores. O processamento dos dados foi realizado utilizando o software SPSS v.22, que permitiu realizar a análise correspondente para a apresentação e interpretação dos resultados.[20]

3.- Resultados.

Os resultados obtidos não só revelam um panorama atual da utilização da Inteligência Artificial em Microempresas, como também oferecem uma perspectiva valiosa para impulsionar uma transformação eficaz que se traduza em vantagens competitivas sustentáveis. Os resultados relevantes da investigação são apresentados abaixo:

Tabela 1.- Resumo do processamento de casos

		N	%
Casos	Válido	40	100,0
	Excluído ^{de}	0	0,0
	Total	40	100,0

a. A eliminação por lista baseia-se em todas as variáveis procedimentais.

A Tabela 1 apresenta o resumo do processamento dos casos utilizados na análise estatística. É evidente que toda a amostra (N = 40) foi considerada válida, sem registros excluídos, o que garante a completude do conjunto de dados. Este aspeto é metodologicamente relevante, pois indica a ausência de valores em falta nas variáveis analisadas sob o procedimento de eliminação da lista, reforçando a consistência da análise subsequente e evitando vieses derivados da perda de informação.

Tabela 2.- Estatísticas de fiabilidade

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,953	17

A Tabela 2 apresenta as estatísticas de fiabilidade do instrumento, mostrando um valor alfa de Cronbach de 0,953 para um total de 17 elementos. Este coeficiente indica um excelente nível de consistência interna, sugerindo que os itens do questionário estão altamente correlacionados entre si e medem consistentemente o construto global associado à utilização da inteligência artificial em microempresas.

No geral, os resultados de ambas as tabelas permitem-nos afirmar que o instrumento utilizado possui uma elevada qualidade psicométrica, suportada tanto pela integridade dos dados como pela elevada fiabilidade do questionário. Isto implica que as medições realizadas são estáveis e consistentes, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento de análises estatísticas subsequentes, bem como para a interpretação das dimensões avaliadas no estudo.

Da mesma forma, o elevado valor do alfa de Cronbach observado na Tabela 2 sugere uma forte homogeneidade entre os itens, que pode ser interpretada como uma operacionalização adequada do fenómeno estudado. No entanto, de uma perspectiva metodológica mais avançada, níveis tão elevados de fiabilidade também podem indicar alguma redundância entre itens, um aspeto que poderá ser explorado em análises futuras utilizando técnicas como a análise fatorial.

Em resumo, as Tabelas 1 e 2 mostram que o estudo dispõe de dados completos e de um instrumento altamente fiável,

que apoia a validade interna dos resultados obtidos e reforça a credibilidade das conclusões derivadas da análise estatística.

Dimensão 1: Benefícios da IA; perguntas: P2, P3, P6, P9, P11, P14

Tabela 3.- Estatísticas de fiabilidade

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,911	6

A Tabela 3 apresenta as estatísticas de fiabilidade correspondentes à dimensão Benefícios da IA, compostas por seis itens (P2, P3, P6, P9, P11 e P14). O valor do alfa de Cronbach obtido ($\alpha = 0,911$) mostra uma excelente consistência interna, o que nos permite afirmar que os elementos que compõem esta dimensão mantêm um elevado grau de homogeneidade e medem coerentemente a mesma construção. Este resultado confere solidez metodológica à análise, pois apoia a fiabilidade da dimensão como uma medida válida da percepção do valor estratégico e operacional da inteligência artificial nas microempresas estudadas.

Estatísticas descritivas

Tabela 4. Estatísticas Descritivas dos Benefícios da Dimensão da IA

Benefícios da IA	N	Mínimo	Máximo	Media	Desvio padrão
	40	1,00	4,83	3,7750	1,02778

A Tabela 4, correspondente às estatísticas descritivas da dimensão, mostra que a variável AI Benefits tem uma média de 3,7750, com um desvio padrão de 1,02778, dentro de um intervalo de valores que varia de 1,00 a 4,83. Estes resultados permitem-nos identificar uma avaliação global favorável dos benefícios associados à utilização da inteligência artificial, dado que a média está claramente acima do ponto teórico médio da escala de Likert utilizada. Da mesma forma, o desvio padrão indica uma dispersão moderada das respostas, sugerindo que, embora exista uma tendência global positiva, existe também alguma variabilidade na intensidade com que os inquiridos percebem estes benefícios.

Tabela 5.- Estatísticas sobre a distribuição da dimensão dos benefícios da IA

Benefícios da IA	N	Assimetria		Curtose	
	Estatístico	Estatístico	Erro Padrão	Estatístico	Erro Padrão
	40	-1,413	0,374	0,985	0,733

A Tabela 5 aprofunda a forma da distribuição da dimensão Benefícios_IA usando os coeficientes de assimetria e curtose. O valor de assimetria de -1,413 revela uma distribuição inclinada para a esquerda, implicando uma maior concentração de respostas nos níveis mais elevados da escala. Por outras palavras, há evidências de uma tendência marcada dos participantes para valorizarem positivamente os benefícios da inteligência artificial. Por outro lado, uma curtose de 0,985 indica uma distribuição relativamente concentrada, com uma acumulação moderada de respostas no topo da escala. Em conjunto, ambos os indicadores

reforçam a ideia de que a percepção dos benefícios da IA não é apenas favorável em média, mas também consistente na sua orientação positiva.

Teste T

Tabela 6.- Estatísticas para uma amostra

Benefícios da IA	N	Media	Desvio padrão	Média de Erro Padrão
	40	3,7750	1,02778	0,16251

A Tabela 6 complementa esta evidência ao reintroduzir as estatísticas básicas necessárias para o teste t para uma amostra. Confirma que a média da dimensão é 3,7750, com um desvio padrão de 1,02778 e um erro padrão da média de 0,16251. Este último indicador mostra que a estimativa da média apresenta um nível adequado de precisão, o que reforça a confiança nos resultados obtidos para esta dimensão.

Tabela 7.- Teste para uma amostra

Benefícios da IA	Valor do teste = 3				
	t	Boa sorte	Sig. (bilateral)	Diferença média	Intervalo de confiança de diferença de 95%
					Bottom Superior
	4,769	39	0,000	0,77500	0,4463 1,1037

A Tabela 7 mostra os resultados do teste t para uma amostra, realizado usando o ponto neutro da escala (3) como valor do teste. As estatísticas obtidas ($t = 4,769$; $df = 39$; $p = 0,000$) indicam que a média observada da dimensão dos Benefícios da IA é significativamente superior ao valor neutro, o que nos permite rejeitar a hipótese de indiferença ou neutralidade na percepção dos inquiridos. A diferença média de 0,77500 confirma que a avaliação positiva não é casual ou marginal, mas estatisticamente relevante. De forma semelhante, o intervalo de confiança de 95% para a diferença, entre 0,4463 e 1,1037, mantém-se completamente acima de zero, o que reafirma a robustez do resultado e apoia a conclusão de que os microempreendedores percebem benefícios reais e significativos na utilização da inteligência artificial.

De forma integrada, as Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7 permitem-nos argumentar que a dimensão dos Benefícios da IA tem uma estrutura estatisticamente sólida, tanto do ponto de vista psicométrico como descritivo e inferencial. A elevada fiabilidade do construto, juntamente com uma média acima do ponto neutro, uma distribuição enviesada para avaliações positivas e uma diferença estatisticamente significativa em relação ao valor de referência teórico, mostram que os microempreendedores analisados reconhecem claramente o potencial estratégico e operacional da inteligência artificial para melhorar a competitividade, otimizar recursos, reduzir erros e fortalecer a gestão empresarial.

Em termos analíticos, estes resultados permitem-nos concluir que a percepção dos benefícios da inteligência artificial constitui uma dimensão favoravelmente

posicionada dentro do grupo estudado, o que sugere a existência de uma base atitudinal positiva para futuros processos de adoção tecnológica. Este resultado é especialmente relevante, pois indica que, embora possam existir barreiras estruturais ou de conhecimento, o reconhecimento do valor da IA já está presente numa proporção considerável dos inquiridos.

Dimensão 2: Eficiência operacional; perguntas P1, P7, P8, P10

Tabela 8.- Estatísticas de fiabilidade

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,832	4

A Tabela 8 apresenta as estatísticas de fiabilidade correspondentes à dimensão de Eficiência Operacional, compostas por quatro itens (P1, P7, P8 e P10). O valor do alfa de Cronbach obtido ($\alpha = 0,832$) mostra uma elevada consistência interna, o que indica que os itens incluídos mantêm uma correlação adequada entre si e medem de forma coerente o construto associado à otimização de processos e à tomada de decisão através do uso de inteligência artificial. Este resultado permite-nos considerar a dimensão como estatisticamente fiável para análise e interpretação.

Estatísticas descritivas

Tabela 9. Estatísticas descritivas da dimensão de Eficiência Operacional

Eficiência Operacional	N	Mínimo	Máximo	Media	Desvio padrão
	40	1,25	5,00	3,9062	1,09440

A Tabela 9, relativa às estatísticas descritivas, mostra que a variável de Eficiência Operacional tem uma média de 3,9062 e um desvio padrão de 1,09440, com valores que variam entre 1,25 e 5,00. A média obtida, situada acima do ponto médio da escala (3), mostra uma percepção global positiva relativamente ao impacto da inteligência artificial na melhoria da eficiência operacional. Por outro lado, o desvio padrão reflete uma dispersão moderada das respostas, o que sugere a coexistência de avaliações diversas, embora com predominância de percepções favoráveis.

Mesa 10. Estatísticas sobre a distribuição da dimensão de Eficiência Operacional

Eficiência Operacional	N	Assimetria		Curtose	
	Estatístico	Estatístico	Erro Padrão	Estatístico	Erro Padrão
	40	-1,239	0,374	0,508	0,733

A Tabela 10 permite-nos aprofundar a forma da distribuição da variável usando os coeficientes de assimetria e curtose. O valor de assimetria de -1,239 indica uma distribuição inclinada para a esquerda, implicando uma maior concentração de respostas nos níveis mais altos da escala. Isto confirma a tendência dos inquiridos para perceberem favoravelmente o impacto da inteligência artificial na eficiência operacional. Quanto à curtose, o valor de 0,508

sugere uma distribuição ligeiramente concentrada, embora relativamente próxima de uma distribuição normal, o que apoia a estabilidade do comportamento dos dados.

Teste T

Tabela 11.- Estatísticas para uma amostra

Eficiência Operacional	N	Media	Desvio padrão	Média de Erro Padrão
I	40	3,9063	1,09440	0,17304

A Tabela 11 apresenta as estatísticas necessárias para o teste t de uma amostra, confirmando a média da dimensão (3,9063), bem como o seu desvio padrão (1,09440) e o erro padrão da média (0,17304). Este último indicador mostra precisão adequada na estimativa da média, o que é relevante para a interpretação inferencial dos resultados.

Tabela 12.- Teste para uma amostra

Eficiência Operacional	Valor do teste = 3				
	t	Boa sorte	Sig. (bilateral)	Diferença média	Intervalo de confiança de diferença de 95%
					Bottom Superior
I	5,237	39	0,000	0,90625	0,5562 1,2563

Os resultados na Tabela 12 correspondem ao teste t para uma amostra, realizado usando o ponto neutro da escala (3) como valor de referência. A estatística obtida ($t = 5,237$; $df = 39$; $p = 0,000$) indica que a média observada é significativamente superior ao valor de referência, o que nos permite rejeitar a hipótese de neutralidade na percepção de eficiência operacional. A diferença média de 0,90625 mostra um desvio positivo considerável em relação ao ponto médio. Da mesma forma, o intervalo de confiança de 95% para a diferença, entre 0,5562 e 1,2563, mantém-se completamente acima de zero, o que reforça a força estatística do resultado obtido.

De forma integrada, as Tabelas 8, 9, 10, 11 e 12 mostram que a dimensão de Eficiência Operacional apresenta um comportamento estatisticamente consistente, apoiado por uma fiabilidade adequada do instrumento, uma média acima do ponto neutro, uma distribuição enviesada para avaliações positivas e uma diferença estatisticamente significativa relativamente ao valor de referência. Em conjunto, estes resultados permitem-nos afirmar que os microempreendedores percebem favoravelmente o impacto da inteligência artificial na otimização de processos, poupança de tempo, melhoria da tomada de decisões e gestão de inventário.

Do ponto de vista analítico, estes resultados sugerem que a eficiência operacional é uma das áreas onde a inteligência artificial é mais valorizada pelos inquiridos, o que pode ser interpretado como um fator-chave para impulsionar a sua adoção no contexto das microempresas. A consistência entre os indicadores descritivo e inferencial reforça a evidência de que esta dimensão está posicionada como um elemento

relevante dentro do modelo de análise desenvolvido na investigação.

Dimensão 3: Intenção de adotar, perguntas: P4, P15, P16, P17

Tabela 13.- Estatísticas de fiabilidade

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,914	4

A Tabela 13 apresenta as estatísticas de fiabilidade da dimensão de Intenção de adotar, composta por quatro itens. O valor do alfa de Cronbach obtido ($\alpha = 0,914$) mostra uma excelente consistência interna, o que indica que os itens que compõem esta dimensão são altamente correlacionados e medem de forma coerente a vontade dos microempreendedores de adotar ferramentas baseadas em inteligência artificial. Este resultado apoia a robustez do construto e garante a fiabilidade das medições realizadas.

Tabela 14. Estatísticas descritivas da dimensão da intenção de adoção da IA

Intenção de Adoção	N	Mínimo	Máximo	Media	Desvio padrão
	40	1,00	5,00	3,7813	1,04112

A Tabela 14 mostra as estatísticas descritivas da dimensão, onde se observa que a variável Intenção de adotar tem uma média de 3,7813 e um desvio padrão de 1,04112, num intervalo entre 1,00 e 5,00. Estes resultados mostram que a intenção de adotar a inteligência artificial está acima do ponto médio da escala, refletindo uma predisposição favorável dos inquiridos para a implementação deste tipo de tecnologia. O desvio padrão sugere uma dispersão moderada, evidenciando a existência de variabilidade nas respostas, embora com predominância de avaliações positivas.

Tabela 15. Estatísticas de Distribuição da Intenção de Adoção da IA

Intenção de Adoção	N	Assimetria		Curtose	
	Estatístico	Estatístico	Erro Padrão	Estatístico	Erro Padrão
	40	-0,900	0,374	-0,129	0,733

A Tabela 15 analisa as características da distribuição da variável usando os coeficientes de assimetria e curtose. A assimetria de -0,900 indica uma distribuição inclinada para a esquerda, implicando que uma proporção significativa dos inquiridos tende a situar-se nas categorias superiores da escala, refletindo uma tendência favorável para a adoção da IA. Relativamente à curtose, o valor de -0,129 sugere uma distribuição relativamente próxima da normal, com uma ligeira tendência para dispersão, indicando uma variabilidade moderada nas respostas sem concentrações extremas.

Teste T

Tabela 16.- Estatísticas para uma amostra

Intenção de Adoção	N	Media	Desvio padrão	Média de Erro Padrão
--------------------	---	-------	---------------	----------------------

	40	3,7813	1,04112	0,16462
--	----	--------	---------	---------

A Tabela 16 apresenta as estatísticas necessárias para o teste t de uma amostra, onde se confirma que a média da dimensão é 3,7813, com um desvio padrão de 1,04112 e um erro padrão da média de 0,16462. Este último valor mostra um nível adequado de precisão na estimativa da média, o que permite que os resultados sejam considerados estatisticamente fiáveis.

Tabela 17.- Teste para uma amostra

Intenção de Adoção	Valor do teste = 3				
	t	Boa sorte	Sig. (bilateral)	Diferença média	Intervalo de confiança de diferença de 95%
					Bottom Superior
	4,746	39	0,000	0,78125	0,4483 1,1142

A Tabela 17 mostra os resultados do teste t para uma amostra, tomando o ponto neutro da escala de Likert como valor de referência (3). A estatística obtida ($t = 4,746$; $df = 39$; $p = 0,000$) indica que a média observada é significativamente superior ao valor de referência, o que nos permite rejeitar a hipótese de neutralidade na intenção de adotar. A diferença média de 0,78125 mostra um desvio positivo relevante em relação ao ponto médio. Da mesma forma, o intervalo de confiança de 95% para a diferença, entre 0,4483 e 1,1142, mantém-se completamente acima de zero, confirmando a força estatística do resultado.

De forma integrada, as Tabelas 13, 14, 15, 16 e 17 mostram que a dimensão da Intenção de Adoção da IA apresenta um comportamento estatisticamente consistente e favorável. A elevada fiabilidade do constructo, juntamente com uma média acima do ponto neutro, uma distribuição com tendência para valores elevados e uma diferença estatisticamente significativa em relação ao valor de referência, permitem-nos concluir que os microempreendedores mostram uma predisposição positiva para a adoção de tecnologias baseadas em inteligência artificial.

Em termos analíticos, estes resultados sugerem que, para além da percepção de benefícios ou eficiência, existe uma vontade concreta dos inquiridos de investir, formar e adotar ferramentas tecnológicas, o que é um elemento-chave para a implementação eficaz da inteligência artificial no campo das microempresas. Esta descoberta adquire relevância especial dentro do modelo de estudo, pois mostra que a aceitação da tecnologia não se limita ao plano perceptivo, mas é projetada para a intenção comportamental de adoção.

Dimensão 4: Contexto/barreiras; Perguntas: P5, P12, P13

Tabela 18.- Estatísticas de fiabilidade

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,343	3

A Tabela 18 apresenta as estatísticas de fiabilidade correspondentes à dimensão "Contexto / barreiras",

compostas por três itens (P5, P12 e P13). O valor do alfa de Cronbach obtido ($\alpha = 0,343$) mostra uma baixa consistência interna, o que indica uma fraca correlação entre os itens que compõem esta dimensão. Este resultado sugere que os elementos incluídos não estão a medir homogêneamente um único constructo, podendo refletir a coexistência de diferentes fatores conceptuais, como o nível de conhecimento, a percepção de acessibilidade e a identificação de limitações. Do ponto de vista metodológico, esta conclusão indica que a dimensão deve ser interpretada com cautela, uma vez que a sua baixa fiabilidade limita a robustez interna da construção.

Estatísticas descritivas

Tabela 19. Estatísticas descritivas da dimensão Contexto e barreiras

Contexto Barreiras	N	Mínimo	Máximo	Media	Desvio padrão
	40	2,00	4,33	3,0917	0,59909

A Tabela 19 apresenta as estatísticas descritivas da variável "Barreiras de contexto". Observa-se uma média de 3,0917, ligeiramente superior ao ponto neutro da escala (3), com um desvio padrão de 0,59909. Estes valores indicam que a percepção do contexto e das barreiras está num nível próximo da neutralidade, com uma variabilidade relativamente baixa entre os inquiridos. A gama de respostas, entre 2,00 e 4,33, sugere a ausência de avaliações extremas, evidenciando uma percepção moderada e relativamente homogênea relativamente aos fatores que condicionam a adoção da inteligência artificial.

Tabela 20. Estatísticas sobre a distribuição da dimensão Contexto e barreiras

Barreiras contextuais	N	Assimetria		Curtose	
	Estatístico	Estatístico	Erro Padrão	Estatístico	Erro Padrão
	40	-0,241	0,374	-0,779	0,733

A Tabela 20 aprofunda a forma da distribuição da variável usando os coeficientes de assimetria e curtose. O valor de assimetria de -0,241 indica uma distribuição ligeiramente à esquerda, sugerindo uma ligeira tendência para avaliações acima do ponto médio, embora sem uma concentração marcada. Por outro lado, uma curtose de -0,779 reflete uma distribuição mais plana em comparação com o normal, indicando uma dispersão moderada das respostas sem acumulações significativas em torno de um ponto específico. Em conjunto, estes indicadores confirmam que a variável apresenta um comportamento relativamente equilibrado, sem enviesamentos pronunciados na percepção dos inquiridos.

Teste T

Tabela 21.- Estatísticas para uma amostra

Barreiras contextuais	N	Media	Desvio padrão	Média de Erro Padrão
	40	3,0917	0,59909	0,09472

A Tabela 21 apresenta as estatísticas necessárias para o teste t de uma amostra, que confirmam uma média de 3,0917, um desvio padrão de 0,59909 e um erro padrão da média de 0,09472. Este último valor indica precisão adequada na estimativa da média, permitindo fazer uma avaliação inferencial com um nível razoável de confiança.

Tabela 22.- Teste para uma amostra

Barreiras contextuais	Valor do teste = 3				
	t	Boa sorte	Sig. (bilateral)	Diferença média	Intervalo de confiança de diferença de 95%
					Bottom Superior
	0,968	39	0,339	0,09167	-0,0999 0,2833

Os resultados na Tabela 22 correspondem ao teste t para uma amostra, tomando o ponto neutro da escala (3) como valor de referência. A estatística obtida ($t = 0,968$; $df = 39$; $p = 0,339$) indica que não existe diferença estatisticamente significativa entre a média observada e o valor de referência. Neste sentido, não é possível rejeitar a hipótese da neutralidade na percepção do contexto e das barreiras. A diferença média de 0,09167 é pequena, e o intervalo de confiança de 95% entre -0,0999 e 0,2833 inclui zero, reforçando a ausência de evidência estatisticamente significativa.

De forma integrada, as Tabelas 18, 19, 20, 21 e 22 mostram que a dimensão "Contexto / barreiras" apresenta um comportamento diferente daquele observado nas dimensões anteriormente analisadas. A baixa fiabilidade do constructo, juntamente com uma média próxima do ponto neutro e a ausência de significância estatística no teste t, indicam que não existe uma percepção claramente definida sobre as condições que facilitam ou limitam a adoção da inteligência artificial. Da mesma forma, a distribuição relativamente equilibrada dos dados sugere que as opiniões dos microempreendedores estão dispersas e não convergem numa posição consistente.

Em termos analíticos, estes resultados permitem-nos interpretar que o contexto e as barreiras associadas à inteligência artificial não são fatores claramente percebidos ou avaliados de forma homogênea pelos inquiridos. Esta situação pode ser explicada por diferenças no nível de conhecimento, acesso a recursos tecnológicos ou experiências anteriores com ferramentas digitais, o que gera percepções diversas e dificulta a consolidação de uma construção uniforme. Consequentemente, esta dimensão é apresentada como um elemento menos definido dentro do modelo de análise, o que sugere a necessidade de aprofundar a sua medição ou redefinir conceptualmente os seus componentes em futuras investigações.

4.- Discussão

4.1. Interpretação dos resultados

Os resultados do estudo mostram que as dimensões associadas aos benefícios percebidos, à eficiência operacional e à intenção de adotar a inteligência artificial apresentam um comportamento consistente e favorável

dentro do grupo analisado, o que nos permite inferir a existência de uma base atitudinal positiva para a incorporação destas tecnologias nas microempresas. Esta conclusão está alinhada com os postulados do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM), que estabelece que a utilidade percebida é um fator determinante na intenção de adoção tecnológica. Neste sentido, as evidências sugerem que os microempreendedores reconhecem claramente o valor estratégico e operacional da inteligência artificial, o que se traduz numa predisposição favorável para a sua implementação.[21][22]

Da mesma forma, a dimensão da eficiência operacional reforça a interpretação anterior, ao demonstrar que os inquiridos percebem que a inteligência artificial contribui para a otimização de processos, redução de tempos e melhoria da gestão empresarial. Este resultado confirma o que Davenport e Ronanki apontaram, que indicam que a aplicação de soluções baseadas em inteligência artificial permite o aumento da produtividade organizacional através da automação e da análise avançada de dados. Consequentemente, a eficiência operacional atua não só como um benefício percebido, mas também como um elemento que reforça a percepção de utilidade da tecnologia, consolidando a sua influência na intenção de adoção.[23][24]

Por outro lado, a dimensão da intenção de adotar reflete que a aceitação da inteligência artificial não se limita ao nível cognitivo, mas é projetada para uma disposição comportamental específica. Esta conclusão é especialmente relevante, pois mostra que os microempreendedores não só reconhecem os potenciais benefícios, como também manifestam interesse em investir, formar e adotar estas tecnologias. Em termos teóricos, este resultado está de acordo com o modelo UTAUT, que postula que a intenção de utilização é influenciada tanto pela expectativa de desempenho como pelas condições facilitadoras.[25]

Em contraste, a dimensão relacionada com o contexto e as barreiras apresenta um comportamento diferenciado, caracterizado por baixa consistência interna e uma percepção próxima do ponto neutro. Este resultado sugere que os fatores associados ao conhecimento, acessibilidade e limitações estruturais não são percebidos de forma homogênea pelos inquiridos. Do ponto de vista analítico, isto indica que as barreiras de adoção não são um fator claramente definido dentro do grupo estudado, o que pode dever-se a diferenças individuais em termos de experiência, acesso a recursos ou nível de familiaridade com a tecnologia. Consequentemente, embora os lucros e a eficiência impulsionem a adoção, as barreiras não emergem como um elemento dominante na percepção coletiva.

4.2. Comparação com estudos anteriores

Os resultados obtidos no presente estudo mostram uma elevada coerência com a literatura previamente desenvolvida sobre a adoção de tecnologias emergentes no ambiente empresarial. Em particular, a relação positiva entre

benefícios percebidos e intenção de adoção tem sido amplamente documentada em estudos baseados no modelo TAM, onde a utilidade percebida é estabelecida como o principal preditor da aceitação tecnológica. Neste sentido, os resultados obtidos reforçam a validade empírica deste modelo em contextos de microempresas, especialmente em ambientes de economias emergentes.[21][26]

De forma semelhante, a influência da eficiência operacional na adoção de tecnologia coincide com estudos recentes que destacam o papel da inteligência artificial na otimização dos processos de negócio. Investigação como a do McKinsey Global Institute indica que as empresas que implementam soluções baseadas em inteligência artificial alcançam melhorias significativas na produtividade e na tomada de decisão. Neste sentido, os resultados obtidos não só confirmam estas tendências, como também fornecem evidências empíricas do contexto específico das microempresas, um segmento menos explorado na literatura.[27]

No entanto, identificam-se divergências em relação ao papel das barreiras à adoção. Embora vários estudos destaquem a falta de conhecimento e recursos como obstáculos significativos à implementação das tecnologias digitais, neste estudo estas barreiras não se manifestam de forma forte ou homogênea. Esta diferença sugere que, no contexto analisado, a percepção dos benefícios pode compensar ou atenuar a influência das limitações estruturais, o que constitui uma contribuição relevante para a compreensão dos processos de adoção tecnológica nas microempresas.[28][29]

4.3. Implicações teóricas e práticas

Do ponto de vista teórico, os resultados do estudo contribuem para o reforço dos modelos de adoção tecnológica ao demonstrar que a relação entre benefícios percebidos, eficiência operacional e intenção de adoção permanece consistente nos contextos das microempresas. Em particular, a aplicabilidade do modelo TAM é ampliada ao incorporar a eficiência operacional como uma dimensão complementar que reforça a percepção de utilidade. Da mesma forma, são apresentadas evidências que sugerem que as barreiras nem sempre atuam como fatores determinantes, o que nos leva a reconsiderar o seu peso relativo dentro dos modelos tradicionais de adoção tecnológica.

Na prática, as conclusões têm implicações diretas para a gestão empresarial e o desenho de estratégias de transformação digital. Evidências de uma percepção favorável em relação à inteligência artificial sugerem a existência de um ambiente propício à implementação de soluções tecnológicas nas microempresas. Neste sentido, poderão ser desenvolvidos programas de formação e apoio técnico destinados a consolidar esta predisposição positiva, facilitando a transição para modelos de gestão mais digitalizados. Da mesma forma, a identificação da eficiência operacional como fator-chave permite que as estratégias de

adoção se concentrem em aplicações práticas que gerem resultados visíveis a curto prazo.

Adicionalmente, de uma perspectiva aplicada, os resultados abrem a possibilidade de promover esquemas de transferência de tecnologia adaptados às necessidades das microempresas, tendo em conta a sua estrutura e limitações. Isto pode incluir o desenvolvimento de ferramentas de IA acessíveis, plataformas de baixo custo e programas de financiamento que facilitem o investimento em tecnologia. Consequentemente, o estudo não só contribui para o conhecimento académico, como também oferece orientações para a implementação eficaz da inteligência artificial no setor empresarial.

4.4. Limitações e projeções futuras

Apesar das contribuições feitas, o estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas ao interpretar os resultados. Em primeiro lugar, o tamanho da amostra, composto por 40 microempreendedores, limita a capacidade de generalizar os resultados a populações mais amplas. Da mesma forma, o uso de amostragem de conveniência não probabilística restringe a representatividade dos resultados, o que pode introduzir enviesamentos associados à seleção dos participantes.

Em segundo lugar, são identificadas limitações relacionadas com a medição do contexto e da dimensão de barreiras, que apresentaram uma baixa consistência interna. Este resultado sugere a necessidade de redefinir ou expandir os itens usados para captar com mais precisão as condições que afetam a adoção da tecnologia. De uma abordagem metodológica, futuras investigações poderão incorporar análise fatorial para validar a estrutura dos construtos e melhorar a qualidade psicométrica do instrumento.

Por fim, são propostas futuras linhas de investigação destinadas a aprofundar a análise da adoção da inteligência artificial nas microempresas. Entre elas, destaca-se a necessidade de expandir o tamanho da amostra, incorporar variáveis adicionais como cultura organizacional ou liderança tecnológica, e desenvolver estudos longitudinais que permitam analisar a evolução da adoção ao longo do tempo. É também pertinente explorar o verdadeiro impacto da inteligência artificial no desempenho empresarial, passando da percepção para a medição objetiva dos resultados, o que contribuiria para fortalecer a ligação entre a investigação académica e a aplicação prática.

5.- Conclusão.

5.1. Síntese dos achados

Os resultados do estudo mostram que as microempresas analisadas apresentam uma percepção favorável da inteligência artificial, particularmente no que diz respeito à sua capacidade de gerar benefícios estratégicos e melhorar a eficiência operacional. Estas dimensões consolidam-se como fatores-chave na compreensão do fenómeno estudado, refletindo que os microempreendedores não só reconhecem

o valor potencial destas tecnologias, como também identificam a sua aplicabilidade na otimização de processos internos e na melhoria da tomada de decisão. Neste sentido, os objetivos definidos na investigação são cumpridos de forma coerente, pois é possível identificar os principais elementos que influenciam a valorização da inteligência artificial no ambiente empresarial.

Da mesma forma, observa-se que a intenção de adotar tecnologia se manifesta como uma dimensão favorável dentro do grupo analisado, o que sugere que existe uma predisposição concreta para a incorporação de ferramentas baseadas em inteligência artificial. Esta conclusão é particularmente relevante, pois evidencia uma transição da percepção para a ação potencial, o que reforça a coerência entre os resultados obtidos e a abordagem metodológica adotada. Por outro lado, a dimensão relacionada com o contexto e as barreiras não apresenta um comportamento definido, o que indica que estes fatores não são percebidos de forma homogênea, refletindo a diversidade de condições estruturais existentes nas microempresas.

5.2. Contribuições científicas e técnicas

Do ponto de vista científico, o estudo fornece evidências empíricas que reforçam a compreensão dos processos de adoção da inteligência artificial nas microempresas, um contexto que tem sido relativamente pouco explorado na literatura. Em particular, é evidente que as dimensões dos benefícios percebidos e da eficiência operacional atuam como elementos determinantes na intenção de adoção tecnológica, o que contribui para validar e expandir modelos existentes de aceitação tecnológica, como o TAM e o UTAUT, em contextos empresariais de menor escala. Desta forma, o estudo não só confirma postulados teóricos anteriores, como também os contextualiza em realidades económicas específicas.

Em termos técnicos, a investigação apresenta uma contribuição metodológica relevante ao estruturar um modelo de análise baseado em dimensões claramente definidas e avaliado por instrumentos com consistência interna adequada. Esta abordagem permite uma abordagem mais sistemática ao estudo da adoção da inteligência artificial, facilitando a sua replicabilidade noutros contextos. Da mesma forma, a integração de análises descritivas e inferenciais confere robustez aos resultados, permitindo uma interpretação mais profunda do fenómeno estudado e contribuindo para a geração de conhecimento aplicável no campo da engenharia e gestão empresarial.

5.3. Implicações teóricas e aplicações práticas

A nível teórico, os resultados do estudo reforçam a validade dos modelos de adoção tecnológica ao mostrar que a percepção dos benefícios e a eficiência operacional são fatores-chave para a aceitação da inteligência artificial. Estas evidências sugerem a necessidade de considerar estes elementos como dimensões centrais em futuros modelos conceptuais, especialmente em ambientes de microempresas. Da mesma forma, a definição limitada de barreiras à adoção

aumenta a possibilidade de rever o seu tratamento na literatura, propondo abordagens mais específicas que permitam uma captação mais precisa da diversidade de condições contextuais.

De uma perspectiva prática, os resultados do estudo apresentam implicações relevantes para a gestão empresarial e o desenho de estratégias de transformação digital. A existência de uma predisposição favorável para a inteligência artificial sugere que as microempresas poderiam beneficiar de programas destinados a reforçar a formação tecnológica e facilitar o acesso a ferramentas digitais. Neste sentido, identificam-se oportunidades para promover processos de inovação através da implementação de soluções adaptadas às necessidades deste segmento de negócio, bem como para promover políticas de apoio que reduzam as lacunas tecnológicas existentes. De forma semelhante, os resultados podem servir de base para o desenvolvimento de iniciativas de transferência de tecnologia que contribuam para melhorar a competitividade e sustentabilidade das microempresas.

5.4. Projeções e linhas de investigação futura

Apesar das contribuições feitas, o estudo destaca a necessidade de aprofundar a análise da adoção da inteligência artificial nas microempresas. Neste sentido, futuras investigações poderão expandir o tamanho da amostra e utilizar desenhos amostral probabilísticos para melhorar a representatividade dos resultados. Sugere-se também incorporar variáveis adicionais relacionadas com aspetos organizacionais, culturais e tecnológicos, de modo a enriquecer o modelo de análise e captar de forma mais abrangente os fatores que influenciam a adoção tecnológica.

De igual modo, recomenda-se desenvolver estudos longitudinais que permitam analisar a evolução da adoção da inteligência artificial ao longo do tempo, bem como investigações que integrem métodos mistos para complementar a perspetiva quantitativa com evidência qualitativa. Por fim, é pertinente explorar o impacto real da inteligência artificial no desempenho empresarial, mudando o foco da percepção para a medição objetiva dos resultados, o que reforçaria a ligação entre a investigação científica e a sua aplicação prática no ambiente empresarial.

6.- Agradecimentos (se aplicável)

Não aplicável.

7.- Contribuições dos autores (Taxonomia dos papéis dos colaboradores - CRediT)

1. Conceptualização: Jorge Meza-Clark, Leonardo Cuadrado-Sagñay
2. Curadoria de dados: Teresa Meza Clark, Leonardo Cuadrado-Sagñay
3. Análise formal: Francisco Javier Duque-Aldaz
4. Aquisição de fundos: Não aplicável.
5. Investigação: Teresa Meza Clark, Leonardo Cuadrado-Sagñay

6. Metodologia: Jorge Meza-Clark, Leonardo Cuadrado-Sagñay
7. Gestão de projetos: Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
8. Recursos: Edwin Haymacaña Moreno, Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
9. Software: Francisco Javier Duque-Aldaz
10. Supervisão: Francisco Javier Duque-Aldaz
11. Validação: Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
12. Visualização: Edwin Haymacaña Moreno, Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
13. Argumento - rascunho original: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza Clark
14. Escrita - revisão e edição: Teresa Meza Clark, Edwin Haymacaña Moreno, Francisco Javier Duque-Aldaz

8.- Apêndice.

Não aplicável.

9.- Referências.

- [1] D. Weglarz, C. Pla-Garcia e A. I. Jiménez-Zarco, "Aceitação da Inteligência Artificial Gerativa na indústria criativa: o papel do modelo UTAUT, reconhecimento e confiança na marca na sua adoção," *RETOS*, vol. 15, n.º 29, 2025.
- [2] F. J. Duque-Aldaz, E. R. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazu e F. Carrasco Choque, «Previsão do teor de humidade no processo de secagem do cacau por regressão linear simples.», *Inquide*, vol. 6, n.º 2, 2024.
- [3] V. Badenes-Plá e J. Molares-Cardoso, «Inteligência artificial perante os desafios da indústria da moda. Benefícios e aplicações na fase de comercialização e comercialização," *Razón y Palabra*, vol. 27, n.º 118, 2023.
- [4] A. Pereira, T. P. Donadon Homem e F. O. Teixeira, "Aplicação da inteligência artificial para monitorizar o uso de máscaras de proteção," *Revista Científica General José María Córdova*, vol. 19, n.º 33, 2021.
- [5] C. A. Payá-Santos, "O desempenho da inteligência em Espanha na esfera pública, empresarial e académica," *Revista Científica General José María Córdova*, vol. 21, n.º 44, 2023.
- [6] L. M. Pereira-González, A. Basantes-Andrade, M. Mora-Grijalva, e A. Galárraga-Andrade, "Dimensões latentes na adoção do ChatGPT na universidade: modelo CHASSIS," *Alteridad*, vol. 20, n.º 2, 2025.
- [7] A. Hernández Arias, «Novos cenários e ambientes organizacionais para a adoção de tecnologias disruptivas», *Compendium*, vol. 26, n.º 51.
- [8] F. J. Duque-Aldaz, F. R. Rodríguez-Flores e J. Carmona Tapia, «Identificação de parâmetros em sistemas de equações diferenciais ordinárias através do uso de redes neuronais artificiais», *Revista San Gregorio*, vol. 1, n.º 2, 2025.
- [9] H. A. Hernández, L. V. Taquez Hoyos, e D. C. Cortez Mosquera, "Uso da Inteligência Artificial na Gestão de Projetos," *RHS*, vol. 13, n.º 2, 2025.
- [10] M. Domínguez Vargas e C. P. Méndez Cruz, "Impacto da Digitalização na Eficiência das Cooperativas," *Transcend, accounting and management*, vol. 9, n.º 27, 2024.
- [11] A. Santamaría Barraza, "A Influência do Uso do Planeamento Estratégico da Capacidade Operacional na Gestão Operacional das Empresas de Logística no Panamá", *Research and Critical Thinking*, vol. 12, n.º 3, 2024.
- [12] K. Mansilla-Obando e G. R. Llanos, "Adoção de Aplicações de Micromobilidade no Chile: TAM e Consumo Colaborativo," *RETOS*, vol. 16, n.º 31, 2026.
- [13] J. Cabero-Almenara, A. Palacios-Rodríguez, J. Barroso-Osuna e C. Siles-Rojas, "Tecnologias Imersivas na Universidade: Perfis dos Docentes e Obstáculos à Sua Integração," *ITEN*, Vol. 29, N.º 1, 2026.
- [14] S. Cardona-Acevedo, A. Valencia-Arias e J. Valencia, "Tecnologias emergentes para otimizar a sustentabilidade ambiental na indústria têxtil: uma revisão sistemática," *RETOS*, vol. 16, n.º 31, 2026.
- [15] T. ALLAN, "Adoção de políticas públicas em contextos governamentais multinível: explicando as respostas provinciais à Covid-19 na Argentina," *SAAP Journal*, vol. 18, n.º 2, 2024.
- [16] M. R. Jury, "Subida do nível do Mar das Caraíbas Orientais no contexto global," *Journal of Environmental Sciences*, vol. 60, n.º 1, 2026.
- [17] E. Barrera Duque e C. Torres Castillo, "A Mentalidade do Empreendedor sobre Inovações Radicais no Contexto Colombiano: Estudos de Caso," *Estudios Gerenciales*, vol. 41, n.º 174, 2025.
- [18] G. J. Morocho Choca, L. Á. Bucheli Carpio e F. J. Duque-Aldaz, «Otimização do despacho de combustível de combustível através de regressão multivariada usando indicadores locais de armazenamento.», *Inquide*, vol. 6, n.º 2, 2024.
- [19] G. E. Castro Rosales, A. D. Torres Alvarado, L. S. Zalamea Cedeño, F. J. Duque-Aldaz e F. R. Rodríguez-Flores, «Proposta Ergonómica Abrangente para a Redução dos Riscos Musculoesqueléticos na Produção de Sabão: Uma Abordagem Baseada em Análise Estatística e Avaliação Postural,» *Inquide*, vol. 7, n.º 2, 2025.
- [20] E. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazu, F. J. Duque-Aldaz, G. F. Cabezas García y R. A. Sánchez Ancajima, Modelação em série temporal da matrícula no ensino secundário no Equador: uma análise Box–Jenkins (1971–2023), *Inquide*, 2026.
- [21] F. D. Davis, «Utilidade Percebida, Facilidade de Utilização Percebida e Aceitação da Tecnologia da

Informação pelos Utilizadores», *JSTOR*, vol. 13, nº 3, 1989.

- [22] D. Navarro, F. Suárez e S. Navajas, Perspetivas sobre Transformação Digital, Fintech e Inclusão Financeira: América Latina e Caraíbas, DID, 2025.
- [23] T. H. Davenport y R. Ronanki, «Inteligência Artificial para o Mundo Real», *Harvard Business Review*, 2018.
- [24] L. A. Zapata Aspiazu, E. Haymacaña Moreno, F. J. Duque-Aldaz, F. G. Cabezas García y R. A. Sánchez Ancajima, «ARIMA vs. Modelos Híbridos com Aprendizagem Automática para Previsão do PIB do Equador.», 2026.
- [25] V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis y F. D. Davis, «Aceitação do Utilizador da Tecnologia da Informação: Rumo a uma Visão Unificada», *MIS Quarterly*, vol. 27, nº 3, pp. 425-478, 2020.
- [26] A. C. Lustosa Rosario, B. B. Yaacov, C. Franco Segura, E. Arias Ortiz, E. Heredero, J. Botero, P. Brothers, T. Payva e M. Spies, "Transformação Digital no Ensino Superior América Latina e Caraíbas," IDB, 2021.
- [27] McKinsey Global Institute, «O estado da IA em 2025: Agentes, inovação e transformação», 2025.
- [28] J. Hirs e F. Vargas, "Prioridades para a Digitalização Empresarial na América Latina e Caraíbas," IDB, 2023.
- [29] UN. CEPAL, Superando as Armadilhas do Desenvolvimento da América Latina e do Caribe na Era Digital: O Potencial Transformador das Tecnologias Digitais e da Inteligência Artificial, ECLAC, 2025.

Eficácia das dietas de emagrecimento à base de couve roxa em pessoas com obesidade da Fundação Cleotilde Guerrero O.

Efectividad de dietas adelgazantes a base de col morada en personas con obesidad de la Fundación Cleotilde Guerrero O.

Mirian Villavicencio Párraga, ¹ Marina Arteaga Peñafiel ²; Katherine Zavala Villavicencio ³; Alex Villao Villacrés ⁴; Arellys Sornoza Arteaga ⁵; Ricardo Quimis Mantuano ⁶

Recebido: 15/03/2026 – Aceite: 19/05/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artigos de
Investigação ☒

Artigos de
Revisão ☐

Artigos de
Ensaio ☐

* Autor
correspondente.



Esta obra está licenciada sob uma licença internacional Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Partilha Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Os autores mantêm os direitos sobre os seus artigos e podem partilhar, copiar, distribuir, executar e comunicar publicamente a obra, desde que a autoria seja reconhecida, não utilizada para fins comerciais e que a mesma licença seja mantida em obras derivadas.

Resumo.

O presente estudo demonstrou os benefícios das dietas de emagrecimento baseadas em couve roxa, conhecida pelo seu conteúdo fitoquímico e antioxidante, considerada uma fonte potencialmente benéfica para a perda de peso e a melhoria da saúde metabólica. O objetivo é avaliar a eficácia das dietas de emagrecimento feitas a partir de couve roxa em pessoas com obesidade da Fundação Cleotilde Guerrero ou na cidade de Guayaquil. A investigação foi conduzida através de uma abordagem quantitativa e de um desenho quase-experimental, incluindo um grupo de participantes com excesso de obesidade que foram submetidos a um programa dietético focado na incorporação significativa de couve roxa na sua dieta diária. Os resultados revelaram que as dietas emagrentes à base de couve roxa tiveram um impacto positivo na perda de peso dos participantes. Foi observada uma diminuição significativa do índice de massa corporal (IMC) e da circunferência da cintura, sugerindo um efeito benéfico na saúde cardiovascular e metabólica. Este estudo apoia a ideia de que a couve roxa pode desempenhar um papel importante nas dietas de emagrecimento de pessoas com excesso de obesidade. No entanto, são necessárias pesquisas adicionais para compreender plenamente os mecanismos por detrás destes efeitos e determinar os padrões ótimos de consumo de couve roxa em programas de perda de peso. Este estudo da Cleotilde Guerrero O Foundation indica que dietas que incluem couve roxa podem ser eficazes para ajudar pessoas com excesso de obesidade a perder peso e melhorar a sua saúde metabólica.

Palavras-chave.

Perda de peso, massa corporal, metabolismo, nutrição, obesidade, saúde.

Resumen.

El presente estudio permitió demostrar los beneficios de las dietas adelgazantes basadas en la col morada conocida por su contenido de fitoquímicos y antioxidantes, se considera una fuente potencialmente beneficiosa para la pérdida de peso y la mejora de la salud metabólica. El objetivo es evaluar la efectividad de las dietas adelgazantes elaboradas a base de col morada en personas con obesidad de la Fundación Cleotilde Guerrero O de la ciudad de Guayaquil. La investigación se efectuó a través de un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental e incluyó a un grupo de participantes con exceso de obesidad que fueron sometidos a un programa de dieta que se centró en la incorporación significativa de col morada en su alimentación diaria. Los resultados revelaron que las dietas adelgazantes basadas en la col morada tuvieron un impacto positivo en la pérdida de peso de los participantes. Se observó una disminución significativa en el índice de masa corporal (IMC) y la circunferencia de la cintura, lo que sugiere un efecto beneficioso en la salud cardiovascular y metabólica. Este estudio respalda la idea de que la col morada puede desempeñar un papel importante en las dietas adelgazantes para personas con exceso de obesidad. Sin embargo, se requieren investigaciones adicionales para comprender completamente los mecanismos detrás de estos efectos y para determinar las pautas óptimas de consumo de col morada en programas de pérdida de peso. Este estudio en la Fundación Cleotilde Guerrero O indica que las dietas que incorporan la col morada pueden ser efectivas para ayudar a las personas con exceso de obesidad a perder peso y mejorar su salud metabólica.

Palabras clave.

Adelgazar, masa corporal, metabolismo, nutrición, obesidad, salud.

1.- Introdução

A obesidade é uma doença caracterizada por um excesso de gordura corporal que afeta a saúde física e psicológica dos indivíduos. Normalmente, é medido através do índice de massa corporal (IMC), que relaciona o peso e a altura de uma pessoa; uma pessoa é considerada obesa se o seu IMC for igual ou superior a 30 kg/m². Por outro lado, este problema não é apenas estético, mas um fator de risco importante para várias doenças crônicas, incluindo diabetes

tipo 2, doenças cardiovasculares, hipertensão e certos cânceros. Além disso, a obesidade pode levar a uma redução da qualidade de vida e aumentar os custos de saúde associados ao tratamento das suas comorbilidades. [1][2][3]

A obesidade tornou-se uma epidemia que afeta o mundo inteiro, ainda mais países desenvolvidos ou em desenvolvimento, tornando-se um fardo para a sociedade porque, segundo os estudos epidemiológicos mais recentes,

¹ Universidade de Guayaquil; mirian.villavicenciop@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-6144-9467>, Guayaquil, Equador.

² Universidade de Guayaquil; marina.arteagap@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-5378-9776>, Guayaquil, Equador.

³ Universidad Espíritu Santo; kzavala@uess.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-8888-336x>, Guayaquil, Equador.

⁴ Universidade de Guayaquil; Alex.villaov@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9143-2655>, Guayaquil, Equador.

⁵ Universidade Estadual de Milagro; Arianaarellyscristoviene@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-9675-5479>, Milagro, Equador.

⁶ Investigador externo; rit.quimis.m@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0000-3240-0947>, Guayaquil, Equador.

ultrapassam mil milhões de casos, ou seja, hoje há muito mais pessoas com excesso de peso corporal do que na antiguidade. onde havia maior atividade física porque os indivíduos estavam envolvidos em atividades como a casa e a reunião, que exigiam mais energia e uma menor ingestão de comida, onde isto era feito para sobreviver.[4]

Nos últimos anos, tornou-se um problema global de saúde pública que atingiu proporções epidémicas. Em 2022, cerca de 890 milhões de pessoas eram obesas, o que corresponde a 16% da população; em 2024, 35 milhões de crianças em idade escolar faziam parte desta condição. 60% da população adulta e 33% das crianças e adolescentes na América Latina e no Caribe eram obesos em 2025, triplicando desde 1975. Enquanto, segundo o Relatório Global de Nutrição, no Equador mais de 27% das mulheres e 17% dos homens sofrem desta doença. Isto [5] [6][7]A condição está associada a um risco aumentado de doenças crónicas, como diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e certos cancros, O que é necessário Cuidados médicos contínuos e acompanhamento para melhorar O Qualidade de vida dos indivíduos afetados.[8]

A obesidade tornou-se um dos desafios de saúde pública mais prementes a nível mundial. À medida que as taxas de obesidade continuam a aumentar, a relação entre a obesidade e estas condições adversas de saúde foi documentada em inúmeros estudos epidemiológicos e clínicos, sublinhando a necessidade urgente de enfrentar esta questão global de saúde. Dado o aumento dos casos nos últimos anos, tem sido considerada [9]Tratamentos para reduzir a obesidade, foco em várias abordagens, incluindo modificação da dieta, aumento da atividade física, terapia comportamental e, em alguns casos, cirurgia bariátrica. Neste contexto, as dietas para emagrecer tornaram-se uma estratégia comum para a gestão da obesidade, e a investigação em curso procura identificar alimentos e padrões alimentares que possam melhorar a eficácia destes programas [10].

As dietas para emagrecer geralmente envolvem a modificação controlada da ingestão calórica, resultando num défice calórico que leva à perda de peso. Estas podem variar em termos de abordagem nutricional, podendo ser baixas em hidratos de carbono e gorduras, dependendo de padrões alimentares específicos (como a dieta mediterrânica ou a dieta cetogénica), ou incorporar alimentos e nutrientes específicos com propriedades promissoras para a perda de peso e a saúde metabólica. Como programas alimentares concebidos para promover a perda de peso em pessoas com excesso de peso ou obesas, frequentemente envolvem restrição calórica, controlo de porções e seleção de alimentos com o objetivo de criar um défice calórico, levando à perda de gordura corporal. Estas podem variar bastante em termos de composição e abordagem nutricional, desde dietas baixas em hidratos de carbono a dietas pobres em gordura e dietas baseadas em padrões alimentares específicos.[11][12]

No entanto, as dietas para emagrecer não podem ser aplicadas em todos os casos, pois, para serem implementadas, devem contar com orientação de profissionais na área da saúde e nutrição, devido à presença de condições fisiológicas, metabólicas e clínicas que determinam em que casos este tipo de intervenção nutricional pode ser realizada. Além disso, é pertinente considerar aspetos como idade, historial médico, níveis de atividade física, necessidades nutricionais, pelo que é necessário um planeamento direcionado para reduzir as medidas de forma personalizada. Neste sentido, a supervisão de um profissional é necessária para garantir que o plano alimentar é adequado, equilibrado, seguro, especialmente alinhado com as necessidades dos pacientes. Por outro lado, é necessária uma avaliação constante do progresso alcançado para evitar possíveis deficiências nutricionais que favoreçam resultados saudáveis e sustentáveis.

Um dos Propostas emergentes para Perda de peso, É a exploração de alimentos específicos e dos seus componentes bioativos que pode ter um impacto positivo na redução de peso e na melhoria da saúde metabólica. Nesta busca por estratégias eficazes para combater a obesidade, os fitonutrientes, compostos bioativos presentes numa variedade de alimentos vegetais, emergiram como uma área de interesse crescente na investigação. Estes compostos demonstraram possuir várias propriedades benéficas para a saúde, incluindo antioxidantes, efeitos anti-inflamatórios e potencialmente anti-obesidade. As dietas à base de plantas fornecem calorias, hidratos de carbono, proteínas e gorduras necessárias. Além disso, fibras prebióticas e fitoquímicos que têm efeito antioxidante, vários deles são cardioprotetores. [13][14]

A exploração de alimentos específicos e componentes bioativos faz parte de uma linha de investigação relevante em engenharia, química e gastronomia que permite o desenvolvimento de estratégias nutricionais destinadas ao controlo do peso, onde a composição química dos alimentos, os processos de transformação e a estabilidade dos compostos funcionais são encontrados. Nos legumes, são usados de forma atempada. Enquanto, do ponto de vista gastronómico, obtém-se conhecimento das formas corretas de preparar, preservar e consumir alimentos para o uso total dos compostos neste sentido. O estudo dos vegetais é de interesse vital, devido às fibras de antocianina e polifenóis que regulam o metabolismo e reduzem as gorduras no corpo.

Um dos alimentos benéficos, que serve para reduzir a gordura corporal e regular o metabolismo, é a couve roxa (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*), também conhecida como couve roxa ou couve roxa, devido ao seu elevado teor de fitoquímicos e antioxidantes, como antocianinas e flavonoides, que demonstraram ter propriedades benéficas para a saúde. incluindo efeitos anti-inflamatórios e

antioxidantes. Além disso, este vegetal é uma fonte natural de antocianinas e outros fitonutrientes, destacando-se como um candidato promissor para ser incorporado em dietas de emagrecimento. [15]

A análise da literatura permite-nos conhecer o impacto das antocianinas na perda de peso e na melhoria da saúde metabólica, reportando resultados heterogêneos. Alguns estudos argumentam que os alimentos que contêm este componente levam à redução das medidas corporais e à minimização da inflamação, outros indicam que o consumo não gera um impacto significativo na ingestão calórica diária ou nas mudanças no estilo de vida. No entanto, concordam que os alimentos que contêm antocianinas têm propriedades que regulam o metabolismo e os antioxidantes. [16]

A antocianina encontrada na couve roxa regula o metabolismo energético, porque a proteína quinase ativada por AMP (AMPK) é uma enzima que gera um balanço energético celular que oxida os ácidos gordos e minimiza os lipídios, embora estes nem sempre estejam associados à perda de peso. Por outro lado, este composto influencia o recetor ativado pelos proliferadores de peroxissomas gama (PPAR-γ), que é a causa do armazenamento de tecido adiposo, apresentando um efeito regulador no metabolismo lipídico. [17] [18]

Além disso, a antocianina é relevante para as atividades antioxidantes porque reduz o stress oxidativo e a inflamação crônica no corpo, que andam de mãos dadas com a resistência à insulina e se refletem na obesidade. Assim, este componente da couve-roxa faz parte da espécie reativa de oxigénio e regula o metabolismo, acede ao controlo glicémico com a ativação de AMPK. É necessário para considerar os métodos de consumo, dosagem e características da população. [19]

Em estudos em humanos, foi provado que as antocianinas são um dos compostos presentes na couve roxa, que fornece os nutrientes necessários para alcançar a saciedade e a perda de peso. No entanto, a sua estabilidade limita-se à sua estabilidade, que é afetada pela temperatura, porque altas temperaturas geram degradação, ou seja, a perda de cor e minimizam as suas propriedades antioxidantes. Por isso, a forma como é cozinhado tem um impacto significativo, pelo que recomenda-se consumir este alimento cozido a vapor ou saltado para preservar os seus nutrientes. No caso de consumir couve salgada com vinagre ou molho de limão, isso permite-lhe manter os seus tons intensos e maior estabilidade. [20]

No entanto, apesar de existirem alimentos funcionais que reduzem a obesidade através dos nutrientes dos vegetais, como é o caso da couve roxa, que é apoiado por alguns estudos onde se identifica a presença de compostos bioativos, ainda existe uma escassez de investigação aplicada a casos específicos onde se analisa o impacto de programas alimentares direcionados a um segmento específico da população com obesidade. Apoiar a

necessidade de desenvolver estudos detalhados que permitam uma avaliação precisa dos efeitos do consumo de couve, com base na consideração de indicadores antropométricos e metabólicos que contribuam para evidenciar o potencial deste alimento como estratégia nutricional natural e funcional para o controlo do peso.

Esta investigação visa avaliar a eficácia das dietas de emagrecimento feitas a partir de couve roxa em pessoas com obesidade da Fundação Cleotilde Guerrero na cidade de Guayaquil. Especificamente, foi determinada a variação do peso corporal (kg) com a intervenção nutricional baseada no consumo de couve-roxa, avaliou-se a alteração do índice de massa corporal (IMC) na população com obesidade mórbida com a aplicação do plano nutricional, e a redução da circunferência abdominal (cm) esteve associada à redução da gordura corporal.

Neste contexto, o presente estudo, realizado na Fundação Cleotilde Guerrero O, visa colmatar esta lacuna de conhecimento. Através de um desenho de investigação cuidadosamente desenhado, será avaliada a eficácia das dietas de emagrecimento feitas a partir de couve roxa em pessoas com excesso de obesidade. Espera-se que os resultados deste estudo forneçam uma perspectiva sobre a utilidade da couve-roxa como componente alimentar na gestão da obesidade e os seus potenciais benefícios para a saúde metabólica. A investigação nesta área tem potencial para oferecer estratégias mais eficazes e personalizadas para enfrentar a crescente epidemia de obesidade e as suas consequências para a saúde pública e a qualidade de vida das pessoas

Esta investigação é justificada com base na viabilidade metodológica devido ao contributo científico feito no campo da nutrição e dos alimentos funcionais, processos anti-inflamatórios que geram melhorias visíveis e significativas nos indicadores de saúde. [21]

No caso específico do desenvolvimento da investigação em Cleotilde Guerrero O, que frequentemente apresenta pessoas com problemas de obesidade, implica a implementação de monitorização periódica dos participantes e a obtenção de informações relevantes que, na sua análise, permitam compreender os efeitos da intervenção nutricional. Da mesma forma, fornecer evidências empíricas sobre o potencial dos vegetais nas dietas para emagrecer e integrar conhecimentos em nutrição, gastronomia e engenharia química para destacar as propriedades funcionais dos alimentos e a sua aplicação em programas que promovem a saúde.

2.- Materiais e métodos.

A investigação foi realizada através de uma abordagem quantitativa e de um desenho longitudinal quase-experimental com medições pré-teste-pós-teste, de modo a avaliar os efeitos da dieta de emagrecimento à base de couve roxa em pessoas com obesidade. Este desenho permite-nos

conhecer as alterações que ocorrem em certos aspetos, antes e depois da intervenção nutricional, para comparar os resultados obtidos em diferentes momentos do processo de investigação. É importante notar que o estudo foi realizado no contexto de um programa de apoio nutricional, dirigido a pessoas obesas, pelo que foram implementadas estratégias alimentares saudáveis, como o consumo de alimentos naturais com potencial funcional.

Este estudo foi realizado como um ensaio clínico pré-teste-pós-teste, sem grupo de controlo, para investigar a eficácia das dietas de emagrecimento feitas a partir de couve roxa em pessoas com obesidade: um estudo realizado na Fundação Cleotilde Guerrero O, com uma população de estudo, foi selecionada entre aqueles que procuraram assistência médica na Fundação Sra. Cleotilde Guerrero O no setor da Isla Trinitaria, Guayaquil corresponde a 50 adultos, na sua maioria diagnosticados com obesidade mórbida, com idades entre os 30 e os 65 anos. No entanto, a amostra para realizar a intervenção foi reduzida para 15 pessoas, devido a aspetos como: abandono voluntário do processo, falta de presença nos controlos e incumprimento dos critérios de inclusão que se referem ao não cumprimento do plano alimentar. Desta forma, uma amostra probabilística foi considerada por conveniência.

Deve notar-se que a amostra não foi calculada formalmente, o que gera limitações na condução do estudo e pode afetar a representatividade dos resultados e a sua generalização.

Os critérios de inclusão permitidos considerando adultos que atualmente têm diagnóstico de obesidade de acordo com o índice de massa corporal. De acordo com os parâmetros estabelecidos por organizações internacionais de saúde em adultos, corresponde a valores iguais ou superiores a 30 kg/m². Na mesma medida, são tidos em conta aspetos éticos fundamentais, consentimento informado para a realização das avaliações agendadas nos períodos de intervenção e a confidencialidade dos dados obtidos. Na caracterização da amostra, foram consideradas variáveis demográficas, como a idade e o género dos participantes, o que permitiu realizar uma análise baseada na distribuição segundo o grupo etário, para conhecer a influência no comportamento metabólico e a resposta dos organismos à intervenção nutricional destinada à perda de peso corporal.

Foram consideradas variáveis antropométricas, que permitem evidência do estado nutricional e da composição corporal dos participantes, como peso corporal, altura, índice de massa corporal e circunferência abdominal, utilizando balanças digitais equilibradas com capacidade até 150 kg e precisão igual ou superior a 0,1 kg, de modo a garantir a exatidão dos valores obtidos. Os mesmos que eram obtidos nas horas da manhã usando roupa leve. Entretanto, a altura foi obtida através de um medidor de altura com precisão igual ou superior a 0,1 cm, onde os participantes foram colocados em posição vertical e com os pés juntos, como parte dos protocolos para que as medições

antropométricas sejam classificadas numa categoria:

Tabela 1 Índice de massa corporal

IMC MIN	IMC MAX	Categoria	Diagnóstico nutricional
0	18,49	Baixo peso	---
18,5	24,99	Normal	Q---
25	29,99	Excesso de peso	---
30	34,99	Obesidade Ligeira	1
35	35,99	Obesidade Média	2
40	A partir de agora	Obesidade Mórbida	3

Fonte: Dados obtidos de Vinuesa et al., 2023.[22]

Os valores obtidos na medição de pesos e alturas permitiram o cálculo do índice de massa corporal, que é um dos indicadores usados para determinar o estado nutricional em adultos, para o qual foi considerada a relação entre peso em quilogramas e o quadrado da altura expresso em metros, como mostrado na equação:

$$IMC = \text{peso (kg)} / \text{altura}^2 (\text{m}^2) (1) \text{.. [23] [24]}$$

A circunferência abdominal foi obtida com a ajuda de uma fita métrica antropométrica flexível colocada na região abdominal, ao nível do umbigo, onde os participantes estão de pé e respiram normalmente. Esta variável é importante porque é um dos indicadores que permite evidência do acumular de gordura abdominal associada a um risco significativo de doenças metabólicas e cardiovasculares. O procedimento foi realizado durante vários momentos de avaliação. O primeiro controlo foi realizado em agosto, onde são registadas as variáveis demográficas, antropométricas e laboratoriais referidas na medição inicial.

Após a recolha de informações, o plano nutricional baseado na couve roxa foi elaborado, sendo preparado tendo em conta dados como pesagem e medição, considerando que corresponde maioritariamente a uma população adulta mais velha, onde outros alimentos como: hidratos de carbono, legumes, gorduras e frutas são combinados para alcançar um equilíbrio na dieta diária. No entanto, o protagonista é couve roxa em várias apresentações, crua em salada ou cozida a vapor, salteada, natas e sopas integradas no almoço e snacks, correspondendo a um consumo diário de 150 gr – 250 gr/dia, referindo-se a uma ou duas chávenas que fornecem a fibra que o corpo necessita para uma digestão ótima, Gera saciedade e favorece o défice calórico necessário para reduzir as medidas.

Tabela 2 Plano nutricional à base de couve roxa

Pequeno-almoço	Meio da manhã	Almoço	Meio da tarde	Lanche
----------------	---------------	--------	---------------	--------

Segunda-feira	1 chávena de aveia em água, 4 pedaços de papaia	1 maçã verde	60gr de frango grelhado, 1 chávena de salada de couve vermelha 1/2 chávena de arroz integral	1 x iogurte natural de copo de 250ml	250 ml de creme de couve roxa 1 A cozinhar ovo
Terça-feira	1 ovo cozido 2 fatias de pão integral torrado 1 chávena de chá	1 pêra	60 grões de peixe grelhado ou cozido a vapor 2 chávenas de couve roxa com molho de limão. 1 batata pequena, cozida.	1 chávena de chá 2 bolachas integrais	1 chávena de salada de couve roxa 60 grãos de atum em água
Quarta-feira	1 chávena de lentilhas cozidas 1 chávena de salada de repolho vermelha.	1 banana pequena	1 chávena de lentilhas cozidas 1 chávena de salada de repolho vermelha.	1 maçã verde	1 chávena de couve vermelha 1 chávena de frango ralado cozinhado em água.
Quinta-feira	60 gr de carne estufada 1 chávena de couve roxa	1 laranja	60 gr de carne estufada 1 chávena de couve roxa	1 chávena de iogurte	250 ml de sopa de couve roxa com legumes
Sexta-feira	250 ml de creme de couve roxa	4 pedaços de papaia	60 grãos de atum em água 1 chávena de salada de couve roxa 1 chávena de arroz integral	1 chávena de chá 2 bolachas integrais	250 ml de creme de couve roxa
Sábado	1 chávena de salada de couve roxa 1 ovo mexido	1 maçã verde	60 grãos de frango cozido 1 chávena de couve roxa 1 batata pequena cozida	1 chávena de chá de camomila	1 chávena de salada de couve roxa 1 ovo mexido
Domingo	1 chávena de papas de aveia em água 1 banana pequena	4 pedaços de melão	60 grãos de peixe ao forno, 1 chávena de couve roxa 1 chávena de arroz integral	1 chávena de iogurte	250 ml de sopa de couve roxa com legumes,

Fonte: Este plano nutricional é adaptado às necessidades dos participantes da Fundação Cleotilde Guerrero O, que é mantida sob pressão e monitorização da glicose. A duração é de 4 semanas, por isso sugere-se que na semana 2 a 4 o participante possa continuar com a mesma sequência, ou variar os dias sem repetir os mesmos dias durante a semana.

Além disso, hábitos alimentares necessários, como controlo das porções e consumo de alimentos naturais, foram geralmente recomendados para alcançar uma maior adesão dos participantes à dieta estabelecida. A segunda avaliação será realizada em setembro para registar informações atualizadas sobre variáveis antropométricas e laboratoriais, que permitam comparar com os resultados obtidos no início e conhecer a variação entre antes e depois da implementação da dieta com base no consumo de couve roxa. Isto permitirá saber se foram obtidas alterações em termos de peso corporal, índice de massa corporal, circunferência abdominal.

Embora o consumo dos alimentos estabelecidos no plano nutricional seja realizado, onde se enfatiza o consumo diário de couve roxa, não houve um controlo rigoroso da ingestão calórica diária dos participantes, nem um registo detalhado dos macronutrientes; a intervenção enfatiza a integração da couve como alimento funcional numa dieta equilibrada. Portanto, os resultados obtidos podem ser influenciados não só pelo consumo deste vegetal, mas também pelo consumo total de energia.

A fiabilidade das medições antropométricas: foram realizados procedimentos padronizados para realizar o processo de reconexão da informação, ou seja, antes da medição, o equipamento utilizado para realizar as atividades era verificado e calibrado. Por outro lado, os participantes foram avaliados em condições semelhantes. Ou seja, considerar horários semelhantes nas sessões de controlo para evitar alterações nos resultados, bem como a ingestão imediata de comida ou o desempenho de alguma atividade física intensa que possa afetar a avaliação.

É importante notar que as medições foram realizadas com a ajuda de pessoal treinado na área e seguindo os protocolos relevantes para estudos antropométricos em participantes adultos, de modo a reduzir erros na medição e garantir que os dados recolhidos são consistentes nas diferentes fases.

Os dados obtidos foram registados numa base de dados com o auxílio da ferramenta de automação de escritório Microsoft Excel para processar inicialmente a informação recolhida; a revisão e purificação dos dados registados foram realizadas antes do processamento estatístico. A classificação por classes da informação de acordo com as variáveis demográficas e antropométricas, de modo a facilitar a sua análise e interpretação. Isto permitiu que a informação fosse estruturada de forma ordenada e sistemática.

De seguida, foi realizada uma análise estatística no Microsoft Excel onde se consideraram estatísticas descritivas para a análise de variáveis demográficas e antropométricas, para comparar os valores obtidos inicialmente e, finalmente, para fazer um diagnóstico e identificar alterações nos indicadores avaliados. A duração limitada do estudo foi reconhecida como uma possível limitação e a necessidade de um seguimento a longo prazo

para compreender melhor os efeitos das dietas de emagrecimento feitas a partir de couve roxa.

As considerações éticas tidas em conta para a recolha de informação e o desenvolvimento deste processo de investigação estão enquadradas nos princípios éticos estabelecidos para a investigação com a ajuda de seres humanos, onde os participantes foram informados sobre os objetivos e passos a desenvolver, comprometeram-se a participar voluntariamente, garantindo ainda a confidencialidade dos dados obtidos, que serão utilizados para fins científicos e académicos. Na mesma medida, a Fundação Cleotilde Guerrero O autorizou a realização do estudo nas suas instalações

3.- Resultados.

Os resultados obtidos consideraram variáveis demográficas, antropométricas e bioquímicas, realizadas com a ajuda dos participantes da Fundação Cleotilde Guerrero. A amostra foi composta por 15 pessoas, maioritariamente com problemas de obesidade, e participou na primeira avaliação correspondente a 31 de agosto de 2023 pela manhã, o que levou à obtenção da seguinte informação:

Tabela 3 Avaliação inicial dos participantes

Partic.	Idade	Data de Nascimento Y-MM-DD	Peso (Kg)	Tamanho (Mts)	Circunferência da cintura (cms)
P1	57	1965-07-18	87,70	1,56	108,00
P2	32	1990-01-06	74,84	1,41	102,00
P3	40	1981-12-20	84,37	1,54	104,00
P4	51	1971-07-30	81,64	1,43	102,00
P5	56	1966-08-12	81,65	1,51	98,00
P6	48	1973-12-12	75,75	1,53	96,00
P7	62	1960-05-21	84,75	1,70	107,00
P8	63	1959-07-20	70,76	1,59	88,00
P9	56	1965-11-28	56,70	1,41	94,00
P10	48	1973-10-17	86,50	1,43	114,00
P11	27	1995-06-02	67,10	1,48	81,00
P12	25	1998-05-22	93,89	1,59	105,00
P13	53	1970-11-27	57,60	1,55	108,00
P14	52	1963-04-18	63,50	1,50	88,00
P15	52	1971-04-07	100,24	1,48	107,00

Fonte: dados obtidos durante a avaliação e ponderação dos participantes da Fundação Cleotilde Guerrero O, datados de 31 de agosto de 2023.

A base de dados especifica os valores obtidos durante o processo inicial de recolha de dados, tais como: idade, data de nascimento, sexo, peso, altura e medidas abdominais de cada participante. Os mesmos que nos permitiram gerar uma visão abrangente das condições em que os pacientes desta fundação se encontravam antes da implementação da couve roxa no seu plano alimentar diário. Foi constatado que 93,33% dos participantes correspondem ao género feminino, com idades entre os 27 e os 63 anos, correspondendo assim a pessoas do grupo etário adulto.

As variáveis antropométricas foram contrastadas com o Índice de Massa Corporal (IMC) para adultos entre os 18 e os 75 anos, para determinar o tipo de intervenção nutricional acompanhada de atividade física exigida pelos participantes, mostrado abaixo:

Tabla 4 Avaliação e diagnóstico das necessidades dos participantes

#	IMC	DIAGNÓSTICO	DIETA	ATIVIDADE
1	56,218	Obesidade	Hipocalórico	Requer
2	53,078	Obesidade	Hipocalórico	Requer
3	54,786	Obesidade	Hipocalórico	Requer
4	57,091	Obesidade	Hipocalórico	Requer
5	54,073	Obesidade	Hipocalórico	Requer
6	49,510	Obesidade	Hipocalórico	Requer
7	49,853	Obesidade	Hipocalórico	Requer
8	44,503	Obesidade	Hipocalórico	Requer
9	40,213	Obesidade	Hipocalórico	Requer
10	60,490	Obesidade	Hipocalórico	Requer
11	45,338	Obesidade	Hipocalórico	Requer
12	59,050	Obesidade	Hipocalórico	Requer
13	37,161	Obesidade	Hipocalórico	Requer
14	42,333	Obesidade	Hipocalórico	Requer
15	67,730	Obesidade	Hipocalórico	Requer

Fonte: Diagnóstico feito a partir do IMC em contraste com as alturas e pesos obtidos junto dos participantes da Fundação Cleotilde Guerrero

100% têm obesidade tipo III ou obesidade mórbida porque o seu IMC > 40,21. Por isso, apresentam problemas como diabetes tipo II, problemas cardiovasculares, hipertensão, dores articulares e síndromes metabólicas. Assim, a informação encontrada permitiu estabelecer um cronograma que será posteriormente utilizado para comparar os resultados, uma vez aplicada a intervenção da dieta à base de couve roxa. Subsequentemente, foi realizada a segunda avaliação considerando os mesmos aspetos, calendário e condições semelhantes à anterior, a 29 de setembro de 2023, após a intervenção com a dieta baseada em couve roxa, os valores obtidos incluem:

Tabla 5 Segunda avaliação dos participantes

Partic.	Edad	Data de Nascimento A-MM-DD	Peso (Kg)	Tamanho (Mts)	Circunferência da cintura (cms)
P1	57	1965-07-18	87,70	1,56	105,00
P2	32	1990-01-06	74,84	1,41	92,00
P3	40	1981-12-20	84,37	1,54	103,00
P4	51	1971-07-30	81,64	1,43	104,00
P5	56	1966-08-12	81,65	1,51	96,00
P6	48	1973-12-12	75,75	1,53	92,00
P7	62	1960-05-21	84,75	1,70	104,00
P8	63	1959-07-20	70,76	1,59	85,00
P9	56	1965-11-28	56,70	1,41	86,00
P10	48	1973-10-17	86,50	1,43	110,00
P11	27	1995-06-02	67,10	1,48	79,00
P12	25	1998-05-22	93,89	1,59	96,00
P13	53	1970-11-27	57,60	1,55	105,00
P14	52	1963-04-18	63,50	1,50	81,00
P15	52	1971-04-07	100,24	1,48	112,00

Fonte: dados obtidos durante a avaliação e ponderação dos participantes da Fundação Cleotilde Guerrero O, datados de 29 de setembro de 2023.

Uma vez realizada a intervenção com o plano nutricional à base de couve roxa em 4 semanas, estas representam alterações significativas que são evidenciadas no peso e na circunferência abdominal, conforme mostrado abaixo:

Tabla 6 Variação de peso (KG) e circunferência abdominal (cm)

PESO	CIRCUNFERÊNCIA DA CINTURA
------	---------------------------

	Inicial	Final	Variación (kg)	Inicial	Final	Variación (cm)
P1	87,70	82,00	-5,70	108	105	3
P2	74,84	74,00	-0,84	102	92	10
P3	84,37	87,00	2,63	104	103	1
P4	81,64	83,00	1,36	102	104	-2
P5	81,65	81,00	-0,65	98	96	2
P6	75,75	74,00	-1,75	96	92	4
P7	84,75	82,00	-2,75	107	104	3
P8	70,76	69,00	-1,76	88	85	3
P9	56,70	58,00	1,30	94	86	8
P10	86,50	84,00	-2,50	114	110	4
P11	67,10	65,00	-2,10	81	79	2
P12	93,89	85,00	-8,89	105	96	9
P13	57,60	85,00	27,40	108	105	3
P14	63,50	65,00	1,50	88	81	7
P15	100,24	81,00	-19,24	107	112	-5

Fonte: Os dados foram obtidos a partir da pesagem dos participantes e dos processos com a ajuda da ferramenta Microsoft Excel, utilizando a fórmula, variação (peso ou perímetro final – peso inicial do perímetro).

A Fig. 1 mostra as variações obtidas nos 15 participantes após a intervenção do plano nutricional, o que indica uma tendência geral para uma redução do peso e da circunferência abdominal dos participantes, observando-se uma maior diminuição nas medições da variável de circunferência abdominal.

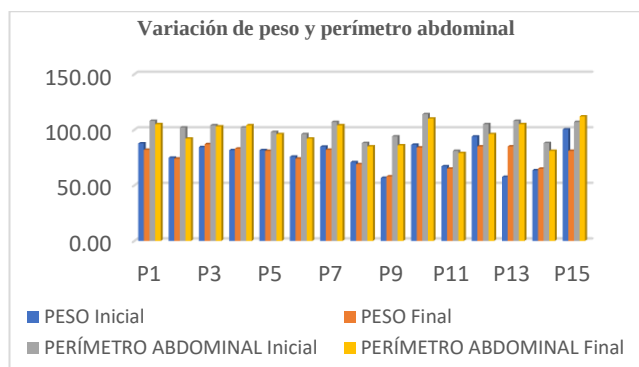


Fig. 1 Variações de peso (Kg)

Na mesma medida, a apresentação dos dados nesta matriz facilitou o processamento estatístico para conhecer as tendências no início e após a intervenção com a dieta à base de couve roxa, com base no peso dos participantes de acordo com o seu sexo, bem como na circunferência abdominal que mostra as alterações comparando as medidas obtidas e determinando o impacto das alterações observadas na os participantes da Fundação Cleotilde Guerrero O:

Tabla 7 Análise estatística de variáveis antropométricas

	Peso	Perímetro
Media	-0,80	-3,47
Desvio Padrão (SD)	9,490946413	3,96
Intervalo de confiança (IC) de 95%	2,450551826	1,022912121
Cohen's	-0,084220614	-0,875040452

Fonte: dados obtidos usando fórmulas do Microsoft Excel = média (diferença de peso ou perímetro dos participantes 1: diferença de peso dos participantes ou perímetro 15), = DESVEST. M (diferença de peso ou perímetro do participante 1: diferença de peso ou perímetro do participante 15), =DESVEST. M(diferença de peso ou participante do perímetro 1: diferença de peso ou participante do perímetro 15)

/ROOT(#PARTICIPANTES)), = DIFERENÇA MÉDIA de peso ou peso ou perímetro de desvio PADRÃO ou perímetro.

Foi constatada uma redução no peso corporal dos participantes da Fundação Cleotilde Guerrero O, com uma diferença média de $0,80 \text{ kg} \pm 9,49$. Esta diminuição revela uma elevada variabilidade entre os participantes. O intervalo de confiança (IC) de 95% foi aproximadamente de -3,25 a 1,65 kg, o que mostra que esta alteração é inconclusiva. Na mesma medida, o tamanho do efeito calculado através da estatística de Cohen foi $d=0,08$, o que se refere a um efeito muito pequeno.

Por outro lado, a circunferência abdominal mostra uma diminuição na média de $-3,47 \text{ cm} \pm 3,96 \text{ cm}$, o que mostra uma tendência para reduzir as medições de forma mais consistente. O intervalo de confiança (IC) de 95% obtido varia entre -4,49 e -2,45 cm, o que sugere maior precisão na estimativa. Enquanto o tamanho do efeito foi $d= -0,88$, o que mostra um grande efeito e refere-se a um impacto relevante na intervenção nutricional.

Por outro lado, para determinar que a diferença no grupo avaliado é real ou aleatória, é pertinente realizar um teste Student t para amostras relacionadas, onde foi obtido o seguinte:

Tabla 8 Teste T para amostras relacionadas

	Peso		Circunferência da cintura	
Media	77,0921429	76,6428571	99,5714286	96,0714286
Variância	168,223695	84,5549451	85,3406593	113,60989
Observações	14	14	14	14
Coefficiente de correlação de Pearson	0,66134596		#N/A	
Diferença hipotética das médias	0		0	
Graus de liberdade	13		13	
Estatística t	0,17244928		3,18703238	
P(T<=t) uma cola	0,43287007		0,00357186	
Valor crítico de t (uma cauda)	1,7709334		1,7709334	
P(T<=t) dos colas	0,86574014		0,00714372	
Valor crítico de t (das colas)	2,16036866		2,16036866	

Fonte: Dados obtidos usando Microsoft Excel, dados, teste t para meios de duas amostras emparelhadas.

Os resultados obtidos na análise de dados descritivos, especificamente o teste Student t para amostras relacionadas, permitem-nos determinar que o peso corporal se refere a um valor de 0,86. Ou seja, não representa uma diferença significativa ($p>0,05$). Por outro lado, a circunferência abdominal refere-se a um resultado de 0,007 que mostra uma redução significativa e leva a associar a intervenção nutricional à diminuição do tecido adiposo.

4.- Discussão

A investigação realizada mostra as variações nos aspetos antropométricos dos participantes após a intervenção nutricional baseada na couve-roxa. Foram observadas alterações relacionadas com o peso variável e a circunferência abdominal, que se referem a indicadores significativos na avaliação realizada para alcançar a redução de peso em indivíduos com obesidade. Os resultados podem indicar que os alimentos que apresentam compostos bioativos num plano alimentar proposto por profissionais da área e de acordo com as necessidades individuais permitem melhorar os parâmetros relacionados com o excesso de peso. Alguns estudos sugerem que dietas em que vegetais com compostos antioxidantes e fibra são usados geram uma perda de peso corporal devido à saciedade que provoca e que contribui para acelerar o metabolismo. [25][26]

Os resultados estão alinhados com o cumprimento do objetivo proposto, que inclui a análise da eficácia da dieta de emagrecimento à base de couve roxa na Fundação Cleotilde Guerrero O. Assim, o vegetal com um tom roxo pode contribuir para a perda de peso, devido ao seu elevado teor de antioxidantes, como antocianinas e flavonoides, que têm efeitos benéficos no metabolismo e na queima de gordura. Além disso, o seu elevado teor de fibra alimentar pode promover a saciedade e reduzir a ingestão calórica total. Recomenda-se o consumo destes alimentos para reduzir a obesidade e o excesso de peso. Além disso, previne doenças derivadas do excesso de gordura corporal. [27][28] [29]

Os resultados são consistentes com pesquisas anteriores que podem indicar que o consumo de vegetais como uma proposta alimentar funcional baseada em produtos naturais pode ser considerado na dieta hipocalórica para reduzir a adiposidade no corpo e, nos últimos anos, tem feito parte das estratégias dos especialistas em nutrição para prevenir doenças crônicas. Em particular, os compostos bioativos que emergem da família Brassica afetam o processo fisiológico e controlam o peso dos indivíduos. [30]

A análise estatística descritiva leva a identificar o comportamento das variáveis antropométricas que foram avaliadas nos participantes com as medições feitas para o seu efeito, foi considerado o processamento da informação através do Microsoft Excel e o cálculo das tendências e dispersões centrais que se referem a: média, desvio padrão, valores mínimos e máximos de aspetos como peso corporal, altura e circunferência abdominal. Os resultados mostram valores elevados de índice de massa corporal em todos os participantes, superiores a 40 kg/m², o que sugere um trabalho de obesidade tipo 3, de acordo com os critérios indicados por *Organização Mundial da Saúde* Também é considerado obesidade mórbida. Quando foram encontrados casos de obesidade grave entre os frequentadores da Fundação Cleotilde Guerrero O, destacou-se a necessidade de considerar a aplicação de uma intervenção nutricional destinada à redução e controlo do peso. Consequentemente,

a análise descritiva mostra um impacto positivo devido à intervenção dietética baseada na Couve Roxa. [31]

A análise é comparativa dos resultados obtidos, sugerindo que o consumo de vegetais que apresentam compostos fenólicos pode contribuir para a redução dos indicadores associados à obesidade, que, devido ao stress oxidativo, gerou um tecido adiposo proeminente. Embora a maioria dos estudos realizados tenha sido realizada em contextos generalizados, há evidências limitadas que apoiem a viabilidade de intervenções alimentares numa população específica. [32]

Portanto, os resultados apoiam a premissa sobre os benefícios para a saúde, devido à perda de peso, consumir couve roxa pode proporcionar benefícios adicionais para a saúde, como a redução do risco de doenças cardiovasculares e a melhoria da saúde digestiva devido ao seu teor de antioxidantes e fibra. Na mesma medida, causa uma melhor autoestima e minimiza os traços depressivos. [33]

Sustentabilidade a longo prazo, é importante notar que, embora este estudo apresente resultados promissores, é necessário reforçar mais investigação para determinar a sustentabilidade a longo prazo das dietas de emagrecimento à base de couve roxa. A adesão a este tipo de dieta ao longo do tempo e os seus efeitos a longo prazo podem reduzir significativamente as estatísticas de obesidade e excesso de peso a nível global.

Por outro lado, outros aspetos considerados como tendo um impacto favorável na perda de peso foram a personalização e supervisão, é de vital relevância, embora a couve roxa possa ser benéfica na perda de peso, é fundamental ter em mente a importância da personalização da dieta e da supervisão médica. As necessidades nutricionais podem variar entre indivíduos, sendo essencial adaptar dietas para emagrecer de acordo com as características e necessidades específicas de cada pessoa. [34] [35]

O estudo permitiu realizar uma análise do impacto das dietas à base de couve roxa num grupo de participantes da Fundação Cleotilde Guerrero O, onde foram consideradas variáveis antropométricas como peso corporal, índice de massa corporal, altura e circunferência abdominal. Assim, através da análise dos dados recolhidos no período de intervenção, identificou-se que alguns indicadores apresentam problemas, nomeadamente o peso e a circunferência abdominal. Fatores que apoiaram a integração de alimentos nutritivos num plano alimentar que permite o controlo de peso em pessoas obesas.

Além disso, o plano nutricional foi acompanhado pela recomendação de realizar atividade física de aproximadamente 30 minutos por dia, por exemplo, caminhar, correr, subir escadas, que são exercícios básicos recomendados para pessoas do grupo etário intermédio, as mesmas que têm um gasto calórico entre 120 e 200 kcal por

sessão realizada. No entanto, não foi realizado um controle detalhado ou quantificado da conformidade com este parâmetro sugerido. Portanto, não é possível especificar a influência das atividades físicas nos resultados obtidos. Portanto, isto pode ter atuado como uma variável de confusão que influencia a redução de peso.

Os resultados estão alinhados com o objetivo do estudo, que visa avaliar os benefícios da couve-roxa como estratégia nutricional para reduzir medidas. No entanto, os dados obtidos não são generalizáveis a toda a população porque constituem evidência exploratória num contexto comunitário. A investigação realizada permite minimizar a lacuna na literatura através da análise da aplicação de uma dieta baseada na couve-roxa, considerando um contexto específico e real para implementar uma proposta nutricional inovadora e de baixo custo. Do ponto de vista da engenharia química aplicada à gastronomia, a investigação aborda a interpretação da composição química dos alimentos e associa-a ao impacto do consumo na saúde humana. Assim, a presença de compostos ativos nas plantas corresponde a uma linha de investigação necessária e relevante para o desenho de estratégias alimentares que visem melhorar a qualidade de vida dos indivíduos, independentemente da sua idade. [36]

É importante reconhecer que as limitações para o desenvolvimento do estudo devem ser consideradas para interpretar os dados obtidos. Por outras palavras, a intervenção realizada corresponde a um curto período de implementação e avaliação, que afeta a avaliação dos efeitos a longo prazo e a determinação dos benefícios da dieta em relação aos indicadores de saúde. Além disso, os hábitos alimentares diários, o índice de atividade física e outras características apresentadas pelos participantes podem afetar a resposta à intervenção nutricional realizada e gerar alterações nos resultados. Além disso, os hábitos alimentares diários, o índice de atividade física e outras características apresentadas pelos participantes podem afetar a resposta à intervenção nutricional realizada e gerar alterações nos resultados observados. [37] [38]

Em pesquisas futuras, deve ser considerado um maior número de participantes e períodos variáveis para monitorizar e determinar mudanças a longo prazo. Os resultados encontrados reforçam a ideia da importância de promover o consumo de alimentos naturais que apresentam compostos bioativos, como estratégia para incentivar uma alimentação equilibrada e saudável. Desta forma, a informação obtida em nutrição, gastronomia e engenharia química permite a geração de propostas inovadoras baseadas em evidências científicas [39]

Abordando o nível de adesão e adesão à dieta por parte dos participantes. Os efeitos na saúde e na perda de peso, que são importantes para estabelecer os possíveis efeitos das dietas de emagrecimento à base de couve roxa na saúde geral dos participantes, onde foram observadas melhorias em marcadores de saúde como níveis de glicose no sangue,

lípidos no sangue ou pressão arterial, Os resultados reportaram efeitos adversos associados ao consumo de couve roxa.

Deve notar-se que os resultados obtidos não são generalizáveis a toda a população adulta ou idosa com obesidade 3 ou mórbida, uma vez que o tamanho da amostra é pequeno e foi selecionado por conveniência. No entanto, a informação apresentada mostra dados importantes num contexto comunitário onde não são frequentemente explorados. Por isso, pode ser classificado como exploratório porque conduz à identificação das alterações que podem estar associadas à implementação de um plano nutricional baseado na couve roxa. Para que possa servir de base para novas investigações com um desenho mais representativo para verificar os resultados obtidos.

5.- Conclusão.

O estudo fornece apoio científico para a relevância de alimentos naturais que possuem propriedades funcionais no contexto da nutrição. A colorada, devido ao seu elevado nível de nutrientes, compostos bioativos e fibra alimentar, é um vegetal com potencial para ser implementado em programas de alimentação saudável direcionados a qualquer setor da população que tenha problemas de excesso de peso ou obesidade. Com base no que foi descoberto, pode especificar-se que a investigação contribui significativamente para expandir o conhecimento sobre o uso dos alimentos. Em intervenções nutricionais.

A ligação que existe ao integrar nutrição, gastronomia, engenharia química para a análise dos alimentos e dos benefícios para a saúde humana, permite estruturar estratégias alimentares que melhoram a qualidade de vida da população.

Do ponto de vista prático, os resultados recolhidos mostram que a couve roxa é um vegetal que pode ser implementado num programa de intervenção nutricional não só para pessoas com obesidade, mas também para aquelas com problemas de controlo de peso, minimizando a existência de doenças no futuro. No entanto, é importante notar que as dietas para emagrecer devem ser concebidas com base num diagnóstico personalizado, onde haja informação suficiente para determinar se o consumo diário de alimentos é adequado, tendo em conta fatores como a idade, saúde e características metabólicas.

Por fim, recomenda-se que, em futuras investigações, a população estudada seja expandida, bem como os períodos de intervenção, e até a integração de outras variáveis que permitam uma avaliação mais precisa, por exemplo, considerando indicadores bioquímicos e metabólicos que complementam a avaliação antropométrica e permitem otimizar a implementação de estratégias alimentares equilibradas.

6.- Contribuições dos autores (Taxonomia dos papéis dos colaboradores - Crédito)

1. Conceptualização: Marina Arteaga Peñafiel
2. Curadoria de dados: Katherine Zavala Villavicencio
3. Análise formal: Alex Villao Villacrés
4. Aquisição de fundos: Arelys Sornoza Arteaga
5. Investigação: Ricardo Quimis Mantuano & Marina Arteaga Peñafiel
6. Metodologia: Katherine Zavala Villavicencio
7. Gestão de projetos: Alex Villao Villacrés
8. Recursos: Arelys Sornoza Arteaga
9. Software: Alex Villao Villacrés
10. Supervisão: Marina Arteaga Peñafiel
11. Validação: Katherine Zavala Villavicencio
12. Visualização: Katherine Zavala Villavicencio
13. Escrita - rascunho original: Mirian Villavicencio Párraga.
14. Escrita - revisão e edição: Mirian Villavicencio Párraga.

7.-Referências.

- [1] C. D. Sánchez, "O estigma da obesidade e o seu impacto na saúde: uma revisão narrativa," *Endocrinology, Diabetes and Nutrition*, vol. 69, nº 10, pp. 868-877, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2021.12.002>
- [2] Y. A. González e D. D. L. Vega, "Eficácia da atividade física na prevenção e tratamento da obesidade: uma revisão da literatura," *Digital Journal: Physical Activity and Sport*, vol. 10, nº 1, 2023. <https://doi.org/10.31910/rdafd.v10.n1.2024.2516>
- [3] S. R. León e C. B. E. Jiménez, *Obesidade: atribuição causal e estigmatização*, Cidade do México: UNAM, Faculdade de Psicologia, 2025.
- [4] D. Micic, S. Polovina e V. Yumuk, "Uma Breve História da Obesidade," *Acta Endocrinológica (Bucaresta)*, vol. 20, nº 2, pp. 207-211, 2024. <https://doi.org/10.4183/aeb.2024.207>
- [5] Organização Mundial da Saúde, "Obesidade e Excesso de Peso", Organização Mundial da Saúde, 08 de dezembro de 2025. [Online]. Disponível: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. [Consultado a 03 de março de 2026].
- [6] Organização Pan-Americana de Saúde, "Dia Mundial da Obesidade: Um Desafio Global - OPS/OMS | Organização Pan-Americana da Saúde," Organização Pan-Americana da Saúde, 03 de março de 2025. [Online]. Disponível: <https://www.paho.org/es/noticias/3-3-2025-dia-mundial-obesidad-desafio-global>. [Consultado a 05 de março de 2026].
- [7] Relatório Global de Nutrição, "Relatório Global de Nutrição | Perfis de Nutrição por País - Relatório Global de Nutrição," Relatório Global de Nutrição, 2025. [Online]. Disponível: <https://globalnutritionreport.org/resources/nutrition-profiles/latin-america-and-caribbean/south-america/ecuador/>. [Consultado a 05 de março de 2026].
- [8] S. A. Ramirez, C. G. P. Benavides, B. J. D. Guacho e U. J. R. Planta, "Obesidade em idosos, riscos e consequências," *RECIAMUC*, vol. 6, nº 1, pp. 319-331, 2022. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(1\).Janeiro.2022.319-331](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(1).Janeiro.2022.319-331)
- [9] J. Joseph, V. Pradeep y Nisha, «Impacto de um Pacote de Informação, Educação e Comunicação no Conhecimento, Atitude e Qualidade de Vida Relativamente à Obesidade entre Estudantes Universitários em Kerala: Um Estudo de Métodos Mistos,» *Social Medicine*, vol. 19, nº 1, pp. 80-89, 2026. <https://doi.org/10.71164/socialmedicine.v19i1.2026.2123>
- [10] M. San Martín, *Transformação Saudável: Enfrentar a Obesidade com um Método Personalizado para Perder Peso*, Buenos Aires: Tercero en discordia, 2025.
- [11] F. Arrieta e P. Botet, «Reconhecer a obesidade como doença: um desafio», *Revista Clínica Española*, vol. 221, nº 9, pp. 544-546, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2020.08.003>
- [12] B. Carpenter, *Hábitos Saudáveis para a Perda de Peso*, Buenos Aires: Urano, 2026.
- [13] J. V. L. Montoya e C. D. A. Robles, "Índices antropométricos como preditores de obesidade e risco metabólico em adolescentes de Loja," *Scientific Journal of Health Sciences*, vol. 16, nº 2, pp. 52-60, 2023. <https://doi.org/10.17162/rccs.v16i2.2021>
- [14] G. Mimbreno, *Mude os seus hábitos: Nutrição para prevenir doenças e viver melhor*, RBA Books and Publications, 2022.
- [15] G. Vázquez, M. Piloni, L. A. Quintero, S. Soto e L. J. Ocampo, «Avaliação físicoquímica da farinha de couve-roxa (Brassica oleracea var. capitata F. rubra) para usos alternativos," *Research and Development in Food Science and Technology*, vol. 8, nº 1, pp. 222-229, 2023. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.31>
- [16] X. Ma, Z. Jin, Z. Rao e L. Zheng, "Benefícios para a Saúde das Antocianinas Contra Doenças Relacionadas com a Idade," *Frontal Nutrition*, vol. 12, p. 1618072, 2025. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1618072>
- [17] A. Escalante, C. Mendoza, G. Mahady, V. D. Luna, U. Gutierrez e H. Chuck, "Consumo dietético de antocianinas e a sua associação com a redução dos biomarcadores da obesidade e prevenção da obesidade." *Trends in food science and technology*, vol. 140, pp. 1-15, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104140>
- [18] T. Belwal, S. Fazel Nabavi, N. S. Mohammad e S. Habtemariam, "Antocianinas dietéticas e resistência à insulina: quando o alimento se torna medicina," *Nutrients*, vol. 9, nº 10, pp. 1-22, 2017. <https://doi.org/10.3390/nu9101111>
- [19] E. G. M. Villagrán, L. Li, W. Cheng, Z. Li, Q. Gao, J. sol e L. Hao, "Antocianinas: uma revisão abrangente das suas propriedades químicas e impactos na saúde no metabolismo da glicose na diabetes mellitus gestacional.", *Food, nutrition and health*, vol. 2, nº 28, pp. 1-16, 2025. <https://doi.org/10.1007/s44403-025-00041-0>
- [20] J. Nuskiewicz, J. Wróblewska, M. Wróblewski e A. Woźniak, "Alimentos vegetais roxos ricos em antocianina: biodisponibilidade, mecanismos antioxidantes e papéis na regulação e recuperação redox após o exercício," *Nutrients*, vol. 17, nº 15, p. 2453, 2025. <https://doi.org/10.3390/nu17152453>

- [21] E. Jean Wilson, N. Sirpu Natesh, P. Ghadermazi, D. R. Pothuraju, S. Pandey, J. T. Kaifi, J. R. Dodam, J. N. Bryan, C. L. Lorson, A. A. Watrelot, T. J. Joshua Chan, J. M. Foster, S. K. Batra e Rachagan, "A modulação da microbiota intestinal mediada por sumo de couve vermelha melhora a homeostase epitelial intestinal e alivia a colite," » *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 25, nº 1, p. 539, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms25010539>
- [22] A. F. Vinuesa Veloz, E. C. Tapia Veloz, G. Tapia Veloz, M. Nicolalde Cifuentes e V. Carpio Arias, «Estado nutricional dos adultos equatorianos e a sua distribuição segundo características sociodemográficas. Estudo transversal," *Hospital Nutrition*, 2022. <https://doi.org/10.20960/nh.04083>
- [23] A. Quetelet, «Física Social ou Ensaio sobre o Homem e o Desenvolvimento das Suas Faculdades», *REIS: Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, vol. 87, pp. 305-324, 1999. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=759343>
- [24] G. Bauce, "Duas fórmulas para calcular o IMC e a sua relação com outros," *Revista Digital de Postgrado*, vol. 11, nº 1, pp. 11-11, 2021. <https://doi.org/10.56183/iberohjr.v4i2.683>
- [25] S. Aucancela Sánchez, "Caracterização de peptídeos bioativos derivados de proteínas vegetais e o seu efeito antioxidante em alimentos funcionais no Equador," *Ibero-American Journal of Health Science Research*, vol. 4, nº 2, pp. 270-277, 2024. <https://doi.org/10.56183/iberohjr.v4i2.683>
- [26] S. J. Espinoza, "Fibra como agente de saciedade para combater a obesidade em crianças," *Polo del Conocimiento*, vol. 9, nº 10, pp. 631-646, 2024. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i5.5564>
- [27] O. Statilko, T. Tsiaka, V. J. Sinanoglou e I. F. Strati, "Visão geral da composição fitoquímica das cultivares de Brassica oleraceae var. capitata," *Foods*, vol. 13, nº 21, 2024. <https://doi.org/10.3390/foods13213395>
- [28] S. Laoutari, E. Christodoulou e A. E. Koutelidakis, "Uma Revisão Narrativa do Estilo de Vida Mediterrânico e o Seu Papel na Prevenção e Gestão da Obesidade," *Obesity*, Vol. 5, Nº 2, 2025. <https://doi.org/10.3390/obesity5020043>
- [29] N. Randeni, J. Luo, e B. Xu, "Revisão Crítica dos Efeitos Anti-Obesidade das Antocianinas via Vias de Sinalização PI3K/Akt," *Nutrients*, Vol. 17, Nº 7, p. 1126, 2025. <https://doi.org/10.3390/nu17071126>
- [30] M. Enríquez, F. Villafuerte e A. Figueroa, "Efeitos dos componentes bioativos de frutas, legumes, laticínios e plantas medicinais na nutrição humana," *ALLPA Journal of Agricultural Sciences*, vol. 6, nº 11, pp. 2-24, 2023. <https://doi.org/10.56124/allpa.v6i11.0055>
- [31] M. Kaufer-Horwitz e J. F. Pérez Hernández, "Obesidade: aspetos fisiopatológicos e clínicos," *Interdisciplinario*, vol. 10, nº 26, p. 147, 2022. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2022.26.80973>
- [32] C. Porca Fernández, A. Calleja Fernández, L. Dalla-Rovese, A. Elbusto, P. Urones, M. García, M. Comas, O. Monasterio Jiménez, D. Novo e E. Sánchez, «Posicionamento 2024 das Diretrizes Alimentares SEEDO (Sociedade Espanhola para o Estudo da Obesidade)», *Hospital Nutrition*, nº 5, pp. 1-20, 2024. <https://doi.org/10.20960/nh.05545>
- [33] E. Ankkuri, S. Lommi, J. Lahti, e V. Viljakainen, "Associações da saúde mental com o desenvolvimento subsequente de peso durante um seguimento de 4 anos na adolescência," *Medrxiv*, pp. 1-34, 2025. <https://doi.org/10.1101/2025.10.01.25337050>
- [34] D. Chaudhary, D. Guleria, H. Aggarwal, V. Mishra, A. Chauhan, L. Dufossé e N. C. Joshi, "Nutrigenómica e Dietas Personalizadas: Adaptando a Nutrição para uma Saúde Ótima," *Applied Food Research*, vol. 5, nº 1, pp. 1-12, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100980>
- [35] S. J. Salas e S. A. Babio, *Nutrição e Dietética Clínica*, Barcelona: Elsevier, 2025.
- [36] M. Alcaraz González e J. Alcaraz González, "Interação Química entre Alimentos: O Papel dos Aditivos na Melhoria da Qualidade dos Produtos Alimentares," *Scientific Journal of Health and Human Development*, vol. 6, nº 1, pp. 1651-1678, 2025. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.561>
- [37] J. F. Parodi, C. Valdivia Alcalde e I. Falvy Bockos, «Obesidade em adultos idosos: abordagem e gestão abrangente», *Revista Horizonte.Médico (Lima)*, vol. 25, nº 3, pp. 1-9, 2025. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2025.v25n3.14>
- [38] F. Vilugrón Aravena, T. Molina G., M. E. Gras Pérez e S. Font-Mayolas, «Hábitos alimentares, obesidade e qualidade de vida relacionados com a saúde em adolescentes chilenos», *Revista médica de Chile*, vol. 148, nº 7, pp. 921-929, 2020. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872020000700921>
- [39] R. Urrialde, C. Gómez, B. Pintos, G.-G. Aránzazu e B. Cifuentes, "Compostos bioativos de origem vegetal: desenvolvimento de novos alimentos," *Hospital Nutrition*, vol. 39, nº 3, p. 39, 2022. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.04302>

Avaliação das Competências Comportamentais na Indústria Aquacultural Equatoriana: Análise Correlacional das Competências Interpessoais no Pessoal Administrativo de Guayaquil

Evaluación de competencias conductuales en la industria acuícola ecuatoriana: análisis correlacional de habilidades blandas en el personal administrativo de Guayaquil

Jorge Meza-Clark¹; Teresa Meza-Clark²; Francisco Javier Duque-Aldaz^{3*}; Edwin Haymacaña Moreno⁴; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu⁵; Fernando Raúl Rodríguez-Flores⁶

Recebido: 25/04/2026 – Aceite: 08/06/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artigos de
Investigação ☒

Artigos de
Revisão ☐

Artigos de
Ensaio ☐

* Autor
correspondente.



Esta obra está licenciada sob uma licença internacional Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Partilha Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Os autores mantêm os direitos sobre os seus artigos e podem partilhar, copiar, distribuir, executar e comunicar publicamente a obra, desde que a autoria seja reconhecida, não utilizada para fins comerciais e que a mesma licença seja mantida em obras derivadas.

Resumo.

O setor da aquicultura equatoriano tem registado um crescimento exponencial, consolidando-se como um pilar da economia nacional, onde a gestão administrativa exige competências que transcendem o conhecimento técnico. O objetivo deste estudo foi examinar as competências interpessoais presentes no pessoal administrativo do setor da aquicultura equatoriana. Foi aplicado um questionário estruturado a 88 funcionários administrativos de cinco das principais empresas de aquicultura em Guayaquil, avaliando cinco dimensões: integridade, liderança, trabalho em equipa, comunicação e resolução de problemas, com uma escala de Likert de cinco pontos. O instrumento mostrou excelente consistência interna, com um alfa global de Cronbach de 0,944. Os resultados revelaram níveis elevados de auto percepção em todas as dimensões, com médias entre 4,03 e 4,29, e correlações positivas significativas entre todas as dimensões (r entre 0,452 e 0,839). A análise comparativa por sexo não mostrou diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$), embora as mulheres apresentassem pontuações ligeiramente superiores. As conclusões destacam a importância de reforçar competências como a integridade no setor e fornecem evidências para o desenho de políticas equitativas de desenvolvimento profissional na indústria aquacultural equatoriana.

Palavras-chave.

Aquicultura, Competências Profissionais, Comunicação, Competências Interpessoais, Liderança, Setor da Aquicultura, Trabalho em Equipa

Resumen.

El sector acuícola ecuatoriano ha experimentado un crecimiento exponencial, consolidándose como un pilar de la economía nacional, donde la gestión administrativa requiere competencias que trascienden el conocimiento técnico. El presente estudio tuvo como objetivo examinar las habilidades blandas presentes en el personal administrativo del sector acuícola ecuatoriano. Se aplicó un cuestionario estructurado a 88 empleados administrativos de cinco empresas acuícolas líderes en Guayaquil, evaluando cinco dimensiones: integridad, liderazgo, trabajo en equipo, comunicación y resolución de problemas, con una escala de Likert de cinco puntos. El instrumento mostró una excelente consistencia interna, con alfa de Cronbach global de 0.944. Los resultados revelaron niveles elevados de auto percepción en todas las dimensiones, con medias que oscilaron entre 4.03 y 4.29, y correlaciones positivas significativas entre todas las dimensiones (r entre 0.452 y 0.839). El análisis comparativo por sexo no evidenció diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), aunque las mujeres presentaron puntuaciones ligeramente superiores. Las conclusiones destacan la importancia de fortalecer competencias como la integridad en el sector y proporcionan evidencia para el diseño de políticas de desarrollo profesional equitativas en la industria acuícola ecuatoriana.

Palabras clave.

Aquicultura, Competencias Profesionales, Comunicación, Habilidades Blandas, Liderazgo, Sector Acuícola, Trabajo En Equipo.

1.- Introdução

O setor da aquicultura equatoriano tem registado um crescimento exponencial nas últimas décadas, consolidando-se como um dos pilares fundamentais da economia nacional. O Equador posicionou-se como o principal produtor e exportador de camarão na América do Sul, reconhecido mundialmente pela excelência técnica da sua produção de aquicultura e pela qualidade superior dos seus produtos. No entanto, num mercado global altamente dinâmico e competitivo, a excelência técnica e produtiva já não é o único fator determinante para manter vantagens

competitivas sustentáveis. As mudanças aceleradas no ambiente de trabalho, particularmente acentuadas desde a pandemia de COVID-19, revelaram a importância crítica das competências que transcendem o conhecimento técnico especializado, denominadas soft skills. Este conjunto de competências socioemocionais, que permite às pessoas interagir eficazmente com os outros, tomar decisões, resolver problemas, pensar criticamente, comunicar eficazmente e construir relações saudáveis, tornou-se essencial na formação profissional contemporânea (Organização Mundial da Saúde, 1994). No contexto

¹ Universidade de Guayaquil; jorge.mezacl@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-0512-8671>; Guayaquil; Equador.

² Universidade de Guayaquil; teresa.mezacl@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-5955-6893>; Guayaquil; Equador.

³ Universidade de Guayaquil; francisco.duquea@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-9533-1635>; Guayaquil; Equador.

⁴ Instituto Superior de Tecnologia da Universidade Bolivariana; erhaymacana@itb.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-8708-3894>; Guayaquil; Equador.

⁵ Universidade Técnica de Babahoyo; lzapata@utb.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0003-1497-2273>; Babahoyo; Equador.

⁶ Universidade de Havana; fernan@matcom.uh.cu; <https://orcid.org/0009-0002-8275-7631>; Havana; Cuba.

específico do setor da aquacultura, onde a gestão administrativa deve coordenar processos técnicos complexos, equipas multidisciplinares e relações empresariais internacionais, as competências interpessoais emergem como elementos indispensáveis para um desempenho organizacional eficaz.[1][2]

O problema científico que motiva esta investigação baseia-se no crescente fosso entre as exigências de competências comportamentais no setor produtivo e o desenvolvimento eficaz dessas competências no pessoal administrativo das empresas de aquacultura equatorianas. Apesar do reconhecimento generalizado da importância das competências interpessoais para o desempenho no trabalho, existe pouco conhecimento sobre como estas competências se manifestam especificamente no setor da aquacultura, quais as dimensões mais relevantes para o contexto organizacional da indústria e como se relacionam com variáveis sociodemográficas como o sexo e a idade dos trabalhadores. Esta limitação na compreensão empírica do fenómeno representa um obstáculo significativo ao desenho e implementação de estratégias eficazes para o desenvolvimento do talento humano no setor, que permitam fortalecer as competências comportamentais do pessoal administrativo e, consequentemente, melhorar os indicadores de desempenho organizacional. A ausência de estudos sistemáticos que abordem este problema no contexto específico da indústria da aquacultura equatoriana cria uma lacuna de conhecimento que justifica a concretização desta investigação.[3]

A importância do problema abordado transcende o campo académico e é projetada para dimensões industriais e sociais de considerável magnitude. Do ponto de vista industrial, o desenvolvimento de competências interpessoais no pessoal administrativo do setor da aquacultura tem o potencial de impactar diretamente a competitividade das empresas, melhorando a coesão das equipas de trabalho, a satisfação profissional dos colaboradores, bem como a eficiência e eficácia organizacional. Num ambiente de mercado global onde a diferenciação baseada exclusivamente na qualidade do produto é insuficiente, as capacidades organizacionais ligadas ao talento humano emergem como fontes de vantagem competitiva sustentável. Do ponto de vista social, o reforço das competências interpessoais no setor da aquacultura contribui para a criação de ambientes de trabalho mais saudáveis, equitativos e produtivos, com impactos positivos na qualidade de vida dos trabalhadores e das suas famílias. Da mesma forma, a investigação aborda uma dimensão da equidade de género ao explorar as possíveis diferenças nas competências interpessoais entre homens e mulheres, contribuindo para a compreensão de como as políticas organizacionais podem promover o desenvolvimento equitativo das competências em ambientes de trabalho historicamente caracterizados pela segregação ocupacional.[4]

A necessidade de investigar este problema baseia-se na convergência de múltiplos fatores que configuram um

cenário de urgência e relevância para o setor da aquacultura equatoriana. As principais empresas do setor em Guayaquil começaram a implementar estratégias específicas para o desenvolvimento de competências interpessoais entre os seus funcionários administrativos, reconhecendo que estas competências são essenciais para enfrentar os desafios de um ambiente produtivo cada vez mais complexo e exigente. Segundo Ekos Business (2021), esta compreensão é necessária num contexto onde a automação e a inteligência artificial estão constantemente a transformar o panorama de trabalho, tornando competências humanas que não podem ser replicadas pelas máquinas cada vez mais valiosas. O desenvolvimento destas competências não só melhoraria o funcionamento das atividades regulares e do ambiente de trabalho da empresa, como também proporcionaria um impulso estratégico para posicionar as empresas de aquacultura equatorianas como concorrentes fortes no mercado global. Neste contexto, surge a seguinte questão de investigação: quais são as competências interpessoais mais comuns entre os gestores da indústria da aquicultura da cidade de Guayaquil e como se manifestam no seu desempenho profissional?, uma questão que orienta o desenvolvimento deste estudo e orienta a definição dos seus objetivos e estratégias metodológicas.[5]

1.1. Competências interpessoais: definição, evolução conceptual e modelos teóricos.

O conceito de soft skills, também designado competências socioemocionais, competências transversais ou competências comportamentais, sofreu uma evolução significativa no campo da psicologia organizacional e da gestão do talento humano desde as suas primeiras formulações na década de 1970. O termo "competências interpessoais" surge como uma categoria distinta das competências técnicas ou duras, referindo-se a um conjunto de atributos, traços de personalidade, competências sociais e competências de comunicação que permitem aos indivíduos interagir eficazmente em ambientes de trabalho e sociais. Ao contrário das competências técnicas, que se referem a conhecimentos especializados e competências operacionais específicas de uma profissão ou ofício, as soft skills caracterizam-se pela sua natureza transversal e pela sua aplicabilidade em contextos diversos, o que as torna elementos fundamentais para o desempenho profissional em ambientes organizacionais complexos. Do ponto de vista histórico, o interesse por estas competências tem aumentado progressivamente, impulsionado por transformações no mundo do trabalho que enfatizaram a necessidade de profissionais capazes de se adaptar, colaborar e comunicar eficazmente em equipas multidisciplinares. [6]

A consolidação conceptual das competências interpessoais tem sido impulsionada por vários quadros teóricos que forneceram abordagens complementares para a sua compreensão e medição. Uma das referências mais influentes nesta área tem sido o modelo de inteligência emocional proposto por Daniel Goleman, que postula que as competências emocionais e sociais são fatores preditivos do sucesso profissional com maior poder explicativo do que

o QI tradicional. Esta abordagem contribuiu para tornar visível a importância de dimensões como a autoconsciência, autorregulação, empatia e competências sociais no desempenho no trabalho, estabelecendo uma ponte entre a psicologia individual e a dinâmica organizacional. De forma complementar, o modelo de competências desenvolvido por Spencer e Spencer forneceu uma estrutura metodológica para a identificação e avaliação de competências comportamentais, distinguindo entre competências limiar, necessárias para o desempenho básico, e competências diferenciadoras, que permitem distinguir profissionais de alto desempenho. Numa perspectiva mais ampla, organizações internacionais como a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) e o Fórum Económico Mundial incorporaram competências interpessoais em quadros de competências para o século XXI, reconhecendo a sua relevância num contexto de transformação tecnológica e mudanças nas estruturas produtivas.

A evolução do conceito para a sua configuração atual tem sido marcada por um reconhecimento crescente da sua natureza multidimensional e do seu carácter situado, aspetos que implicaram um afastamento progressivo de abordagens unidimensionais focadas exclusivamente em traços de personalidade. Investigações recentes têm enfatizado que as competências interpessoais não são atributos estáticos ou inerentes aos indivíduos, mas sim competências desenvolvidas e manifestadas em contextos específicos, moduladas por fatores situacionais, culturais e organizacionais. Esta perspectiva impulsionou o desenvolvimento de modelos que integram dimensões cognitivas, emocionais e comportamentais, reconhecendo que as soft skills envolvem tanto a capacidade de processar informação social e emocional como a vontade de agir eficazmente em situações interpessoais. No âmbito organizacional, esta evolução levou a uma conceptualização das competências interpessoais como competências-chave para empregabilidade e desenvolvimento profissional, particularmente em setores produtivos que exigem interação humana intensiva e adaptação a ambientes em mudança.[7][8]

1.2. Competências interpessoais no contexto organizacional: dimensões-chave.

A configuração das competências interpessoais como uma construção multidimensional levou à identificação de várias competências que, embora inter-relacionadas, possuem especificidades conceptuais e operacionais que justificam o seu tratamento diferenciado em contextos organizacionais. A integridade, entendida como a coerência entre valores, princípios e ações, é uma das dimensões fundamentais no local de trabalho, pois está diretamente ligada à geração de confiança, transparência nas relações interpessoais e cumprimento de compromissos éticos. Esta competência manifesta-se em comportamentos observáveis, como a aceitação de erros, a coerência entre a fala e a ação, o cumprimento das normas estabelecidas e a resistência a influências externas que possam comprometer princípios

personais. Do ponto de vista organizacional, a integridade tem sido reconhecida como um fator crítico para o ambiente de trabalho e a cultura organizacional, particularmente em setores onde as decisões operacionais envolvem considerações éticas significativas, como na indústria da aquacultura em relação à sustentabilidade, bem-estar animal e práticas de conformidade regulatória.[9]

A liderança, como segunda dimensão relevante, tem sido objeto de extenso desenvolvimento teórico na literatura organizacional, evoluindo de conceções focadas em traços de personalidade para modelos que enfatizam comportamentos, estilos e processos de influência social. Abordagens contemporâneas, especialmente a liderança transformacional, destacam a capacidade dos líderes para inspirar, motivar e estimular intelectualmente os seus seguidores, promovendo um sentido de propósito partilhado e promovendo o desenvolvimento de competências nos membros da equipa. No contexto organizacional, a liderança eficaz manifesta-se em comportamentos como tomar iniciativa, propor estratégias para resolver problemas, construir confiança na equipa, facilitar a participação e promover a motivação. A relevância da liderança no setor da aquacultura equatoriana é particularmente significativa, dado que as estruturas organizacionais hierárquicas e os processos produtivos que exigem coordenação eficaz entre diferentes áreas e níveis exigem figuras capazes de articular equipas de trabalho e gerir a complexidade operacional inerente ao setor.[10]

O trabalho em equipa constitui uma terceira dimensão essencial, definida como a capacidade de colaborar eficazmente com outros na concretização de objetivos comuns, integrando competências interpessoais, comunicativas e de coordenação. Esta competência baseia-se na vontade de partilhar informação, apoiar colegas, aceitar acordos estabelecidos e contribuir com ideias em benefício do coletivo, bem como na capacidade de gerir conflitos e promover um ambiente de cooperação. Literatura especializada documentou que o trabalho eficaz em equipa não só aumenta a produtividade e a eficiência operacional, como também contribui para o bem-estar psicológico dos trabalhadores e para a satisfação no trabalho, aspetos particularmente relevantes em setores produtivos com elevadas exigências físicas e emocionais. No contexto da aquacultura equatoriana, onde as operações requerem coordenação constante entre equipas multidisciplinares que integram pessoal administrativo, técnico e operacional, o trabalho em equipa surge como uma competência crítica para garantir a continuidade operacional e a adaptação a ambientes em mudança.[11][12]

1.3. A medição das competências interpessoais: fiabilidade, validade e métodos de avaliação.

A medição das competências interpessoais em contextos organizacionais tem sido um desafio metodológico permanente, derivado da natureza complexa e multidimensional destes construtos, que não são

diretamente observáveis e precisam de ser inferidos através de indicadores comportamentais ou auto-relatos. A operacionalização das soft skills implica a tradução de construtos teóricos em dimensões específicas e, subsequentemente, em itens concretos que permitem captar as diferentes facetas de cada competência avaliada. Este processo requer uma consideração cuidadosa das propriedades psicométricas dos instrumentos de medição, particularmente no que diz respeito à sua fiabilidade e validade, aspetos que determinam a precisão e relevância das inferências feitas a partir das pontuações obtidas. A fiabilidade, entendida como o grau em que um instrumento produz resultados consistentes e reproduzíveis, é normalmente avaliada através do coeficiente alfa de Cronbach, que estima a consistência interna de uma escala a partir das correlações entre os itens que a compõem, estabelecendo padrões mínimos que permitem que a fiabilidade de um instrumento seja considerada aceitável para fins de investigação e diagnóstico organizacional.[13]

A validade dos instrumentos para medir competências interpessoais é um aspeto complementar e essencial para garantir que as pontuações obtidas refletem eficazmente os conceitos que pretendem medir, e não outros fatores alheios a eles. A validade do construto, que avalia o grau em que um instrumento mede o conceito teórico que pretende medir, é abordada através de várias estratégias, incluindo análise fatorial exploratória e confirmatória, que permitem examinar a estrutura subjacente das respostas e verificar que os itens estão agrupados de acordo com dimensões teoricamente postuladas. Da mesma forma, a validade convergente e discriminante avalia o grau em que as pontuações numa escala estão associadas a medidas de construtos relacionados e diferem de construtos teoricamente distintos, fornecendo evidências adicionais sobre a relevância do instrumento. A validade do conteúdo, por outro lado, garante que os itens do instrumento representem adequadamente o domínio conceptual de cada construção avaliada, o que é alcançado através da revisão da literatura especializada e do julgamento de peritos na área de estudo, que avaliam a relevância, clareza e representatividade dos itens propostos.[14] [15]

Os métodos para avaliar competências interpessoais evoluíram significativamente desde as primeiras abordagens baseadas exclusivamente em questionários de autorrelato, incorporando estratégias complementares que permitem uma abordagem mais abrangente e menos tendenciosa a estas competências. A avaliação através de questionários de auto-perceção, como o utilizado nesta investigação, é o método mais comum em contextos organizacionais, devido à sua facilidade de administração, baixo custo e capacidade de captar a perspectiva subjetiva dos avaliados sobre as suas próprias competências. No entanto, este método reconhece limitações, como o viés de desejabilidade social, a aquiescência e a tendência para respostas centrais ou extremas, que podem distorcer as pontuações obtidas e afetar a validade das inferências feitas. Para mitigar estas limitações, foram desenvolvidos métodos

de avaliação complementares, incluindo heteroavaliações, onde supervisores, colegas ou subordinados avaliam as competências do sujeito avaliado, e avaliações comportamentais, baseadas na observação de comportamentos específicos em situações simuladas ou reais, como centros de avaliação ou testes situacionais.[16]

1.4. O setor da aquacultura equatoriana: caracterização, desafios e procura por soft skills.

O setor da aquacultura equatoriano é um dos pilares fundamentais da economia nacional, posicionando-se como o principal produtor e exportador de camarão na América Latina e como um dos líderes mundiais na produção desta espécie. A indústria da aquacultura no Equador tem registado um crescimento sustentado nas últimas décadas, consolidando uma cadeia de produção que integra a produção larval, engorda, processamento e atividades de comercialização, gerando emprego direto e indireto para uma parte significativa da população costeira do país. A província de Guayas, e particularmente a cidade de Guayaquil, tornaram-se o epicentro desta atividade produtiva, albergando as principais empresas do setor e concentrando os centros de tomada de decisão administrativa e comercial. Do ponto de vista económico, o setor da aquacultura contribui substancialmente para a balança comercial equatoriana, gerando divisas que ultrapassam milhares de milhões de dólares anualmente, e constituindo um motor de desenvolvimento para as comunidades costeiras que dependem direta ou indiretamente desta atividade produtiva.[17]

A classificação industrial do setor ao abrigo do código A0321.02 da Classificação Industrial Padrão Internacional (ISIC) REV. 4.0, correspondente à aquicultura em águas marinhas e salobras, insere as empresas de aquicultura num quadro normativo e regulatório específico que estabelece padrões de produção, saúde animal, rastreabilidade e sustentabilidade ambiental. Este quadro regulatório, que inclui tanto disposições nacionais como requisitos do mercado internacional, impõe desafios significativos às organizações do setor, exigindo não só competências técnicas especializadas, mas também competências interpessoais para gerir a complexidade regulatória, coordenar equipas multidisciplinares e adaptar-se a mudanças regulatórias permanentes. A necessidade de cumprir os padrões internacionais de qualidade e sustentabilidade, especialmente em mercados exigentes como os Estados Unidos, Europa e Ásia, impulsionou uma transformação organizacional nas empresas de aquicultura, que tiveram de profissionalizar as suas estruturas de gestão e reforçar as competências do seu capital humano para manter a sua competitividade nos mercados globais.[18]

O setor da aquacultura equatoriano enfrenta desafios permanentes que configuram um ambiente de trabalho altamente exigente e dinâmico, onde as soft skills emergem como competências críticas para o desempenho profissional. A variabilidade nas condições oceanográficas e climáticas, a incidência de doenças como a síndrome da

mancha branca e a necrose hepatopancreática aguda, as flutuações nos preços internacionais e as tensões no comércio global são fatores de incerteza que exigem capacidades adaptativas e de resolução de problemas a todos os níveis organizacionais. Da mesma forma, a crescente pressão dos consumidores e das organizações internacionais para práticas de produção sustentáveis e socialmente responsáveis elevou os padrões éticos e ambientais que as empresas do setor devem cumprir, exigindo profissionais com sólidas competências em integridade, transparência e tomada de decisões éticas. Neste contexto, as competências interpessoais não são apenas atributos desejáveis, mas competências estratégicas que determinam a capacidade das organizações para antecipar e responder eficazmente às contingências do ambiente, mantendo a continuidade operacional e competitividade num mercado global cada vez mais exigente.[19]

1.5. Competências interpessoais e variáveis sociodemocráticas: diferenças por sexo e idade.

A análise das competências interpessoais em função de variáveis sociodemográficas, particularmente o sexo e a idade, tem sido um campo de interesse crescente na investigação organizacional, motivada pela necessidade de compreender como fatores individuais e contextuais modulam o desenvolvimento e manifestação destas competências em ambientes de trabalho. A literatura especializada documentou padrões diferenciais na autopercepção das competências interpessoais entre homens e mulheres, embora os resultados nem sempre tenham sido consistentes, evidenciando a influência de fatores culturais, ocupacionais e metodológicos nos resultados observados. Alguns estudos relataram que as mulheres tendem a perceber-se como tendo níveis mais elevados em dimensões relacionadas com comunicação, empatia e competências interpessoais, enquanto os homens tendem a ter pontuações mais elevadas em competências associadas à liderança e à resolução de problemas, embora estas diferenças tendam a diminuir ao controlar variáveis contextuais e ocupacionais. Do ponto de vista teórico, estas diferenças têm sido atribuídas a processos diferenciais de socialização que enfatizam diferentes padrões comportamentais e de atitude em mulheres e homens, bem como à segregação ocupacional que concentra cada grupo em funções que reforçam certos perfis de competência.[20]

Na área das diferenças etárias, a investigação sugeriu que as competências interpessoais não são atributos estáticos, mas sim competências que se desenvolvem e consolidam ao longo do ciclo de vida, influenciadas pela experiência profissional, maturidade profissional e exposição a situações diversas em contextos organizacionais. Estudos longitudinais documentaram que dimensões como liderança, resolução de problemas e comunicação tendem a aumentar com a idade e o percurso profissional, refletindo a aprendizagem experiencial e a acumulação de capital social e psicológico ao longo do tempo. Por outro lado, outras competências como adaptabilidade ou flexibilidade

podem apresentar trajetórias diferenciadas, com níveis mais elevados em populações jovens a enfrentarem ambientes de trabalho em mudança e exigências de adaptação rápida. No contexto organizacional, estas trajetórias etárias têm implicações significativas para a gestão do talento humano, sugerindo a necessidade de desenhar estratégias diferenciadas de desenvolvimento profissional que reconheçam as particularidades de cada grupo etário e melhorem as suas forças específicas.[21]

A interação entre sexo e idade na configuração das competências interpessoais tem recebido cada vez mais atenção na literatura, reconhecendo que os padrões de desenvolvimento de competências podem diferir entre homens e mulheres ao longo das suas carreiras profissionais. Pesquisas recentes sugeriram que as diferenças de género nas competências interpessoais tendem a desaparecer com a idade e a experiência, o que pode refletir processos de socialização organizacional que modulam as disposições iniciais e promovem padrões de comportamento adaptativos baseados nas exigências do ambiente de trabalho. Esta conclusão é consistente com perspectivas teóricas que enfatizam a natureza situada e dinâmica das competências interpessoais, desenvolvidas em interação com contextos organizacionais e experiências profissionais acumuladas. No setor da aquacultura equatoriana, onde populações de trabalho com trajetórias e características demográficas diferentes coexistem, compreender estas interações é relevante para o desenho de políticas de desenvolvimento de talento que considerem tanto as particularidades etárias como as diferenças de género na configuração das competências comportamentais.[22][23]

Esta investigação visa o exame sistemático das competências interpessoais no pessoal administrativo do setor da aquacultura equatoriana, com o objetivo de gerar conhecimento empírico que contribua para a compreensão destas competências num contexto produtivo de elevada relevância económica e social. Para tal, foi definido um objetivo geral que articula o propósito central do estudo, bem como um conjunto de objetivos específicos que operacionalizam as diferentes dimensões do problema de investigação. Esta estrutura de objetivos permite que o problema levantado seja abordado de forma abrangente, garantindo coerência entre as questões de investigação, os métodos utilizados e os resultados esperados.

O objetivo geral desta investigação é examinar as competências interpessoais presentes nos administradores do setor aquícola equatoriano e as estratégias de desenvolvimento profissional implementadas pelas principais empresas do setor na cidade de Guayaquil. Este objetivo é articulado em torno da necessidade de caracterizar o perfil de competências interpessoais do pessoal administrativo, identificar as dimensões de competências mais desenvolvidas e aquelas que apresentam maiores oportunidades de melhoria, bem como compreender as práticas organizacionais destinadas a

reforçar essas competências no contexto específico da indústria da aquicultura equatoriana.

Os objetivos específicos foram estruturados para abordar as diferentes dimensões do problema de investigação de forma sistemática. Em primeiro lugar, procura descrever as características sociodemográficas da amostra, incluindo a distribuição por sexo e idade do pessoal administrativo das empresas de aquicultura participantes, de modo a contextualizar os resultados e facilitar a comparação entre subgrupos populacionais. Em segundo lugar, propõe-se avaliar a fiabilidade e consistência interna do instrumento de medição utilizado, calculando o coeficiente alfa de Cronbach para cada uma das cinco dimensões avaliadas (integridade, liderança, trabalho em equipa, comunicação e resolução de problemas), bem como para o questionário como um todo, garantindo a validade psicométrica das medições realizadas. Em terceiro lugar, propõe-se analisar os níveis de auto-perceção das competências interpessoais nas cinco dimensões avaliadas, identificando as competências mais desenvolvidas e aquelas com níveis relativamente mais baixos, bem como a variabilidade nas respostas dos participantes. Em quarto lugar, procura determinar as correlações existentes entre as diferentes dimensões das competências interpessoais, explorando as relações interdependentes estabelecidas entre as competências comportamentais avaliadas e a sua configuração como sistema de competências inter-relacionadas. Por fim, propõe-se comparar os níveis de competências interpessoais entre homens e mulheres, bem como entre diferentes faixas etárias, de modo a identificar possíveis diferenças associadas a estas variáveis sociodemográficas e explorar as suas implicações para a gestão do talento humano no setor.

Estes objetivos estão diretamente relacionados com a metodologia utilizada na investigação, que combina um desenho quantitativo de âmbito descritivo-correlacional com a aplicação de um questionário estruturado que mede as cinco dimensões das competências interpessoais, bem como com os resultados esperados, que incluem a caracterização do perfil de competências do pessoal administrativo, a identificação de relações significativas entre as dimensões avaliadas, e a identificação das diferenças por sexo e idade. A concretização destes objetivos gerará evidências empíricas relevantes para a tomada de decisões no campo da gestão do talento humano no setor da aquicultura equatoriana, bem como para o desenho de estratégias de desenvolvimento profissional destinadas a reforçar as competências interpessoais do pessoal administrativo das empresas do setor.

Esta investigação faz contribuições significativas nos domínios científico, metodológico e prático, contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento nas competências interpessoais e para a sua aplicação em contextos produtivos específicos. Do ponto de vista científico, o estudo contribui para a compreensão das competências interpessoais num setor produtivo de elevada relevância económica, como a

aquicultura equatoriana, colmatando uma lacuna no conhecimento empírico documentada na literatura especializada. A investigação fornece evidências sistemáticas sobre a estrutura, níveis e relações entre as diferentes dimensões das competências interpessoais na equipa de gestão das empresas de aquicultura, bem como sobre as diferenças associadas a variáveis sociodemográficas como sexo e idade. Estes resultados enriquecem o conhecimento existente sobre competências comportamentais em contextos organizacionais específicos e contribuem para a consolidação de um corpo teórico que reconhece a importância do contexto setorial na configuração das competências interpessoais.

A nível metodológico, o estudo fornece a validação e aplicação de um instrumento de medição de competências interpessoais adaptado ao contexto do setor da aquicultura equatoriana, fornecendo evidências sobre as suas propriedades psicométricas nesta população específica. Os coeficientes de fiabilidade obtidos, que excedem largamente os limiares aceitáveis em todas as dimensões avaliadas, apoiam a utilidade do instrumento para futuras investigações no setor e fornecem uma base metodológica para a sua aplicação noutros contextos de produção semelhantes. Da mesma forma, a investigação contribui para o desenvolvimento de procedimentos sistemáticos para a avaliação de competências interpessoais no campo organizacional, integrando considerações sobre a reversão de itens negativos, a análise da consistência interna e a avaliação das diferenças entre subgrupos populacionais. Estas contribuições metodológicas são relevantes para a comunidade académica e profissional interessada na medição das competências comportamentais em diversos contextos organizacionais.

De uma perspetiva prática, o estudo oferece informações valiosas para a gestão do talento humano no setor da aquicultura equatoriana, fornecendo evidências empíricas que podem orientar o desenho de políticas e programas de desenvolvimento profissional. Os resultados relativos aos níveis de competências interpessoais nas diferentes dimensões avaliadas permitem-nos identificar áreas de força e oportunidades de melhoria, facilitando a priorização de intervenções de formação destinadas a fortalecer competências específicas. Particularmente relevante é a identificação da integridade como a dimensão com níveis relativamente mais baixos, o que sugere a necessidade de implementar estratégias específicas para o reforço das competências éticas e comportamentais na equipa administrativa do setor. Da mesma forma, a ausência de diferenças significativas por sexo nas competências interpessoais avaliadas fornece evidências que apoiam o desenho de políticas equitativas de desenvolvimento profissional que reconheçam as forças de todos os colaboradores, independentemente do género, e que promovam a igualdade de oportunidades no acesso a programas de formação e desenvolvimento.

Por fim, o estudo contribui para o desenvolvimento sustentável do setor da aquacultura equatoriana, fornecendo uma base empírica para a tomada de decisões na gestão do talento humano, reconhecendo que o investimento no desenvolvimento de soft skills constitui um fator estratégico para a competitividade organizacional num mercado global cada vez mais exigente. A evidência gerada permite às empresas do setor compreender melhor as competências comportamentais dos seus colaboradores administrativos e desenhar estratégias de desenvolvimento alinhadas com as necessidades do ambiente produtivo, contribuindo assim para a formação de profissionais mais completos e adaptáveis, capazes de enfrentar os desafios de um setor em constante evolução. Num contexto onde a automação e a inteligência artificial estão a transformar o panorama laboral, o fortalecimento das competências humanas que não podem ser replicadas pelas máquinas adquire relevância estratégica, posicionando as empresas que investem no desenvolvimento destas competências como líderes nos seus respetivos mercados e contribuindo para o posicionamento do setor da aquacultura equatoriano como referência de excelência e sustentabilidade na região.

2.- Materiais e métodos.

2.1 Desenho e abordagem da investigação

A presente investigação enquadra-se num desenho não experimental de âmbito descritivo-correlacional, com uma abordagem quantitativa que permite caracterizar as competências interpessoais do pessoal administrativo do setor da aquacultura equatoriana e explorar as relações entre as dimensões avaliadas. O estudo adota um desenho transversal, uma vez que os dados foram recolhidos num único momento temporal, o que permite obter uma imagem do estado das competências interpessoais na população estudada sem intervenção nas variáveis de interesse. Este desenho é adequado para alcançar os objetivos propostos, pois permite descrever as características da amostra, estabelecer relações entre dimensões e comparar subgrupos populacionais sem manipulação experimental. [24]

2.2 População e amostra

A população do estudo incluía funcionários administrativos de cinco das principais empresas de aquacultura da cidade de Guayaquil, classificadas ao abrigo do código industrial A0321.02 da Classificação Industrial Padrão Internacional (ISIC REV. 4.0), correspondente à aquicultura em águas marinhas e salobras. A seleção das empresas participantes foi feita através de amostragem intencional ou por conveniência, considerando a sua posição no setor, o seu volume de operações e a sua vontade de participar na investigação. A amostra final consistiu em 88 participantes, distribuídos entre 51 mulheres (58,0%) e 37 homens (42,0%), com idades entre os 21 e mais de 30 anos, dos quais 72 (81,8%) pertenciam ao grupo etário dos 21 aos 30 anos e 16 (18,2%) ao grupo com mais de 30 anos. O tamanho da amostra foi adequado para as análises estatísticas propostas, considerando os requisitos de

potência estatística para os testes de correlação e a comparação das médias esperadas.[25]

2.3 Instrumento de medição

O instrumento de recolha de dados consistia num questionário estruturado auto-administrado, concebido para avaliar cinco dimensões das competências interpessoais: integridade, liderança, trabalho em equipa, comunicação e resolução de problemas. O questionário incluiu 50 itens distribuídos nas cinco dimensões, com 10 itens para integridade (P3 a P12), 12 itens para liderança (P13 a P24), 8 itens para trabalho em equipa (P25 a P32), 10 itens para comunicação (P33 a P42) e 10 itens para resolução de problemas (P43 a P52). Adicionalmente, o instrumento incorporou duas questões sociodemográficas para caracterizar a amostra: idade (P1), com as categorias "21 a 30 anos" e "mais de 30 anos", e sexo (P2), com as categorias "feminino" e "masculino". Os itens de competências interpessoais foram apresentados numa escala Likert de cinco pontos, onde 1 correspondia a "nunca", 2 a "quase nunca", 3 a "às vezes", 4 a "quase sempre" e 5 a "sempre". O questionário foi concebido e validado através do juízo de peritos, considerando a relevância, clareza e representatividade dos itens para cada dimensão avaliada, e foi sujeito a uma análise de fiabilidade usando o coeficiente alfa de Cronbach, que forneceu valores superiores a 0,70 em todas as dimensões e um valor global de 0,944, indicando uma excelente consistência interna do instrumento.[26]

2.4 Procedimento de recolha de dados

A recolha de dados foi realizada durante o período entre os meses de [indicar período] do ano [indicar ano], com autorização prévia dos departamentos de recursos humanos das empresas participantes e a assinatura de consentimentos informados pelos recorridos. O questionário foi administrado digitalmente através de plataformas de inquéritos online, garantindo anonimato e confidencialidade das respostas. Os participantes receberam instruções padronizadas para completar o instrumento, incluindo uma explicação do propósito da investigação, da natureza voluntária da participação e da ausência de consequências derivadas das suas respostas. O tempo estimado para preencher o questionário foi de aproximadamente 15 a 20 minutos. Uma vez recolhidos os dados, a base de dados foi limpa, verificando a integridade das respostas e a ausência de valores atípicos ou inconsistências que pudessem afetar a qualidade das análises.[27]

2.5 Análise de dados

O processamento e análise de dados foi realizado usando o software estatístico SPSS versão 26.0 para Windows. Antes da análise principal, os itens escritos na direção negativa estavam invertidos, especificamente os itens P8, P10 e P12 da dimensão de integridade, e o item P45 da dimensão de resolução de problemas, aplicando a fórmula de transformação $\text{valor_invertido} = 6 - \text{valor_original}$. Esta transformação garantiu que todos os itens estivessem orientados na mesma direção, enquanto pontuações mais altas indicavam níveis de competência mais elevados.

Subsequentemente, foram calculadas as pontuações médias por dimensão para cada participante, fazendo a média dos itens correspondentes a cada construção.[28, 28]

A análise de fiabilidade do instrumento foi realizada utilizando o coeficiente alfa de Cronbach, calculado tanto para cada dimensão como para o questionário como um todo, avaliando a consistência interna das escalas. Para a análise descritiva, foram calculadas medidas de tendência central (média e mediana), medidas de dispersão (desvio padrão, mínimo e máximo) e medidas da forma de distribuição (assimetria e curtose) para cada uma das cinco dimensões. A normalidade das distribuições foi avaliada pelo coeficiente de assimetria, considerando valores dentro do intervalo de -2 a +2 como indicativos de uma distribuição aproximadamente normal. Para a análise correlacional, foi aplicado o coeficiente de correlação de Pearson, avaliando as relações entre as cinco dimensões das competências interpessoais. Esta análise foi realizada tanto para a amostra total como para os subgrupos definidos por sexo e idade, de modo a explorar a estabilidade das relações entre dimensões em diferentes segmentos populacionais.

A análise comparativa por sexo foi realizada utilizando o teste t de Student para amostras independentes, após verificação da suposição de homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. Foram calculadas estatísticas descritivas para cada grupo (média e desvio padrão), o valor da estatística t, os graus de liberdade, o nível de significância e a dimensão do efeito usando d de Cohen. Para a interpretação do tamanho do efeito, foram considerados os critérios convencionais: 0,2 como efeito pequeno, 0,5 como efeito médio e 0,8 como efeito grande. O nível de significância estatística foi estabelecido em $\alpha = 0,05$ para todos os testes realizados. Adicionalmente, foram realizadas análises de correlação segmentadas por sexo e idade, de modo a explorar a consistência das relações entre dimensões nos diferentes subgrupos populacionais, calculando os coeficientes de Pearson e os respectivos níveis de significância.[29]

3.- Resultados.

SECÇÃO 1: METODOLOGIA – Instrumento

Tabela 1.- Estrutura correta das dimensões

Dimensão	Itens	Quantidade
Integridade	P3 – P12	10 itens
Liderança	P13 – P24	12 itens
Trabalho de equipa	P25 – P32	8 itens
Comunicação	P33 – P42	10 itens
Resolução de Problemas	P43 – P52	10 itens
Total	P3 – P52	50 itens

A estrutura dimensional do instrumento de medição, apresentada na Tabela 1, estabelece um quadro operacional para a avaliação de cinco competências comportamentais fundamentais no local de trabalho: integridade, liderança, trabalho em equipa, comunicação e resolução de problemas. Esta configuração de cinco dimensões, composta por 50 itens distribuídos assimetricamente (intervalo de 8 a 12 itens por dimensão), responde à complexidade inerente de cada

construto avaliado, onde dimensões como a liderança requerem uma maior densidade de indicadores para captar a multidimensão do fenómeno.

Do ponto de vista metodológico, a atribuição dos itens P3 a P12 para a dimensão de integridade, com um total de dez itens, permite abordar tanto os aspetos atitudinais como comportamentais associados à coerência ética e transparência no ambiente organizacional. De forma semelhante, a dimensão de liderança, com doze itens (P13 a P24), operacionaliza competências ligadas à gestão de equipas, tomada de iniciativa e geração de confiança, aspetos críticos na gestão do talento humano no setor da aquacultura, caracterizados por estruturas hierárquicas definidas e processos produtivos que exigem coordenação eficaz.[30]

A dimensão de trabalho em equipa, composta por oito itens (P25 a P32), representa a estrutura mais pequena do instrumento, o que sugere uma conceptualização mais específica e delimitada do conceito, focada na colaboração interpessoal e na coesão do grupo. Por outro lado, a comunicação e a resolução de problemas, cada uma com dez itens (P33 a P42 e P43 a P52, respetivamente), abordam dimensões relacionadas com a eficácia comunicativa e a capacidade analítica para enfrentar contingências operacionais, particularmente competências relevantes no setor da aquacultura, onde a tomada de decisão em ambientes de elevada variabilidade produtiva e sanitária requer trocas comunicativas precisas e respostas rápidas e adaptativas.

A distribuição proposta de itens apresenta uma cobertura equilibrada das competências avaliadas, com um peso relativo adequado para cada construção, embora a dimensão de trabalho em equipa, tendo um número menor de itens, possa apresentar limitações em termos de estabilidade psicométrica, aspeto que será abordado na análise de fiabilidade. Do ponto de vista da engenharia organizacional e da gestão do talento humano, esta estrutura dimensional oferece um quadro analítico que permite diagnosticar pontos fortes e áreas de melhoria nas competências interpessoais do pessoal administrativo do setor da aquacultura equatoriana, facilitando o desenho de intervenções de formação alinhadas com as exigências do ambiente produtivo.

Tabela 2.- Resultados do Alfa de Cronbach por dimensão

Dimensão	Itens	Alfa de Cronbach	Interpretação
1. Integridade	P3 - P12 (10 itens)	0.724	Aceitável
2. Liderança	P13 - P24 (12 itens)	0.913	Excelente
3. Trabalho em equipa	P25 - P32 (8 itens)	0.894	Bom/Excelente
4. Comunicação	P33 - P42 (10 itens)	0.920	Excelente
5. Resolução de Problemas	P43 - P52 (10 itens)	0.938	Excelente
Questionário Total	P3 - P52 (50 itens)	0.944	Excelente

Os coeficientes de fiabilidade obtidos para o instrumento de medição de competências interpessoais, apresentados na Tabela 2, mostram um comportamento psicométrico diferenciado entre as dimensões avaliadas, com valores que variam de 0,724 para completude a 0,938 para resolução de problemas, enquanto o coeficiente global do questionário atinge um valor de 0,944. Este conjunto de resultados permite-nos afirmar que o instrumento, no seu todo, apresenta uma consistência interna excecional, ultrapassando largamente o limiar mínimo recomendado de 0,70 estabelecido na literatura especializada para fins de investigação básica, e colocando-se na gama considerada excelente para a medição de construtos psicossociais em contextos organizacionais.

O valor de fiabilidade mais elevado corresponde à dimensão de resolução de problemas ($\alpha = 0,938$), o que indica que os dez itens que a compõem (P43 a P52) mantêm um elevado nível de intercorrelação, medindo de forma coerente o construto subjacente relacionado com a capacidade analítica e a tomada de decisão perante contingências. Esta conclusão é particularmente relevante do ponto de vista da engenharia, dado que o setor da aquacultura equatoriano enfrenta desafios operacionais e sanitários permanentes, onde a resolução eficaz de problemas é uma competência crítica para a continuidade da produção. A elevada consistência interna sugere que os itens conseguem captar adequadamente as dimensões cognitivas e processuais envolvidas nesta competência.

A dimensão da comunicação tem um coeficiente de 0,920, refletindo uma excelente homogeneidade entre os seus dez itens (P33 a P42), que abordam aspetos relacionados com clareza expressiva, escuta ativa e perceção do estado emocional dos interlocutores. Do ponto de vista da engenharia social e da gestão organizacional, este resultado é consistente com a natureza interdependente da comunicação eficaz em ambientes de trabalho que exigem coordenação entre equipas multidisciplinares, como ocorre nas empresas de aquacultura estudadas, onde a transmissão precisa de informação técnica e operacional é essencial.

A dimensão de liderança atinge um coeficiente de 0,913, evidenciando que os doze itens que a compõem (P13 a P24) mantêm uma alta consistência interna, apoiando a validade do construído avaliado. Este resultado adquire particular relevância no contexto do setor da aquacultura, onde as estruturas organizacionais exigem figuras de liderança capazes de articular equipas de trabalho, promover a motivação e gerir processos produtivos. A excelente fiabilidade observada sugere que o instrumento capta adequadamente as dimensões comportamentais e atitudinais associadas à liderança, incluindo a capacidade de iniciativa, a geração de confiança e a promoção da participação.

O coeficiente obtido para trabalho em equipa ($\alpha = 0,894$), embora esteja na faixa de bom a excelente, é ligeiramente inferior ao observado nas dimensões previamente analisadas. Esta diferença pode ser atribuída ao menor número de itens que compõem esta dimensão (oito itens,

P25 a P32), uma vez que o coeficiente alfa é sensível ao número de elementos que compõem a escala. No entanto, o valor alcançado ultrapassa largamente o limiar de 0,80 considerado boa fiabilidade, o que nos permite afirmar que a dimensão mede consistentemente o construto associado à colaboração interpessoal e à integração de grupos.

A dimensão de integridade tem o coeficiente mais baixo do instrumento ($\alpha = 0,724$), embora se mantenha dentro do intervalo aceitável. Este resultado merece atenção particular do ponto de vista psicométrico, pois sugere que os dez itens que o compõem (P3 a P12) apresentam uma homogeneidade moderada, possivelmente devido à natureza multifacetada do construto integridade, que abrange dimensões como honestidade, transparência, coerência entre valores e ações, e aceitação de erros. aspetos que, embora relacionados, podem manifestar-se de forma diferenciada dependendo dos contextos situacionais. Do ponto de vista ético e organizacional, esta descoberta convida à reflexão sobre a complexidade de medir construtos ligados ao comportamento ético em ambientes de trabalho, onde normas implícitas e incentivos organizacionais podem influenciar as respostas dos participantes.

O coeficiente global do questionário ($\alpha = 0,944$) confirma que o instrumento como um todo apresenta excelente consistência interna, excedendo o valor de 0,90 que a literatura especializada considera indicativo de fiabilidade excecional. Este resultado valida a estrutura em cinco dimensões do instrumento e apoia a sua utilidade para fins de diagnóstico organizacional no setor da aquacultura equatoriana, fornecendo uma base empírica sólida para a tomada de decisões na gestão do talento humano e no desenho de programas de desenvolvimento de competências interpessoais. A elevada fiabilidade global sugere que, embora as dimensões avaliem construtos diferenciados, todos eles estão orientados para a medição de um domínio comum relacionado com competências interpessoais e comportamentais no local de trabalho, o que é consistente com o quadro teórico subjacente ao instrumento.

SECÇÃO 2: RESULTADOS – Caracterização da amostra

Tabela 3.- Estatísticas descritivas da amostra – Variáveis sociodemográficas (n = 88)

Variável	Categoria	Frequência	Porcentagem
Idade (P1)	21-30 anos	72	81.8%
	Mais de 30 anos	16	18.2%
Sexo (P2)	Feminino	51	58.0%
	Masculino	37	42.0%

A caracterização da amostra, apresentada na Tabela 3, revela uma composição demográfica que apresenta particularidades relevantes para a interpretação dos resultados no contexto do setor da aquacultura equatoriana. A distribuição etária mostra uma predominância marcada de participantes pertencentes à faixa etária dos 21 aos 30 anos, o que representa 81,8% da amostra (72 casos), enquanto o grupo com mais de 30 anos constitui apenas os restantes

18,2% (16 casos). Esta assimetria etária sugere uma população administrativa maioritariamente jovem, o que pode refletir a dinâmica de contratação e retenção de talento no setor da aquicultura da região, caracterizada por uma crescente procura por profissionais nas fases iniciais do seu desenvolvimento ocupacional.

Do ponto de vista da engenharia organizacional e da gestão de recursos humanos, a concentração da amostra no segmento jovem é consistente com as tendências observadas em setores produtivos com elevada procura operacional, onde a incorporação de pessoal recém-licenciado ou com experiência limitada responde tanto às necessidades de renovação geracional como à disponibilidade de programas de formação especializados na área da aquicultura. Esta conclusão torna-se relevante ao considerar que as competências interpessoais avaliadas neste estudo, particularmente aquelas relacionadas com liderança e resolução de problemas, são geralmente desenvolvidas e consolidadas com a experiência e a carreira profissional, pelo que os níveis observados podem ser influenciados pela juventude relativa da amostra.

Relativamente à variável de sexo, os resultados indicam uma distribuição ligeiramente desequilibrada a favor do sexo feminino, que representa 58,0% dos participantes (51 casos), comparado com 42,0% correspondentes ao sexo masculino (37 casos). Esta proporção oferece informações valiosas sobre a composição do pessoal administrativo nas empresas de aquicultura em Guayaquil, sugerindo uma presença feminina significativa em funções administrativas, embora ligeiramente superior em comparação com a distribuição tipicamente observada nos setores produtivos tradicionalmente masculinizados. Estes dados são particularmente relevantes do ponto de vista dos estudos sobre equidade de género no local de trabalho, especialmente considerando que o setor da aquicultura equatoriano tem sido historicamente caracterizado por uma marcada segregação ocupacional baseada no género.

A maioritária representação feminina na amostra pode estar associada à natureza administrativa dos cargos avaliados, em contraste com as áreas operacionais e técnicas do setor da aquicultura, onde a participação masculina tende a ser predominante. Do ponto de vista da gestão do talento humano, esta distribuição sugere a necessidade de políticas organizacionais que promovam a equidade de género tanto a nível administrativo como operacional, bem como o desenvolvimento de competências de liderança e tomada de decisão nas equipas de trabalho, considerando a diversidade como um fator que promove a inovação e a eficácia organizacional.

É importante notar que as características sociodemográficas da amostra, com a sua predominância de participantes jovens e femininos, devem ser consideradas como fatores contextuais na interpretação dos resultados relacionados com competências interpessoais. Os jovens da amostra podem implicar níveis diferenciais de desenvolvimento de

certas competências comportamentais, particularmente aquelas consolidadas com experiência profissional e maturidade profissional, enquanto a composição por sexo levanta questões sobre possíveis padrões de socialização diferencial no desenvolvimento de competências interpessoais e comunicativas no ambiente de trabalho da aquicultura. Estes aspetos serão abordados nas análises comparativas subsequentes, que permitirão avaliar se as diferenças observadas nas dimensões avaliadas são estatisticamente significativas ou respondem a variações atribuíveis às características sociodemográficas dos participantes.

SECÇÃO 3: RESULTADOS – Estatísticas descritivas

Tabela 4.- Estatísticas descritivas por dimensão (com itens invertidos)

Dimensão	Med ia	Des v. A lest e.	Míni mo	Máxi mo	Assimet ria	Curto se
Integridad e	4.04	0.68	1.90	5.00	-0.82	0.94
Liderança	4.25	0.86	1.00	5.00	-1.21	1.73
Trabalho de equipa	4.26	0.94	1.00	5.00	-1.31	1.53
Comunica ção	4.24	0.93	1.00	5.00	-1.31	1.74
Resolução de Problemas	4.29	0.95	1.00	5.00	-1.35	1.69

As estatísticas descritivas apresentadas na Tabela 4 revelam níveis notavelmente elevados de auto-perceção em todas as dimensões avaliadas, com médias que variam de 4,04 para completude a 4,29 para resolução de problemas, numa escala de Likert de 1 a 5 pontos. Estes valores sugerem que os participantes do estudo percebem que têm um elevado nível de desenvolvimento nas competências comportamentais avaliadas, excedendo o ponto médio da escala e aproximando-se do limite superior de resposta. Do ponto de vista organizacional, este achado é particularmente relevante para o setor da aquicultura equatoriano, pois indica uma perceção favorável das competências interpessoais no pessoal administrativo, que podem constituir um ativo intangível significativo para as empresas do setor.

A dimensão com a média mais alta corresponde à resolução de problemas ($M = 4,29$, $DS = 0,95$), seguida pelo trabalho em equipa ($M = 4,26$, $DS = 0,94$) e liderança ($M = 4,25$, $SD = 0,86$). Estas pontuações sugerem que os participantes atribuem um maior desenvolvimento a competências relacionadas com capacidade analítica, colaboração em grupo e gestão de equipas, aspetos críticos para o desempenho em ambientes produtivos caracterizados pela necessidade de resposta rápida a contingências operacionais e de saúde, como ocorre no setor da aquicultura. A comunicação atingiu uma média de 4,24 ($DS = 0,93$), colocando-a num nível semelhante ao das dimensões mencionadas anteriormente, enquanto a integridade tinha a

média mais baixa ($M = 4,04$, $SD = 0,68$), embora ainda numa faixa considerada alta.

É importante notar que todas as dimensões têm médias superiores a 4,0, que na escala de Likert usada corresponde a "quase sempre" no contínuo de resposta que vai de "nunca" a "sempre". Este padrão de respostas pode ser influenciado por um viés de desejabilidade social, um fenómeno frequente em estudos de auto-perceção das competências psicossociais, onde os participantes tendem a sobrestimar as suas capacidades em dimensões positivamente valorizadas pela organização e pela sociedade. Do ponto de vista técnico, este achado sugere a necessidade de complementar as medições de auto-perceção com avaliações comportamentais de desempenho ou com observações de terceiros (heteroavaliações) para obter uma abordagem mais objetiva ao desenvolvimento real destas competências no ambiente de trabalho.

Os desvios padrão observados revelam que a dimensão de integridade tem a menor variabilidade ($DS = 0,68$), indicando maior homogeneidade nas respostas dos participantes em comparação com as outras dimensões. Pelo contrário, a resolução de problemas ($DS = 0,95$) e o trabalho em equipa ($DS = 0,94$) apresentam as maiores dispersões, sugerindo uma maior heterogeneidade na auto-perceção destas competências entre os participantes. Esta variabilidade diferencial pode estar associada à natureza dos construtos avaliados: enquanto integridade se refere a princípios éticos e normativos que tendem a ser internalizados de forma mais uniforme, a resolução de problemas e o trabalho em equipa estão mais ligados a experiências situacionais e trajetórias de trabalho particulares, o que pode gerar maiores diferenças nas perceções individuais.

As análises de forma de distribuição revelam assimetrias negativas em todas as dimensões, com valores que variam de -0,82 para integridade a -1,35 para resolução de problemas. Estes coeficientes indicam uma concentração de respostas nos valores elevados da escala, consistente com as médias elevadas observadas. Kurtoses positivas, com valores entre 0,94 para integridade e 1,74 para comunicação, sugerem distribuições leptocurísticas, caracterizadas por uma maior concentração de casos na zona central e caudas menos estendidas do que o esperado numa distribuição normal.

Do ponto de vista da engenharia organizacional e da gestão do talento humano, estes resultados sugerem que o pessoal administrativo do setor da aquacultura equatoriano percebe-se como possuidor de um sólido nível de competências interpessoais, particularmente em dimensões relacionadas com resolução de problemas e trabalho em equipa, competências críticas para o desempenho em ambientes de produção altamente complexos. No entanto, a pontuação relativamente baixa de integridade levanta questões sobre fatores organizacionais que podem influenciar a auto-perceção de conduta ética, bem como sobre políticas

institucionais destinadas a fortalecer a coerência ética e a transparência nas práticas laborais no setor. A elevação das pontuações em todas as dimensões acima de 4,0 convida à reflexão sobre a necessidade de implementar mecanismos complementares de avaliação que permitam contrastar auto-perceções com indicadores objetivos de desempenho comportamental, contribuindo assim para uma compreensão mais abrangente do desenvolvimento das soft skills no contexto da aquacultura equatoriana.

SECÇÃO 4: RESULTADOS – Correlações globais

Tabela 5.- Matriz de correlações entre dimensões (Pearson)

Dimensão	Integridade	Liderança	Trabalho em equipa	Comunicação	Resolução de Problemas
Integridade	1.000				
Liderança	0.531	1.000			
Trabalho de equipa	0.514	0.736	1.000		
Comunicação	0.531	0.752	0.839	1.000	
Resolução de Problemas	0.452	0.673	0.745	0.734	1.000

Todas as correlações são significativas com $p < 0,01$

A matriz de correlação de Pearson apresentada na Tabela 5 revela associações positivas e estatisticamente significativas ($p < 0,01$) entre todas as dimensões do instrumento, com coeficientes que variam entre 0,452 e 0,839. Este padrão de intercorrelações sugere que as cinco competências comportamentais avaliadas não operam como construtos independentes, mas mantêm antes relações interdependentes que refletem a natureza sistémica das competências interpessoais no contexto organizacional. Do ponto de vista teórico, estes resultados são consistentes com modelos multidimensionais de competências psicossociais, que postulam a existência de relações significativas entre diferentes dimensões comportamentais, particularmente aquelas relacionadas com a interação social e o desempenho no trabalho.

A maior correlação observa-se entre trabalho em equipa e comunicação ($r = 0,839$), o que indica que ambas as dimensões partilham aproximadamente 70,4% da sua variância comum. Esta parceria forte é conceptualmente coerente, uma vez que a eficácia do trabalho colaborativo depende fundamentalmente da capacidade dos membros da equipa para trocar informações de forma clara, expressar opiniões atempadamente e compreender as necessidades e estados emocionais uns dos outros. No contexto do setor da aquicultura equatoriana, onde as operações produtivas requerem coordenação constante entre diferentes áreas e níveis hierárquicos, esta interdependência entre comunicação e trabalho em equipa adquire particular relevância, sugerindo que intervenções de formação

destinadas a fortalecer uma destas competências podem ter efeitos positivos na outra.

De forma semelhante, a correlação entre liderança e comunicação atinge um valor de 0,752, refletindo que a capacidade de liderar equipes está intimamente ligada às competências de comunicação, particularmente aquelas relacionadas com a expressão clara de ideias, a transmissão de confiança e a facilitação da participação. Esta conclusão é consistente com a literatura especializada que identifica a comunicação eficaz como um dos pilares fundamentais da liderança transformacional e situacional. Do ponto de vista da engenharia organizacional, esta relação sugere que os processos de desenvolvimento de liderança no setor da aquicultura devem incorporar componentes intensivos de formação em competências de comunicação, reconhecendo que a capacidade de influenciar as equipes de trabalho é mediada pela capacidade de estabelecer canais de comunicação eficazes.

A associação entre trabalho em equipe e liderança ($r = 0,736$) reforça a noção de que ambas as competências se alimentam mutuamente em contextos organizacionais, onde líderes eficazes são aqueles capazes de fomentar a colaboração e a coesão do grupo, enquanto equipes de trabalho coesas facilitam o exercício da liderança ao gerar ambientes de confiança e participação. O setor da aquicultura, caracterizado por operações que requerem coordenação entre equipes multidisciplinares, poderia beneficiar de estratégias de gestão que promovam simultaneamente o desenvolvimento da liderança e o trabalho em equipe, reconhecendo a sua natureza interdependente.

As correlações entre integridade e outras dimensões, embora significativas, apresentam os valores mais baixos na matriz, variando de 0,452 na resolução de problemas a 0,531 na liderança e comunicação. Este padrão sugere que integridade, entendida como coerência entre valores e ações, transparência e aceitação de erros, mantém uma relação mais moderada com as outras competências comportamentais. De uma perspectiva ética e organizacional, esta conclusão pode indicar que a integridade constitui uma construção relativamente independente dentro do conjunto de competências interpessoais, possivelmente porque se refere a dimensões de natureza moral e normativa que operam a um nível diferente das competências mais orientadas para a interação social e a resolução de problemas operacionais.

A correlação entre integridade e resolução de problemas ($r = 0,452$) é a mais baixa de toda a matriz, sugerindo que a auto-percepção de comportamentos éticos e transparentes se limita à percepção da capacidade de identificar causas de problemas, gerar soluções alternativas e avaliar resultados. Esta conclusão é particularmente relevante do ponto de vista da gestão do talento humano, pois sugere que competências ligadas à dimensão ética e aquelas associadas à capacidade analítico-operacional poderiam ser desenvolvidas através

de trajetórias diferenciais, exigindo estratégias de formação específicas para cada domínio.

Do ponto de vista metodológico, as correlações obtidas em todos os casos excedem o limiar de 0,30 considerado indicativo de uma associação praticamente significativa, e a maioria delas situa-se na faixa de correlações fortes ($r > 0,70$) ou moderadas (r entre 0,40 e 0,70). Este padrão sugere que, embora as dimensões mantenham relações significativas que justificam a sua inclusão num instrumento comum, apresentam especificidade suficiente para serem consideradas construtos diferenciados. A significância estatística de todas as correlações ($p < 0,01$) fornece uma base sólida para afirmar que as relações observadas não são atribuíveis ao acaso, reforçando a validade do instrumento e apoiando a relevância da análise das competências interpessoais como sistema de competências inter-relacionadas no contexto do setor da aquicultura equatoriana.

SECÇÃO 5: RESULTADOS – Comparações de grupos

Tabela 6.- Correlações por Grupo etário

Correlação	21-30 anos (n=72)	>30 anos (n=16)
Integridade - Liderança	0.530**	0.516*
Integridade - Trabalho em Equipe	0.516**	0.489*
Liderança - Comunicação	0.748**	0.781**
Trabalho de Equipe - Comunicação	0.835**	0.852**

A análise de correlação segmentada por grupos etários, apresentada na Tabela 6, revela padrões de associação entre as dimensões das competências interpessoais que permanecem consistentes tanto no grupo de participantes dos 21 aos 30 anos como no grupo de participantes com mais de 30 anos, com todas as correlações a atingirem significância estatística. Esta conclusão sugere que a estrutura relacional entre as competências comportamentais avaliadas se mantém estável em todas as faixas etárias consideradas, indicando que a interdependência entre as dimensões do instrumento não é substancialmente alterada pela idade dos participantes.

As correlações observadas no grupo de jovens participantes (21 a 30 anos) mostram coeficientes entre 0,516 e 0,835, todos eles significativos com $p < 0,01$. Por outro lado, o grupo mais antigo (com mais de 30 anos) apresenta coeficientes que variam entre 0,489 e 0,852, com níveis de significância que incluem tanto $p < 0,01$ como $p < 0,05$. Este padrão de resultados sugere que, embora as magnitudes das associações mostrem ligeiras variações entre ambos os grupos, a direção e a natureza das relações entre as dimensões avaliadas permanecem fundamentalmente invariantes, o que apoia a estabilidade do instrumento de medição em diferentes segmentos etários.

A maior correlação em ambos os grupos é observada entre trabalho em equipe e comunicação, atingindo 0,835 no grupo etário dos 21 aos 30 anos e 0,852 no grupo etário acima dos 30. Esta consistência na magnitude da associação

sugere que a relação entre a capacidade de colaborar em equipa e as competências de comunicação permanece igualmente forte, independentemente da idade dos participantes. Do ponto de vista da engenharia organizacional, esta conclusão é relevante na medida em que indica que a interdependência entre estas duas competências constitui um fenómeno estável, sugerindo que estratégias de desenvolvimento organizacional destinadas a fortalecer o trabalho em equipa poderiam ser implementadas de forma semelhante em populações de trabalho de diferentes idades, aproveitando a relação sinérgica com as competências comunicativas.

A correlação entre liderança e comunicação também mostra valores elevados e comparáveis em ambos os grupos, com coeficientes de 0,748 para o grupo jovem e 0,781 para o grupo mais velho. Esta semelhança sugere que a associação entre a capacidade de liderar equipas e as competências de comunicação permanece robusta em todas as faixas etárias, apoiando a ideia de que a comunicação eficaz constitui um componente transversal da liderança, independentemente da experiência ou do percurso profissional. Este resultado é particularmente relevante para o desenho de programas de formação em competências de liderança para o setor da aquacultura, pois sugere que intervenções destinadas ao desenvolvimento de competências de comunicação podem ter efeitos positivos nas competências de liderança tanto em jovens profissionais como naqueles com mais experiência.

As correlações entre integridade e as outras dimensões mostram valores mais moderados em ambos os grupos etários, com coeficientes que variam entre 0,489 e 0,530. A integridade, quando avaliada por itens que questionam a aceitação de erros, a coerência entre valores e ações, e a transparência, mantém uma relação sistematicamente mais baixa com as dimensões orientadas para a interação social e a resolução de problemas, um padrão que é consistentemente observado em ambos os grupos etários. Esta descoberta reforça a noção de que a integridade, entendida como uma competência ligada a princípios éticos e normativos, poderia operar como uma construção relativamente independente dentro do ecossistema de competências interpessoais, mantendo relações mais moderadas com as dimensões comportamentais orientadas para a interação e operação.

É importante notar que as correlações entre integridade e liderança (0,530 em jovens vs. 0,516 em pessoas mais velhas) e integridade e trabalho de equipa (0,516 em jovens vs. 0,489 em pessoas mais velhas) mostram diferenças marginais entre ambos os grupos, com valores ligeiramente mais elevados no grupo etário mais jovem. Estas diferenças, embora mínimas, podem sugerir que, em populações mais jovens, a relação entre dimensões ética e comportamental tende a ser ligeiramente mais próxima, possivelmente devido a processos organizacionais de socialização que ainda estão em fases iniciais de consolidação. Do ponto de vista da gestão do talento humano, esta conclusão sugere que a integração entre a dimensão ética e as competências

interpessoais poderia ser reforçada através de intervenções de formação precoce, particularmente em populações jovens de trabalho onde estas associações mostram tendência para serem mais pronunciadas.

A consistência dos padrões de correlação entre os dois grupos etários é um achado metodologicamente relevante, pois apoia a validade do instrumento de medição ao demonstrar que as relações entre as dimensões avaliadas não apresentam variações substanciais atribuíveis à idade dos participantes. Esta estabilidade é particularmente significativa para a aplicação do questionário em contextos organizacionais diversos, pois sugere que a estrutura fatorial do instrumento permanece invariante em diferentes segmentos etários, o que facilita a sua utilização como ferramenta diagnóstica em populações de trabalho heterogêneas. A magnitude das correlações observadas, consistentemente moderadas a fortes em ambos os grupos, apoia a noção de que as competências interpessoais avaliadas constituem um sistema de competências inter-relacionadas cuja estrutura se mantém estável ao longo do ciclo de vida profissional.

Tabela 7.- Correlações por grupo por sexo

Correlação	Feminino (n=51)	Masculino (n=37)
Integridade - Liderança	0.547**	0.502**
Integridade - Trabalho em Equipa	0.528**	0.491**
Liderança - Comunicação	0.758**	0.739**
Trabalho de Equipa - Comunicação	0.841**	0.832**

A análise de correlação segmentada por sexo, apresentada na Tabela 7, revela padrões de associação entre as dimensões das competências interpessoais que permanecem consistentes tanto no grupo de participantes do sexo feminino como no grupo de participantes do sexo masculino, com todas as correlações a atingirem significância estatística ($p < 0,01$). Esta conclusão sugere que a estrutura relacional entre as competências comportamentais avaliadas não apresenta diferenças substanciais atribuíveis ao sexo dos participantes, indicando que a interdependência entre as dimensões do instrumento constitui um fenómeno que transcende as diferenças de género no contexto do setor da aquacultura equatoriano.

As correlações observadas no grupo feminino têm coeficientes entre 0,528 e 0,841, enquanto no grupo masculino os valores variam entre 0,491 e 0,832. Esta gama de coeficientes, bem como a ordem de grandeza das associações, é praticamente equivalente entre ambos os grupos, o que sugere que a estrutura das relações entre as competências avaliadas permanece inalterada independentemente do sexo dos participantes. Do ponto de vista psicométrico, esta consistência apoia a validade do instrumento ao demonstrar que as dimensões do questionário mantêm padrões estáveis de intercorrelação em

diferentes subgrupos populacionais, o que constitui um indicador relevante da robustez da medida.

A maior correlação em ambos os grupos é observada entre trabalho em equipa e comunicação, atingindo 0,841 no grupo feminino e 0,832 no grupo masculino. Esta ligeira diferença a favor das mulheres, embora mínima, pode sugerir uma integração ligeiramente mais próxima entre a capacidade colaborativa e as competências de comunicação na população feminina. No entanto, a magnitude da diferença é tão pequena que não permite fazer afirmações conclusivas a este respeito, e a semelhança dos coeficientes sugere que a relação entre estas duas competências constitui uma característica transversal, presente de forma equivalente em ambos os sexos. Do ponto de vista da engenharia organizacional, esta conclusão é relevante na medida em que indica que os programas de desenvolvimento de trabalho em equipa no setor da aquacultura poderiam ser estruturados de forma semelhante para populações femininas e masculinas, tirando partido da relação sinérgica com competências de comunicação que se manifesta consistentemente em ambos os grupos.

A correlação entre liderança e comunicação também mostra valores muito semelhantes entre ambos os sexos, com coeficientes de 0,758 para o grupo feminino e 0,739 para o grupo masculino. Esta proximidade em magnitude sugere que a associação entre a capacidade de liderar equipas e as competências de comunicação permanece robusta e equivalente em mulheres e homens, apoiando a noção de que a comunicação eficaz constitui um componente fundamental da liderança independentemente do género daqueles que desempenham funções de gestão. Do ponto de vista da equidade de género no local de trabalho, esta descoberta é particularmente relevante, pois sugere que os mecanismos que ligam competências de comunicação e liderança operam de forma semelhante em ambos os sexos, o que pode contribuir para desmistificar concepções estereotipadas sobre as diferenças de género nas competências de liderança.

As correlações entre integridade e liderança mostram valores de 0,547 para o grupo feminino e 0,502 para o grupo masculino, enquanto as associações entre integridade e trabalho em equipa atingem 0,528 nas mulheres e 0,491 nos homens. Em ambos os casos, os coeficientes obtidos no grupo feminino são ligeiramente superiores aos observados no grupo masculino, o que pode sugerir uma relação ligeiramente mais próxima entre a dimensão ética e as competências interpessoais na população feminina. Estas diferenças, no entanto, são suficientemente pequenas para serem interpretadas com cautela, e a significância estatística de ambas as correlações em ambos os grupos apoia a existência de relações positivas entre integridade e outras dimensões, independentemente do sexo.

É importante notar que, em termos gerais, as mulheres têm coeficientes de correlação ligeiramente superiores aos homens em todas as associações avaliadas. Esta tendência,

embora sistemática, é de pequena magnitude e não permite estabelecer diferenças conclusivas entre os dois grupos. A homogeneidade nos padrões de correlação é um achado metodologicamente relevante, pois sugere que a estrutura fatorial do instrumento permanece invariante em diferentes grupos sexuais, o que apoia a validade intercultural e de género do questionário. Do ponto de vista da gestão organizacional, esta consistência sugere que os diagnósticos de competências interpessoais feitos com este instrumento podem ser interpretados de forma equivalente para populações feminina e masculina, sem necessidade de estabelecer escalas diferenciais de acordo com o sexo dos participantes.

A coincidência nos padrões de correlação entre homens e mulheres é particularmente significativa para a análise das competências interpessoais no setor da aquacultura equatorial, pois sugere que a interdependência entre as competências comportamentais avaliadas constitui um fenómeno relativamente estável, que não é substancialmente afetado pelas diferenças de género nos processos de socialização. Desenvolvimento profissional ou experiências de trabalho. Esta estabilidade das relações entre dimensões independentemente do sexo, observada consistentemente em todas as associações avaliadas, reforça a validade do instrumento de medição e fornece uma base empírica sólida para afirmar que a estrutura das competências interpessoais, pelo menos no contexto do setor da aquacultura equatorial, apresenta um comportamento semelhante em homens e mulheres, que facilita a interpretação e comparação de resultados em diversas populações de trabalho e contribui para a compreensão das competências comportamentais como construtos universais no campo organizacional.

SECÇÃO 6: RESULTADOS – Análise por sexo

Tabela 8.- Estatísticas descritivas por sexo e teste de homogeneidade das variâncias.

Dimensão	Feminino (n=51)	Masculino (n=37)	Levene (F)	p
	Médio (SD)	Médio (SD)		
Integridade	4.08 (0.68)	3.97 (0.70)	0.148	0.701
Liderança	4.35 (0.78)	4.11 (0.95)	1.875	0.174
Trabalho de equipa	4.36 (0.89)	4.12 (1.00)	0.861	0.356
Comunicação	4.32 (0.88)	4.12 (0.99)	0.443	0.507
Resolução de Problemas	4.36 (0.93)	4.19 (0.98)	0.048	0.827

A análise das estatísticas descritivas segmentadas por sexo, complementada pelo teste de Levene para a homogeneidade das variâncias, apresentado na Tabela 8, revela diferenças sistemáticas mas moderadas na forma de auto-perceção das competências interpessoais entre mulheres e homens, acompanhadas por variâncias que não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre ambos os grupos. As mulheres obtêm pontuações médias mais elevadas em todas as dimensões avaliadas, com diferenças que variam entre 0,11 pontos em integridade e 0,24 pontos em liderança e trabalho em equipa, numa escala de 1 a 5

pontos. Este padrão consistente sugere uma tendência para uma ligeira percepção superior das competências comportamentais na população feminina do setor da aquacultura equatoriana, embora a magnitude destas diferenças seja pequena e exija uma análise de significância estatística para determinar a sua relevância.

Na dimensão de integridade, as mulheres têm uma média de 4,08 ($DS = 0,68$) comparado com 3,97 ($DS = 0,70$) nos homens, o que representa uma diferença de 0,11 pontos. Esta diferença, embora modesta, sugere que as mulheres tendem a perceber-se como tendo níveis ligeiramente superiores de consistência ética, transparência e aceitação dos erros em comparação com os seus pares masculinos. A similaridade nos desvios padrão (0,68 vs. 0,70) indica uma variabilidade comparável em ambos os grupos, o que é confirmado pelo teste de Levene ($F = 0,148$, $p = 0,701$), que mostra que as variâncias não apresentam diferenças significativas. Do ponto de vista psicométrico, a homogeneidade das variâncias é um requisito fundamental para a aplicação de testes paramétricos para a comparação de médias, e neste caso é satisfatoriamente cumprida para todas as dimensões avaliadas.

A dimensão de liderança apresenta a diferença mais pronunciada entre os dois grupos, com uma média de 4,35 ($DS = 0,78$) para mulheres e 4,11 ($DS = 0,95$) para homens, o que representa uma vantagem de 0,24 pontos a favor do sexo feminino. Esta diferença, embora moderada, é particularmente relevante no contexto do setor da aquacultura, onde os papéis de liderança têm sido tradicionalmente ocupados maioritariamente por homens. O desvio padrão mais elevado observado no grupo masculino (0,95 vs. 0,78) sugere uma maior heterogeneidade nas percepções de liderança entre os homens, com alguns participantes a reportarem níveis muito baixos e outros muito elevados, enquanto as mulheres apresentam respostas mais concentradas em torno da média. O teste de Levene confirma que esta diferença de variâncias não atinge significância estatística ($F = 1,875$, $p = 0,174$), embora esteja próxima do limiar convencional, sugerindo uma tendência para uma maior variabilidade nas respostas masculinas.

Na dimensão de trabalho em equipa, as mulheres obtiveram uma média de 4,36 ($DS = 0,89$) comparado com 4,12 ($DS = 1,00$) nos homens, com uma diferença de 0,24 pontos, também favorável ao sexo feminino. Esta disparidade sugere que as mulheres se percebem como tendo maiores competências para a colaboração em grupo, a promoção da unidade no ambiente de trabalho e a aceitação de acordos estabelecidos em equipa. O desvio padrão mais elevado no grupo masculino (1,00 vs. 0,89) indica novamente uma ligeira variabilidade nas respostas masculinas, embora o teste de Levene ($F = 0,861$, $p = 0,356$) confirme que esta diferença não é estatisticamente significativa.

A comunicação, uma dimensão que mede competências ligadas à clareza expressiva, escuta ativa e percepção do

estado emocional dos outros, tem uma média de 4,32 ($DS = 0,88$) nas mulheres e 4,12 ($DS = 0,99$) nos homens, com uma diferença de 0,20 pontos a favor das mulheres. Este resultado é consistente com a literatura que sugere que as mulheres tendem a desenvolver competências comunicativas mais fortes em contextos relacionais, possivelmente devido a padrões diferenciais de socialização que enfatizam a expressão emocional e a empatia. O teste de Levene ($F = 0,443$, $p = 0,507$) confirma a homogeneidade das variâncias entre ambos os grupos, validando a utilização de testes paramétricos para avaliar a significância desta diferença.

A resolução de problemas apresenta a menor diferença entre os dois grupos, com uma média de 4,36 ($DS = 0,93$) para as mulheres e 4,19 ($DS = 0,98$) para os homens, o que representa uma vantagem de 0,17 pontos para as mulheres. Esta dimensão, que avalia competências ligadas à identificação das causas dos problemas, à geração de soluções alternativas e à avaliação dos resultados, apresenta a menor diferença entre os sexos, o que pode sugerir que as competências analíticas e de tomada de decisão estão mais igualmente distribuídas entre homens e mulheres no contexto do setor da aquacultura. O teste de Levene ($F = 0,048$, $p = 0,827$) confirma que as variâncias são praticamente equivalentes em ambos os grupos, o que constitui o resultado mais robusto de homogeneidade em toda a tabela.

A análise da homogeneidade das variâncias, avaliada pelo teste de Levene, mostra que em nenhuma das dimensões é rejeitada a hipótese nula da igualdade das variâncias, com valores de probabilidade que variam entre 0,174 na liderança e 0,827 na resolução de problemas. Esta conclusão é metodologicamente relevante, uma vez que a homogeneidade das variâncias é uma suposição fundamental para a aplicação dos testes t de Student a amostras independentes, bem como para análises de variância (ANOVA). O cumprimento desta suposição em todas as dimensões avaliadas apoia a validade das comparações estatísticas feitas entre ambos os grupos, fornecendo uma base empírica sólida para determinar se as diferenças observadas nas médias atingem significância estatística.

Do ponto de vista da engenharia organizacional e da gestão do talento humano, o padrão dos resultados observados sugere que, embora as mulheres tendam a relatar níveis ligeiramente superiores de competências interpessoais em todas as dimensões, a magnitude dessas diferenças é moderada e a homogeneidade das variâncias indica que a variabilidade nas respostas é comparável entre ambos os sexos. Esta conclusão convida à reflexão sobre os fatores que podem estar a contribuir para as diferenças observadas, bem como sobre a necessidade de implementar políticas de equidade de género que promovam o desenvolvimento equitativo das competências comportamentais no setor da aquacultura, reconhecendo tanto as forças como as áreas de oportunidade apresentadas por cada um dos grupos. A

consistência da homogeneidade das variâncias em todas as dimensões também sugere que o instrumento de medição se comporta de forma estável em diferentes grupos sexuais, o que constitui um indicador adicional da sua validade e utilidade para fins de diagnóstico organizacional.

Tabela 9. Comparação de médias entre homens e mulheres (t-test)

Dimensão	t	GL	p	Cohen's d
Integridade	0.726	86	0.470	0.16
Liderança	1.318	86	0.191	0.28
Trabalho de equipa	1.175	86	0.243	0.25
Comunicação	1.000	86	0.320	0.21
Resolução de Problemas	0.847	86	0.399	0.18

Nota: d de Cohen = tamanho do efeito (0,2 = pequeno, 0,5 = médio, 0,8 = grande)

A análise da comparação de médias usando o teste t para amostras independentes, apresentada na Tabela 9, revela que as diferenças observadas nas pontuações de auto percepção das competências interpessoais entre mulheres e homens não atingem significância estatística em nenhuma das cinco dimensões avaliadas. Os valores de probabilidade associados às t-estatísticas variam de 0,191 para liderança a 0,470 para completude, todos eles bem acima do limiar convencional de 0,05 que permitiria rejeitar a hipótese nula da igualdade de meios. Esta descoberta sugere que, embora as mulheres tenham pontuações médias consistentemente mais elevadas do que os homens em todas as dimensões, estas diferenças não são suficientemente grandes para serem consideradas estatisticamente significativas no contexto da amostra analisada.

Na dimensão de integridade, a estatística t atinge um valor de 0,726 com 86 graus de liberdade e uma probabilidade associada de 0,470, indicando que a diferença de 0,11 pontos observada entre mulheres ($M = 4,08$) e homens ($M = 3,97$) pode dever-se ao acaso em aproximadamente 47% das amostras possíveis. Este resultado sugere que, do ponto de vista estatístico, não há evidência suficiente para afirmar que homens e mulheres diferem na sua auto-percepção de integridade no contexto do setor da aquicultura equatoriana. A dimensão de liderança tem o valor t mais elevado ($t = 1,318$, $p = 0,191$), o que indica que a diferença de 0,24 pontos a favor das mulheres, embora a mais pronunciada de todas as dimensões, também não atinge significância estatística, com uma probabilidade de erro tipo I de 19,1%.

As dimensões trabalho em equipa ($t = 1,175$, $p = 0,243$) e comunicação ($t = 1,000$, $p = 0,320$) apresentam padrões semelhantes, com diferenças de 0,24 e 0,20 pontos respetivamente que não atingem significância estatística. A resolução de problemas apresenta o valor t mais baixo ($t = 0,847$, $p = 0,399$), consistente com a menor diferença observada entre ambos os grupos (0,17 pontos), o que reforça a conclusão de que as competências analíticas e de tomada de decisão são percebidas de forma semelhante entre homens e mulheres no setor da aquicultura equatoriana.

A análise do tamanho do efeito, calculada usando o d de Cohen, fornece informação complementar sobre a magnitude prática das diferenças observadas, para além da sua significância estatística. Os coeficientes obtidos variam de 0,16 para integridade a 0,28 para liderança, todos eles no intervalo considerado de pequeno tamanho de efeito segundo critérios convencionais (0,2 = pequeno, 0,5 = médio, 0,8 = grande). A dimensão de liderança tem o maior tamanho de efeito ($d = 0,28$), seguida do trabalho em equipa ($d = 0,25$), comunicação ($d = 0,21$), resolução de problemas ($d = 0,18$) e integridade ($d = 0,16$). Estes valores indicam que, mesmo no caso da diferença mais pronunciada, a magnitude da associação entre sexo e competências interpessoais é pequena, explicando menos de 2% da variância total nas pontuações de liderança.

Do ponto de vista da engenharia organizacional e da gestão do talento humano, a ausência de diferenças significativas entre homens e mulheres nas competências interpessoais avaliadas é um achado relevante que sugere que o género não atua como um fator determinante na auto percepção das competências comportamentais no contexto do setor da aquicultura equatoriana. Este resultado é particularmente significativo do ponto de vista da equidade de género no local de trabalho, pois sugere que as competências associadas à liderança, trabalho em equipa, comunicação, integridade e resolução de problemas estão relativamente igualmente distribuídas entre homens e mulheres, pelo menos em termos da auto percepção destas competências.

Os resultados obtidos convidam à reflexão sobre a natureza das diferenças de género na esfera organizacional, sugerindo que, no contexto específico do setor da aquicultura equatoriana, as percepções das competências interpessoais não apresentam vieses significativos associados ao sexo dos participantes. Esta conclusão, no entanto, deve ser qualificada pelas limitações inerentes às medições de auto-percepção, que podem ser influenciadas por fatores como a desejabilidade social, estereótipos de género interiorizados ou expectativas organizacionais, que podem modular as respostas dos participantes de acordo com o seu sexo.

A dimensão do pequeno efeito observado em todas as dimensões sugere que, mesmo nos casos em que as diferenças se aproximam da significância estatística (como na liderança, com $p = 0,191$ e $d = 0,28$), a magnitude prática dessas diferenças é modesta. Esta conclusão adquire relevância do ponto de vista da política organizacional, pois indica que as estratégias destinadas a promover o desenvolvimento de competências interpessoais no setor da aquicultura não exigem necessariamente abordagens diferenciadas por género, pelo menos em termos de auto-percepção das competências. A homogeneidade nos padrões de resposta entre homens e mulheres sugere que as intervenções de formação poderiam ser concebidas com uma abordagem universal, sem necessidade de estabelecer programas diferenciados de acordo com o sexo dos participantes, embora se tenha sempre em conta que a

equidade de gênero no desenvolvimento profissional exige políticas abrangentes que transcendam o campo das competências comportamentais.

4.- Discussão

4.1. Interpretação dos resultados

Os resultados obtidos nesta investigação permitem-nos caracterizar o perfil de competências interpessoais do pessoal administrativo do setor da aquacultura equatoriana, revelando elevados níveis de autopercepção em todas as dimensões avaliadas, com médias que variam de 4,03 para integridade a 4,29 para resolução de problemas. Este padrão de resultados sugere que os participantes percebem um desenvolvimento sólido de competências comportamentais, particularmente nas relacionadas com competências analíticas, colaboração em grupo e comunicação eficaz. A elevação das pontuações acima de 4,0 numa escala de 1 a 5 pontos pode ser interpretada como um indicador de que o pessoal administrativo do setor da aquacultura valoriza positivamente as suas competências interpessoais, embora também possa refletir a influência do viés de desejabilidade social, um fenómeno frequente em estudos de auto-percepção onde os participantes tendem a sobrestimar as suas capacidades em dimensões valorizadas pela organização e pela sociedade. Do ponto de vista da engenharia organizacional, esta conclusão sugere que as empresas do setor têm uma base de competências favorável para construir estratégias de desenvolvimento de talento, embora se recomende complementar as medições de auto-percepção com avaliações comportamentais de desempenho ou com observações de terceiros para obter uma abordagem mais objetiva ao desenvolvimento real destas competências.

A identificação da resolução de problemas como a dimensão com a média mais elevada é consistente com as exigências do contexto da produção aquícola, caracterizado por contingências operacionais e de saúde permanentes que exigem respostas rápidas e adaptativas e tomada de decisão sob incerteza. Esta conclusão sugere que o pessoal administrativo do setor desenvolveu competências analíticas e de tomada de decisão que lhes permitem enfrentar eficazmente os desafios inerentes à atividade produtiva. Além disso, a dimensão da integridade tem a média mais baixa, o que pode refletir a complexidade de medir construtos ligados ao comportamento ético em ambientes de trabalho onde normas implícitas e incentivos organizacionais podem influenciar as respostas dos participantes. Esta observação é particularmente relevante do ponto de vista ético e organizacional, pois sugere que competências ligadas à transparência, coerência entre valores e ações, e aceitação de erros constituem uma área de oportunidade para o fortalecimento da cultura organizacional no setor da aquacultura.

A matriz de correlação revela associações positivas e significativas entre todas as dimensões avaliadas, com coeficientes que variam entre 0,452 e 0,839, indicando que as soft skills não operam como construtos independentes,

mas como um sistema de competências inter-relacionadas que se influenciam mutuamente. A maior correlação entre trabalho em equipa e comunicação ($r = 0,839$) é conceptualmente coerente, uma vez que a eficácia da colaboração em grupo depende fundamentalmente da capacidade dos membros da equipa para trocar informações de forma clara, expressar opiniões de forma atempada e compreender as necessidades e estados emocionais dos outros. Esta interdependência é particularmente relevante no setor da aquacultura, onde as operações de produção exigem coordenação constante entre diferentes áreas e níveis hierárquicos, e sugere que intervenções de formação destinadas a fortalecer uma destas competências podem ter efeitos positivos na outra, otimizando assim os recursos alocados ao desenvolvimento de talento.

A análise comparativa por sexo revela que, embora as mulheres obtenham pontuações médias ligeiramente superiores em todas as dimensões, estas diferenças não atingem significância estatística, como demonstrado pelos valores de probabilidade obtidos no teste t ($p > 0,05$ em todos os casos). Esta conclusão é particularmente relevante do ponto de vista da equidade de gênero no local de trabalho, pois sugere que as competências associadas à liderança, trabalho em equipa, comunicação, integridade e resolução de problemas estão igualmente distribuídas entre homens e mulheres no contexto do setor da aquacultura equatoriana. Os tamanhos do efeito, calculados usando o d de Cohen, estão na pequena gama (0,16 a 0,28), confirmando que mesmo as diferenças mais pronunciadas têm uma pequena magnitude prática. Este resultado contribui para desmistificar conceções estereotipadas sobre diferenças de gênero nas competências de liderança e outras competências comportamentais, fornecendo evidências empíricas que apoiam o desenho de políticas equitativas de desenvolvimento profissional.

4.2. Comparação com estudos anteriores

Os resultados obtidos estão em linha com investigações anteriores que documentaram elevados níveis de auto-percepção das competências interpessoais em populações ativas, embora se observem particularidades ligadas ao contexto setorial da indústria da aquacultura. Estudos realizados na área da manufatura e dos serviços relataram padrões semelhantes de auto-percepção favorável, com médias que tendem a exceder o ponto médio da escala, sugerindo que a tendência para sobrestimar as competências comportamentais é um fenómeno generalizado em diferentes contextos organizacionais. No entanto, a investigação sobre competências interpessoais no setor da aquacultura especificamente é limitada, tornando difícil compará-la diretamente com estudos anteriores no mesmo campo da produção. Esta lacuna de conhecimento destaca a contribuição original do presente estudo, que fornece evidências empíricas sistemáticas sobre as competências comportamentais do pessoal administrativo numa indústria de elevada relevância económica para o Equador.

Em relação às diferenças sexuais nas competências interpessoais, os resultados do presente estudo apresentam coincidências parciais com a literatura anterior, que reportou padrões inconsistentes nas diferenças de gênero. Algumas pesquisas documentaram que as mulheres tendem a perceber-se como tendo níveis mais elevados em dimensões relacionadas com as competências de comunicação e interpessoais, enquanto outras não encontraram diferenças significativas, especialmente ao controlar variáveis contextuais e ocupacionais. A ausência de diferenças significativas por sexo observadas no presente estudo está alinhada com a investigação mais recente que sugere que as diferenças de gênero nas competências interpessoais tendem a atenuar-se em contextos de trabalho profissionalizados, onde os processos de socialização organizacional e os papéis ocupacionais partilhados modulam as disposições iniciais e promovem padrões de comportamento adaptativos baseados nas exigências do ambiente. Esta conclusão é consistente com perspectivas teóricas que enfatizam a natureza situada e dinâmica das competências interpessoais, desenvolvidas em interação com contextos organizacionais e experiências profissionais acumuladas.

Em termos de diferenças etárias, investigações anteriores sugeriram que as competências interpessoais se desenvolvem e consolidam ao longo do ciclo de vida, influenciadas pela experiência profissional e maturidade profissional. Estudos longitudinais documentaram que dimensões como liderança e resolução de problemas tendem a aumentar com a idade e o percurso profissional, refletindo a aprendizagem experiencial e a acumulação de capital social e psicológico. No presente estudo, embora não tenham sido feitas comparações estatísticas formais por idade devido ao desequilíbrio no tamanho dos grupos, os padrões de correlação observados entre dimensões mantiveram-se consistentes em ambos os grupos etários, sugerindo que a estrutura relacional das soft skills é estável em diferentes segmentos populacionais. Esta conclusão coincide com investigação que reportou estabilidade na estrutura fatorial dos instrumentos de medição de competências interpessoais em diferentes faixas etárias, apoiando a sua utilidade para fins diagnósticos e desenvolvimento organizacional.

A elevada fiabilidade do instrumento de medição, com coeficientes alfa de Cronbach a excederem 0,70 em todas as dimensões e a atingirem 0,944 para o questionário total, está acima dos valores reportados em estudos semelhantes em contextos organizacionais. Este resultado pode ser atribuído tanto à robustez do instrumento como à homogeneidade da amostra avaliada, e constitui uma contribuição metodológica relevante ao fornecer um instrumento validado para a avaliação das competências interpessoais no setor da aquicultura equatoriana. A comparação com estudos anteriores realizados na América Latina revela que os coeficientes de fiabilidade obtidos estão na faixa superior do que foi reportado, o que sugere que o instrumento possui

propriedades psicométricas adequadas para a sua aplicação em contextos organizacionais semelhantes.

4.3. Implicações teóricas e práticas

Os resultados da presente investigação apresentam implicações teóricas relevantes para o campo de estudo das competências interpessoais em contextos organizacionais, particularmente no que diz respeito à compreensão da estrutura relacional entre dimensões de competências. A consistência das correlações observadas entre as cinco dimensões avaliadas apoia a conceptualização das competências interpessoais como um sistema de competências inter-relacionadas, onde o desenvolvimento de uma dimensão está positivamente associado ao desenvolvimento das outras, sugerindo a existência de mecanismos de transferência de competências que poderão ser objeto de investigação futura. Esta descoberta contribui para o debate teórico sobre a natureza das competências interpessoais, apoiando perspectivas que enfatizam o seu carácter sistémico e desenvolvimento integrado, em contraste com abordagens que as concebem como construções independentes. Da mesma forma, a estabilidade dos padrões de correlação em diferentes subgrupos populacionais (por sexo e idade) fornece evidências sobre a invariabilidade da estrutura das soft skills em diferentes segmentos populacionais, o que constitui um contributo para o conhecimento sobre a universalidade destes construtos.

Do ponto de vista metodológico, a validação do instrumento de medição no contexto do setor da aquicultura equatoriana constitui uma contribuição significativa, fornecendo uma ferramenta fiável para futuras investigações no setor e em contextos produtivos semelhantes. Os coeficientes de fiabilidade obtidos, que excedem largamente os limiares aceitáveis em todas as dimensões, apoiam a utilidade do questionário para fins de diagnóstico organizacional e avaliação de programas de desenvolvimento de talento. Esta contribuição metodológica é particularmente relevante no contexto latino-americano, onde a disponibilidade de instrumentos validados para a avaliação de competências interpessoais em setores produtivos específicos é limitada, e onde a adaptação de instrumentos internacionais requer processos sistemáticos de validação que considerem as particularidades culturais e contextuais da população avaliada.

As implicações práticas das conclusões são particularmente relevantes para a gestão do talento humano no setor da aquicultura equatoriana. Os resultados sugerem que, embora o pessoal administrativo do setor apresente níveis favoráveis de autopercepção em todas as dimensões, existem áreas de oportunidade para o fortalecimento de competências específicas, particularmente na integridade, que poderiam ser abordadas através do desenho de programas de desenvolvimento ético e comportamental. A ausência de diferenças significativas por sexo nas competências interpessoais avaliadas fornece evidências que apoiam o desenho de políticas equitativas de

desenvolvimento profissional, que reconheçam as forças de todos os colaboradores independentemente do seu género. Da mesma forma, as relações positivas e significativas entre todas as dimensões sugerem que intervenções de formação destinadas a fortalecer uma competência específica podem ter efeitos multiplicadores noutras dimensões, otimizando assim o investimento no desenvolvimento de talento e gerando um impacto mais amplo no desempenho organizacional.

Do ponto de vista da indústria, as conclusões do estudo fornecem informações valiosas para empresas de aquacultura que pretendem reforçar as suas capacidades organizacionais através do desenvolvimento do seu capital humano. A identificação da resolução de problemas como a dimensão com o mais alto nível de desenvolvimento sugere que as empresas do setor formaram pessoal para enfrentar as contingências operacionais e sanitárias que caracterizam a atividade da aquacultura. No entanto, a pontuação relativamente mais baixa em integridade convida à reflexão sobre os fatores organizacionais que podem estar a influenciar a autopercepção da conduta ética, bem como sobre políticas institucionais destinadas a reforçar a coerência ética e a transparência nas práticas laborais do setor. A implementação de programas de formação destinados a reforçar as competências interpessoais poderá contribuir significativamente para melhorar o clima organizacional, a satisfação no emprego e a retenção de talento, fatores críticos para a sustentabilidade e competitividade do setor num mercado global cada vez mais exigente.

4.4. Limitações e projeções futuras

A investigação presente apresenta limitações metodológicas que devem ser consideradas para uma interpretação e generalização adequadas dos resultados. Em primeiro lugar, o desenho transversal do estudo, embora adequado para os objetivos definidos, não permite estabelecer relações causais entre as variáveis avaliadas, limitando a capacidade de determinar se os níveis de competências interpessoais influenciam o desempenho organizacional ou se, pelo contrário, resultam de experiências e contextos de trabalho. Esta limitação sugere a necessidade de desenvolver estudos longitudinais que permitam examinar a evolução das competências interpessoais ao longo do tempo e a sua relação com indicadores objetivos do desempenho organizacional, fornecendo assim evidências mais sólidas sobre os mecanismos causais subjacentes.

Em segundo lugar, o tamanho da amostra ($n = 88$), embora adequado para as análises estatísticas realizadas, limita a capacidade de realizar análises mais complexas, como modelos de equações estruturais ou análises fatoriais confirmatórias, e restringe a generalização dos resultados a outras populações do setor da aquacultura equatoriana ou a outros contextos produtivos. Da mesma forma, o desequilíbrio na distribuição etária, com 81,8% dos participantes no grupo etário dos 21-30 anos, limita a capacidade de fazer comparações etárias robustas e de

explorar as interações entre sexo e idade na configuração das competências interpessoais. Futuras investigações poderão expandir o tamanho da amostra e procurar uma distribuição mais equilibrada por faixas etárias, bem como incluir participantes de diferentes regiões do país ou de diferentes subsectores da indústria da aquacultura, para avaliar a generalização dos resultados.

Em terceiro lugar, o uso exclusivo das auto-percepções como método de avaliação de competências interpessoais constitui uma limitação significativa, dado o potencial viés de desejabilidade social e a tendência para sobrestimar competências socialmente valorizadas. A investigação futura poderá incorporar métodos complementares de avaliação, como heteroavaliações por supervisores ou colegas, bem como avaliações comportamentais baseadas na observação de comportamentos específicos em situações reais ou simuladas, que permitam contrastar as auto-percepções com percepções externas e obter uma abordagem mais objetiva ao desenvolvimento das competências avaliadas. A triangulação das fontes de informação ajudaria a mitigar os preconceitos inerentes às medições de auto-percepção e a fornecer uma imagem mais completa e precisa das competências interpessoais do pessoal administrativo do setor.

Por fim, projeta-se a necessidade de aprofundar a análise dos fatores contextuais e organizacionais que modulam o desenvolvimento das competências interpessoais no setor da aquacultura, incluindo variáveis como o clima organizacional, estilo de liderança, políticas de gestão de talento e oportunidades de desenvolvimento profissional. Investigação futura poderá abordar como estes fatores interagem com características individuais para influenciar os níveis de competências interpessoais, bem como explorar a relação entre competências comportamentais avaliadas e indicadores objetivos de desempenho organizacional, como produtividade, inovação e retenção de talento. Da mesma forma, sugere-se que sejam realizados estudos para avaliar a eficácia de intervenções de formação específicas para o desenvolvimento de competências interpessoais no setor, através de desenhos experimentais ou quase-experimentais que permitam determinar o impacto de programas de formação estruturados nas competências avaliadas, contribuindo assim para o desenho de estratégias baseadas em evidências para o fortalecimento do talento humano na indústria da aquacultura equatoriana.

5.- Conclusão.

5.1. Síntese dos achados

O objetivo desta investigação foi examinar as competências interpessoais presentes no pessoal administrativo do setor de aquacultura equatoriano e as estratégias de desenvolvimento profissional implementadas pelas principais empresas do setor na cidade de Guayaquil. Os resultados obtidos permitem-nos concluir que o pessoal administrativo do setor apresenta elevados níveis de auto-percepção em todas as dimensões avaliadas, com médias que

variam de 4,03 para integridade a 4,29 para resolução de problemas, numa escala de Likert de 1 a 5 pontos. Este padrão de resultados sugere que os participantes percebem um desenvolvimento sólido de competências comportamentais, particularmente aquelas relacionadas com capacidade analítica, colaboração em grupo e comunicação eficaz, competências críticas para o desempenho num setor caracterizado pela necessidade de resposta rápida a contingências operacionais e de saúde, como ocorre na indústria da aquacultura equatoriana.

A análise de fiabilidade do instrumento de medição confirmou a sua excelente consistência interna, com os coeficientes alfa de Cronbach a excederem 0,70 em todas as dimensões e a atingirem 0,944 no total do questionário. A dimensão de resolução de problemas teve a maior fiabilidade ($\alpha = 0,938$), seguida pela comunicação ($\alpha = 0,920$) e liderança ($\alpha = 0,913$), enquanto a integridade, embora com um coeficiente mais moderado ($\alpha = 0,724$), ultrapassou o limiar mínimo recomendado para fins de investigação básica. A matriz de correlação revelou associações positivas e significativas entre todas as dimensões ($p < 0,01$), com coeficientes entre 0,452 e 0,839, confirmando que as competências interpessoais avaliadas constituem um sistema de competências inter-relacionadas, onde o desenvolvimento de uma dimensão está positivamente associado ao desenvolvimento das outras.

A análise comparativa por sexo revelou que, embora as mulheres tenham obtido pontuações médias ligeiramente superiores em todas as dimensões, estas diferenças não atingiram significância estatística ($p > 0,05$), com tamanhos de efeito na pequena faixa (d de Cohen entre 0,16 e 0,28). Esta conclusão sugere que o género não é um fator determinante na autoperceção das competências interpessoais no contexto do setor da aquacultura equatoriana, que apoia o desenho de políticas equitativas de desenvolvimento profissional. Os padrões de correlação entre dimensões mantiveram-se consistentes nos diferentes subgrupos populacionais (por sexo e idade), o que indica a estabilidade da estrutura de competências interpessoais em diferentes segmentos populacionais e apoia a validade do instrumento de medição para a sua aplicação em populações laboriosas diversas.

5.2. Contribuições científicas e técnicas

O presente estudo faz contribuições significativas para o conhecimento científico no campo das competências interpessoais em contextos organizacionais, particularmente no setor da aquacultura equatoriana, uma área produtiva de elevada relevância económica para o país onde a evidência empírica sobre competências comportamentais era limitada. A investigação fornece uma caracterização sistemática do perfil de competências interpessoais do pessoal administrativo no setor, identificando as dimensões mais desenvolvidas (resolução de problemas, trabalho em equipa e liderança) e aquelas com níveis relativamente mais baixos (integridade), informação que contribui para a compreensão da

configuração das competências comportamentais num contexto produtivo específico e que pode orientar o desenho de estratégias para o desenvolvimento de talento alinhado com as necessidades do setor.

Do ponto de vista metodológico, o estudo fornece a validação de um instrumento para medir competências interpessoais no contexto do setor da aquacultura equatoriana, fornecendo evidências sobre as suas propriedades psicométricas nesta população específica. Os coeficientes de fiabilidade obtidos, que excedem largamente os limiares aceitáveis em todas as dimensões, apoiam a utilidade do questionário para futuras investigações no setor e fornecem uma base metodológica para a sua aplicação noutros contextos de produção semelhantes. Esta contribuição é particularmente relevante no contexto latino-americano, onde a disponibilidade de instrumentos validados para a avaliação de competências interpessoais em setores produtivos específicos é limitada, e onde a adaptação de instrumentos internacionais requer processos sistemáticos de validação que considerem as particularidades culturais e contextuais da população avaliada.

O estudo contribui também para o conhecimento sobre as diferenças de género nas competências interpessoais, fornecendo evidências empíricas que sugerem que, no contexto do setor da aquacultura equatoriana, as competências comportamentais estão igualmente distribuídas entre homens e mulheres. Esta descoberta contribui para desmistificar conceções estereotipadas sobre diferenças de género nas competências de liderança e outras competências comportamentais, fornecendo evidências que apoiam o desenho de políticas equitativas de desenvolvimento profissional no setor. Da mesma forma, a consistência dos padrões de correlação entre dimensões em diferentes subgrupos populacionais é uma descoberta que apoia a universalidade da estrutura de soft skills e sugere que os processos organizacionais de socialização podem modular as disposições iniciais, promovendo padrões de comportamento adaptativos de acordo com as exigências do ambiente de trabalho.

5.3. Implicações teóricas e aplicações práticas

Os resultados do presente estudo apresentam implicações teóricas relevantes para o campo de estudo das competências interpessoais em contextos organizacionais. A consistência das correlações observadas entre as cinco dimensões avaliadas apoia a conceptualização das competências interpessoais como um sistema de competências inter-relacionadas, onde o desenvolvimento de uma dimensão está positivamente associado ao desenvolvimento das outras, sugerindo a existência de mecanismos de transferência de competências que poderão ser objeto de investigação futura. Esta descoberta contribui para o debate teórico sobre a natureza das competências interpessoais, apoiando perspetivas que enfatizam o seu carácter sistémico e desenvolvimento integrado, em contraste com abordagens que as concebem como

construções independentes. Da mesma forma, a estabilidade dos padrões de correlação em diferentes subgrupos populacionais fornece evidências sobre a invariabilidade da estrutura das soft skills em diferentes segmentos populacionais, o que constitui um contributo para o conhecimento sobre a universalidade destes construtos e a sua aplicabilidade em contextos organizacionais diversos.

As implicações práticas das conclusões são particularmente relevantes para a gestão do talento humano no setor da aquicultura equatoriana. Os resultados sugerem que, embora o pessoal administrativo do setor apresente níveis favoráveis de autopercepção em todas as dimensões, existem áreas de oportunidade para o fortalecimento de competências específicas, particularmente na integridade, que poderiam ser abordadas através do desenho de programas de desenvolvimento ético e comportamental. A implementação de programas de formação destinados a reforçar as competências interpessoais poderá contribuir significativamente para melhorar o clima organizacional, a satisfação no emprego e a retenção de talento, fatores críticos para a sustentabilidade e competitividade do setor num mercado global cada vez mais exigente. A ausência de diferenças significativas por sexo nas competências interpessoais avaliadas fornece evidências que apoiam o desenho de políticas equitativas de desenvolvimento profissional, que reconheçam as forças de todos os colaboradores independentemente do seu género.

Do ponto de vista da indústria, as conclusões do estudo fornecem informações valiosas para empresas de aquicultura que pretendem reforçar as suas capacidades organizacionais através do desenvolvimento do seu capital humano. A identificação da resolução de problemas como a dimensão com o mais alto nível de desenvolvimento sugere que as empresas do setor formaram pessoal para enfrentar as contingências operacionais e sanitárias que caracterizam a atividade da aquicultura. As relações positivas e significativas entre todas as dimensões sugerem que intervenções de formação destinadas a fortalecer uma competência específica podem ter efeitos multiplicadores noutras dimensões, otimizando assim o investimento no desenvolvimento de talento e gerando um impacto mais amplo no desempenho organizacional. Num contexto em que a automação e a inteligência artificial estão constantemente a transformar o panorama laboral, o fortalecimento das competências humanas que não podem ser replicadas pelas máquinas adquire relevância estratégica, posicionando as empresas que investem no desenvolvimento destas competências como líderes nos seus respetivos mercados e contribuindo para o posicionamento do setor da aquicultura equatoriano como referência de excelência e sustentabilidade na região.

5.4. Projeções e linhas de investigação futura

Com base nos resultados e limitações deste estudo, estão previstas várias linhas de investigação futura que permitirão aprofundar, validar ou expandir os resultados obtidos. Em primeiro lugar, sugere-se que sejam realizados estudos

longitudinais para examinar a evolução das competências interpessoais ao longo do tempo e a sua relação com indicadores objetivos de desempenho organizacional, como produtividade, inovação e retenção de talento, fornecendo evidências mais sólidas sobre os mecanismos causais subjacentes e superando as limitações do design transversal. A implementação de desenhos quase-experimentais que avaliem o impacto de intervenções de formação específicas no desenvolvimento de competências interpessoais permitiria determinar a eficácia de programas de formação estruturados e forneceria evidências para o desenho de estratégias baseadas em dados empíricos.

Em segundo lugar, recomenda-se alargar o âmbito geográfico e setorial do estudo, incluindo participantes de diferentes regiões do país onde se realiza atividade de aquicultura e de diferentes subsectores da indústria, como produção larval, engorda, processamento e comercialização, bem como a inclusão de pessoal operacional e técnico para avaliar as diferenças nos perfis de competências de acordo com o nível hierárquico e a função desempenhada. Expandir o tamanho da amostra permitiria análises mais complexas, como modelos de equações estruturais ou análises fatoriais confirmatórias, que contribuiriam para uma compreensão mais profunda da estrutura e dinâmica das competências interpessoais no setor.

Em terceiro lugar, sugere-se que sejam incorporados métodos complementares de avaliação para contrastar as autopercepções com as externas e obter uma abordagem mais objetiva ao desenvolvimento das competências avaliadas. A integração das heteroavaliações por supervisores e colegas, bem como avaliações comportamentais baseadas na observação de comportamentos específicos em situações reais ou simuladas, ajudaria a mitigar os preconceitos inerentes às medidas de auto-percepção e a fornecer uma imagem mais completa e precisa das competências interpessoais do pessoal administrativo no setor. Por fim, projeta-se a necessidade de aprofundar a análise dos fatores contextuais e organizacionais que modulam o desenvolvimento das competências interpessoais, incluindo variáveis como o clima organizacional, estilo de liderança, políticas de gestão de talento e oportunidades de desenvolvimento profissional, o que nos permite compreender como estes fatores interagem com características individuais para influenciar os níveis de soft skills. contribuindo assim para o desenho de estratégias abrangentes para fortalecer o talento humano na indústria da aquicultura equatoriana.

6.- Agradecimentos (se aplicável)

Não aplicável.

7.- Contribuições dos autores (Taxonomia dos papéis dos colaboradores - CRediT)

1. Conceptualização: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark

2. Curadoria de dados: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
3. Análise formal: Francisco Javier Duque-Aldaz; Fernando Raúl Rodríguez-Flores
4. Aquisição de fundos: Não aplicável
5. Investigação: Edwin Haymacaña Moreno; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
6. Metodologia: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
7. Gestão de projetos: Francisco Javier Duque-Aldaz; Fernando Raúl Rodríguez-Flores
8. Recursos: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
9. Software: Francisco Javier Duque-Aldaz; Fernando Raúl Rodríguez-Flores
10. Supervisão: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
11. Validação: Edwin Haymacaña Moreno; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
12. Visualização: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
13. Argumento - rascunho original: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
14. Escrita - revisão e edição: Francisco Javier Duque-Aldaz; Fernando Raúl Rodríguez-Flores

8.- Apêndice (Apenas se existirem)

Não aplicável.

9.- Referências.

- [1] M. A. Baque Cantos e A. L. Román Choez, "COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS E DESEMPENHO LABORAL NA EMPRESA SUINAV DA CIDADE DE GUAYAQUIL," Universidade Estatal do Sul de Manabí, 2025.
- [2] L. O. Cujilema Estrella, J. M. Morocho Ordoñez, M. D. R. Carvajal Parra e P. Mesa Villavicencio, «Competências para o desenvolvimento produtivo alimentar na UEF UNE-Ecuador-2023», *Multidisciplinary Scientific-Academic Journal*, vol. 9, n.º 2, 2024.
- [3] L. P. Sucari Gonzales e J. K. Fuster Gómez, "Soft Skills and Leadership Styles of the Administrative of the Provincial Municipality of Pasco – 2024," Daniel Alcides Carrión National University, 2025.
- [4] H. A. Hernández, L. V. Taquez Hoyos, e D. C. Cortez Mosquera, "Uso da Inteligência Artificial na Gestão de Projetos," *RHS*, vol. 13, n.º 2, 2025.
- [5] J. A. Asanza Choez e J. J. Abad Moreira, "LIDERANÇA EFICAZ E A SUA INFLUÊNCIA NO CUMPRIMENTO DE OBJETIVOS NA LEADERSHIP SOLUTIONS UXPS S.A.," Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2026.
- [6] B. R. Quispe Saenz e I. B. Pomalaza Buendia, "Liderança transformadora e desenvolvimento de competências gerenciais no Município Distrital de Santa Ana de Tusi, Província Daniel A. Carrión, Região Pasco 2023," Universidade Nacional Daniel Alcides Carrión, 2024.
- [7] R. García Rodríguez e K. V. Morán Nieto, "Competências profissionais básicas no manuseamento de material vegetal e formação de estudantes do ensino secundário técnico agrícola.," Universidade Estatal do Sul de Manabí, 2026.
- [8] H. S. Gómez León, K. C. Jiménez Huamali e J. A. Ricaldi Baldeón, "Competências interpessoais e desempenho laboral dos colaboradores da direção regional de habitação, construção e saneamento - Pasco, 2021," Daniel Alcides Carrión National University, 2023.
- [9] E. Sarmiento Leon, R. Sarmiento Huacho e M. A. Ventura Janampa, "Gamificação e desenvolvimento de Soft Skills em alunos do quarto ano do ensino secundário da Instituição Educativa Daniel Alcides Carrión de Chipipata, Yanahuanca – 2024," Universidade Nacional Daniel Alcides Carrión, 2025.
- [10] M. Domínguez Vargas e C. P. Méndez Cruz, "Impacto da Digitalização na Eficiência das Cooperativas," *Transcend, accounting and management*, vol. 9, n.º 27, 2024.
- [11] G. A. Falcon Justiniano e L. D. C. Muñoz Cornejo, "Competências interpessoais e eficiência laboral dos servidores na Fundação do Município Distrital de Tinyahuarco, 2022," Universidade Nacional Daniel Alcides Carrión, 2024.
- [12] V. Badenes-Plá e J. Molares-Cardoso, «Inteligência artificial perante os desafios da indústria da moda. Benefícios e aplicações na fase de comercialização e comercialização," *Razón y Palabra*, vol. 27, n.º 118, 2023.
- [13] A. Santamaría Barraza, "A Influência do Uso do Planeamento Estratégico da Capacidade Operacional na Gestão Operacional das Empresas de Logística no Panamá", *Research and Critical Thinking*, vol. 12, n.º 3, 2024.
- [14] K. Mansilla-Obando e G. R. Llanos, "Adoção de Aplicações de Micromobilidade no Chile: TAM e Consumo Colaborativo," *RETOS.*, vol. 16, n.º 31, 2026.
- [15] P. Valle Venegas e A. E. Yancan Camahuali, "Competências interpessoais do professor e o desenvolvimento da literacia científica nos alunos das Instituições de Ensino do Ensino Secundário do distrito de Yanacancha - Pasco", Universidade Nacional Daniel Alcides Carrión, 2025.
- [16] J. D. Villanes Casimiro, F. Sánchez Cárdenas e L. Rojas Victorio, "Competências interpessoais e desempenho laboral dos trabalhadores da Empresa ECOSERM Rancas, 2024," Universidade Nacional Daniel Alcides Carrión, 2025.
- [17] E. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazu, F. J. Duque-Aldaz, G. F. Cabezas García y R. A. Sánchez Ancajima, Modelação em série temporal da matrícula no ensino secundário no Equador: uma análise Box-Jenkins (1971–2023), *Inquide*, 2026.
- [18] F. J. Duque-Aldaz, E. R. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazu e F. Carrasco Choque, «Previsão do teor de humidade no processo de secagem do cacau por regressão linear simples.», *Inquide*, vol. 6, n.º 2, 2024.
- [19] A. K. López Marcelo, A. Huacho Cornelio e R. Cuevas Cipriano, "Programa de liderança em gestão para o desenvolvimento de competências interpessoais em professores da Instituição Integrada de Ensino n.º 31756 Ricardo Palma, Pasco – 2023," Universidade Nacional Daniel Alcides Carrión, 2024.
- [20] A. D. Carhuachin Yapias, J. A. Vargas Lopez e Y. A. Paita Panes, "Competências interpessoais e competitividade empresarial na Empresa de Construção Mineira, Assuntos Ambientais e Transportes Huayllay S.A. – 2023," Daniel Alcides Carrión National University, 2024.
- [21] D. K. Peña Ponce e D. J. Pozo Cacao, "COMPETÊNCIAS INTERPESSOAIS NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS COMUNITÁRIOS DO GOVERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DA PARÓQUIA DE CASCOL," Universidade Estatal do Sul de Manabí, 2026.
- [22] G. E. Castro Rosales, A. D. Torres Alvarado, L. S. Zalamea Cedeño, F. J. Duque-Aldaz e F. R. Rodríguez-Flores, «Proposta Ergonómica Abrangente para a Redução dos Riscos Musculoesqueléticos na Produção de Sabão: Uma Abordagem Baseada em Análise Estatística e Avaliação Postural,» *Inquide*, vol. 7, n.º 2, 2025.
- [23] L. A. Zapata Aspiazu, E. Haymacaña Moreno, F. J. Duque-Aldaz, F. G. Cabezas García y R. A. Sánchez Ancajima, «ARIMA vs. Modelos Híbridos com Aprendizagem Automática para Previsão do PIB do Equador.», 2026.
- [24] V. E. García Casas e F. J. Duque-Aldaz, "Melhoria das capacidades na gestão dos protocolos de manuseio, higiene e biossegurança para as cabanas-restaurantes do cantão de Playas em tempos de Covid-19," *Journal of Science and Research*, vol. 8, n.º 3, 2022.

- [25] G. J. Morocho Choca, L. Á. Bucheli Carpio e F. J. Duque-Aldaz, «Otimização do despacho de combustível de combustível através de regressão multivariada usando indicadores locais de armazenamento.», *Inquide*, vol. 6, nº 2, 2024.
- [26] F. Duque-Aldaz, E. Pazán Gómez, W. Villamagua Castillo e A. López Vargas, «Sistema de gestão da saúde e segurança ocupacional segundo ISO:45001 em laboratório cosmético e natural», *Scientific Journal Science and Technology*, vol. 24, nº 41, 2024.
- [27] V. E. García Casas, F. J. Duque-Aldaz e M. Cárdenas Calle, «Deseño de um plano de boas práticas de fabrico para cabanas de restaurante no cantão General Villamil Playas», *Revista De Las Ciencias: Revista De Investigación e Innovación*, vol. 8, nº 4, 2023.
- [28] F. J. Duque-Aldaz, F. R. Rodríguez-Flores e J. Carmona Tapia, «Identificação de parâmetros em sistemas de equações diferenciais ordinárias através do uso de redes neurais artificiais», *Revista San Gregorio*, vol. 1, nº 2, 2025.
- [29] F. J. Duque-Aldaz, J. P. Fierro Aguilar, H. A. Pérez Benítez e G. W. Tobar Fariás, «Afetação do ruído ambiental para as Instituições de Ensino; conjunto de ações dos Centros de Participação Cidadã e Educativos», *Journal of Science and Research*, vol. 8, nº 2, 2023.
- [30] J. E. Estiven Pincay Moran, J. F. Ramírez Salcan, A. F. López Vargas, F. J. Duque-Aldaz, W. Villamagua Castillo y R. Sánchez Casanova, «Avaliação e Proposta para um Sistema de Gestão Ambiental numa Plantação de Manga», *Inquide*, vol. 7, nº 1, 2025.

Diretrizes para publicação na revista INQUIDE – Engenharia Química e Desenvolvimento

1. Informação Geral

INQUIDE – Engenharia Química e Desenvolvimento é uma revista científica multidisciplinar editada pela Faculdade de Engenharia Química da Universidade de Guayaquil, localizada em Guayaquil, Equador. Publicada desde janeiro de 2015, a revista tem periodicidade bienal e foca-se em contribuições originais na área da ciência e engenharia.

A INQUIDE é uma revista revisada por pares que utiliza um sistema de revisão externa revista, sob a metodologia de revisão dupla-cega, seguindo os padrões de publicação do Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Este sistema garante um processo de revisão objetivo, imparcial e transparente, que facilita a inclusão da revista em bases de dados, repositórios e índices internacionais de referência.

Atualmente, o INQUIDE está indexado em:

- 1.- Catálogo Latindex 2.0 (Sistema Regional de Informação Online para revistas científicas da América Latina, Caraíbas, Espanha e Portugal).
- 2.- Dialnet (Fundação Dialnet, Universidade de La Rioja).
- 3.- Rede de Editores e Revistas Científicas Equatorianas (RERCIE).
- 4.- Crossref, com atribuição DOI (Identificador Digital de Objetos) para cada artigo publicado.

A revista é publicada em formato eletrônico (e-ISSN: 3028-8533) e aceita manuscritos em espanhol, inglês e português, promovendo a divulgação de investigação de alta qualidade a nível internacional.

2. Âmbito e Política

2.1. Tema

A INQUIDE – Engenharia Química e Desenvolvimento publica contribuições originais na área da ciência e engenharia, com uma abordagem multidisciplinar. São aceites trabalhos de investigação realizados por autores nacionais e internacionais, desde que cumpram os critérios de qualidade científica exigidos.

2.2. Tipos de contribuições

A revista dá prioridade à publicação de:

- Artigos de investigação empírica que apresentam resultados originais e significativos.
- Relatórios de desenvolvimento tecnológico que descrevem inovações ou aplicações práticas em engenharia e ciência.
- Propostas para modelos e soluções inovadoras que contribuam para o avanço do conhecimento.
- Revisões de ponta que sintetizam e analisam criticamente o conhecimento atual numa área específica.
- Artigos de ensaio que apresentam reflexões teóricas ou metodológicas relevantes para a área.

2.3. Requisitos de originalidade

A INQUIDE publica apenas obras originais e inéditas escritas em espanhol, inglês ou português. Os manuscritos não devem ter sido previamente publicados em qualquer meio impresso ou eletrónico, nem estar em processo de arbitragem ou publicação noutra revista.

2.4. Processo de arbitragem

Todos os artigos submetidos serão sujeitos a um rigoroso processo de revisão por pares sob a metodologia de revisão dupla-cega. A avaliação baseia-se em critérios de:

- Originalidade: A obra deve apresentar contribuições inovadoras para a área.
- Relevância: O tema deve ser relevante para as áreas de ciência e engenharia.
- Atualidade: O estudo deve basear-se na literatura recente e abordar questões contemporâneas.
- Rigor científico: A metodologia e os resultados devem ser sólidos e bem fundamentados.
- Cumprimento das normas editoriais: O manuscrito deve seguir as diretrizes de formato e estilo da revista.

A receção de um manuscrito não implica um compromisso com a publicação. A decisão final de publicação será tomada pelo Conselho Editorial, com base nas recomendações dos revisores especializados.

2.5. Documentos Obrigatórios

Os autores devem submeter os seguintes documentos juntamente com o seu manuscrito:

1. Lista de verificação: Disponível para download em <https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EdRL-JU4fBVbQSt1GD7t1N8BZVFXApiNxM8ji3Fa9LFhA?e=Z7OqeO>.
2. Apresentação e cessão dos direitos: Disponível para download em <https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EZYnPTveWCtKgV5aNNZ1icQBdaFzvOYKCLwlhD7GC76hgzg?e=ldbXMf>.

2.6. Submissão de manuscritos

Os manuscritos devem ser submetidos através do Open Journal System (OJS) da revista, disponível em:

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/information/author>.

Além disso, os autores podem enviar consultas ou documentos complementares para o email:

inquide@ug.edu.ec ou francisco.duquea@ug.edu.ec.

3. Apresentação e estrutura dos manuscritos

Todos os manuscritos submetidos à INQUIDE devem seguir o formato estabelecido pela revista. As regras e requisitos para a apresentação e estrutura dos artigos são detalhados abaixo:

3.1. Formato do manuscrito

- Os manuscritos devem ser escritos no Microsoft Word (formato.doc ou .docx).
- O modelo oficial da revista pode ser descarregado em: https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EXSf2GX2MuJEn-hf5qwsswUBzx4-1vYE_6qKE8ba2UF62g?e=68U2h9.

- O documento deve estar numa coluna dupla, com as seguintes margens: Cima: 3,5 cm, Inferior: 3,5 cm, Esquerda: 1,5 cm, Direita: 1,5 cm
- Use fonte Times New Roman, tamanho 10, justificada, com espaçamento de linha única e espaçamento zero.

3.2. Estrutura do manuscrito

3.2.1. Apresentação e Carta de Apresentação

1. Título (espanhol) / Título (inglês):
 - Deve ser conciso mas informativo, com um máximo de 20 palavras.
 - Se o artigo estiver escrito em espanhol, o título em inglês deve aparecer na segunda linha, e vice-versa.
2. Autores e afiliação:
 - Inclua os nomes completos e apelidos de todos os autores, por ordem de preferência.
 - Especifique a afiliação institucional de cada autor, incluindo: Dependência e instituição; Email institucional; ORCID; Cidade e campo.
 - Nota: Um máximo de 40% dos autores pode estar afiliado à Universidade de Guayaquil.
3. Resumo (Espanhol) / Resumo (Inglês):
 - Comprimento máximo de 250 palavras em ambas as línguas.
 - Deve incluir:
 1. Justificação do tema.
 2. Objetivos.
 3. Metodologia e amostra.
 4. Resultados principais.
 5. Principais conclusões.
4. Palavras chave (espanhol) / Palavras-chave (inglês):
 - Forneça um máximo de 7 palavras-chave em cada língua, diretamente relacionadas com o tema do trabalho.
 - Recomenda-se utilizar termos do Dicionário de Sinos da UNESCO.
5. Carta de Apresentação:
 - Inclua uma declaração certificando que o manuscrito é uma contribuição original, não submetida ou em revisão noutra revista.
 - Confirmar a autoria e aceitação de alterações formais de acordo com os padrões da revista.
 - Descarregue o formato da carta de apresentação em:

<https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EdRL-JU4fBVBqSt1GD7t1N8BZVFXyapiNxM8ji3Fa9LFhA?e=Z7OqeO>

<https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EZYnPTveWCtKgV5aNNZ1icQBdaFzvOYKCLwlhD7GC76hgzg?e=ldbXMf>

3.2.2. Estrutura do manuscrito

1. Introdução:
 - Apresente o problema de investigação, o contexto, a justificação e os objetivos do estudo.
 - Inclua uma revisão da literatura mais relevante e atual, tanto a nível nacional como internacional.
2. Materiais e métodos:

- Descreva a metodologia, os materiais, o desenho experimental e os procedimentos de forma clara e detalhada.
- Se for usada uma metodologia original, explique a sua justificação e possíveis limitações.

3. Resultados:

- Apresentar resultados de forma clara e organizada, utilizando tabelas, gráficos e figuras quando necessário.
- Evite a duplicação de dados entre texto e tabelas/figuras.

4. Discussão:

- Interprete os resultados, relacionando-os com os objetivos do estudo e a literatura existente.
- Discutir as implicações teóricas e práticas dos resultados.

5. Conclusões:

- Resuma as conclusões mais importantes do estudo.
- Destaque as contribuições do trabalho e propõe futuras linhas de investigação.

6. Agradecimentos (opcionais):

- Reconhecer fontes de financiamento, colaboradores ou instituições que apoiaram a investigação.

7. Referências:

- Siga o estilo IEEE para citações e a lista de referências.
- Use o gestor de referências do Microsoft Word para gerir as citações.
- Certifique-se de que todas as referências são citadas no texto e vice-versa.

3.3. Figuras, tabelas e equações

- Figuras e tabelas:
 - Devem ser numeradas consecutivamente (Fig. 1, Tabela 1, etc.) e citadas no texto.
 - As figuras devem ter uma resolução mínima de 300 dpi e estar em formato JPG, PNG.
 - As tabelas devem ter um título acima e figuras um título abaixo.
- Equações:
 - Use o editor de equações do Microsoft Word.
 - Numere as equações consecutivamente, colocando o número entre parênteses e alinhado à esquerda.

3.4. Submissão do manuscrito

- Os manuscritos devem ser submetidos através do Open Journal System (OJS) da revista:

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/information/author>

- Certifique-se de carregar:
 - O manuscrito em formato Word (.doc ou .docx).
 - As figuras estão em ficheiros separados, com a resolução e formato adequados.
 - A carta de apresentação e outros documentos obrigatórios.

4. Processo de Submissão

A submissão dos manuscritos ao INQUIDE deve ser realizada seguindo os seguintes passos e requisitos:

4.1. Plataforma de transporte

- Todos os manuscritos devem ser submetidos através do Open Journal System (OJS) da revista, disponível em: <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/information/authors>.
- Os autores devem registrar-se na plataforma OJS antes de submeter.

4.2. Documentos Obrigatórios

No momento da submissão, os autores devem carregar os seguintes documentos:

1. Manuscrito em formato Word (.doc ou .docx):
 - O artigo deve seguir o formato e a estrutura estabelecidos pela revista (ver secção 3).
 - Inclua os dados completos dos autores e a sua afiliação institucional.
2. Figuras e tabelas:
 - As figuras devem ser enviadas em ficheiros separados, em formato JPG, PNG, com uma resolução mínima de 300 dpi.
 - As tabelas devem ser incluídas no manuscrito, seguindo o formato indicado na secção 3.
3. Carta de Apresentação:
 - Inclua uma declaração certificando que o manuscrito é uma contribuição original, não submetida ou em revisão noutra revista.
 - Confirmar a autoria e aceitação de alterações formais de acordo com os padrões da revista.

Descargue el formato de Carta de Apresentação desde: <https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EZYnPTveWCtKgV5aNNZ1icQBdaFzvOYKCLwlhD7GC76hzg?e=ldbXMF>

4. Lista de verificação:

- Certifique-se de que o manuscrito cumpre todos os requisitos técnicos e de formatação.

Descarregue a lista de verificação em: <https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EdRL-JU4fBVbqSt1GD7t1N8BZVFXyapiNxM8ji3Fa9LFhA?e=Z7OqeO>

4.3. Gestor de Correspondência

- Um dos autores deve ser designado como **oficial de correspondência**.
- Este autor será o principal ponto de contacto para todas as comunicações relacionadas com manuscritos.

4.4. Confirmação de receção

- Uma vez submetido o manuscrito, o sistema OJS enviará automaticamente um email de confirmação ao autor correspondente.

4.5. Consultas e Apoio

- Para questões sobre o processo de submissão ou problemas técnicos, os autores podem contactar a equipa editorial através dos seguintes emails:
 - inquide@ug.edu.ec
 - francisco.duquea@ug.edu.ec

5. Processo Editorial

O processo editorial da INQUIDE é concebido para garantir a qualidade, originalidade e rigor científico dos manuscritos publicados. O processo é descrito passo a passo abaixo:

5.1. Revisão inicial

Uma vez recebido o manuscrito, a equipa editorial realiza uma revisão inicial para verificar os seguintes aspetos:

1. Tema: O manuscrito deve estar dentro do âmbito temático da revista (ciência e engenharia).
2. Formato e estrutura: O manuscrito deve seguir o formato e a estrutura estabelecidos pela revista (ver secção 3).
3. Citações e referências: Todas as referências bibliográficas devem ser corretamente citadas no texto, seguindo o estilo IEEE.
4. Originalidade: O manuscrito será sujeito a uma verificação de plágio utilizando software especializado. É aceite um máximo de 15% de semelhança com outras obras.

Se o manuscrito não cumprir nenhum destes requisitos, o autor será solicitado a fazer as correções necessárias antes de prosseguir com o processo de avaliação.

5.2. Revisão por Pares

Os manuscritos que passam na revisão inicial serão sujeitos a um rigoroso processo de revisão por pares sob a metodologia de revisão dupla-cega. Este processo inclui os seguintes passos:

1. Atribuição dos revisores:
 - O editor atribuirá pelo menos dois revisores especializados na área temática do manuscrito.
 - Os revisores podem ser especialistas nacionais ou internacionais.
2. Avaliação:
 - Os revisores avaliarão o manuscrito com base em critérios como originalidade, relevância, rigor científico, clareza e contribuição para a área.
 - Cada revisor emitirá um relatório com um dos seguintes resultados:
 - Publicável sem alterações.
 - Publicável com sugestões de alterações.
 - Publicável com alterações obrigatórias.
 - Não é publicável.
3. Decisão editorial:
 - O editor analisa os relatórios dos revisores e toma a decisão final sobre aceitar ou rejeitar o manuscrito.
 - Se o manuscrito for aceite, o autor será notificado para fazer as alterações sugeridas (se aplicável).
 - Se o manuscrito for rejeitado, o autor será notificado e o artigo será arquivado.

5.3. Hora da Revisão

- O processo de revisão por pares dura, no mínimo, 4 semanas.
- No final deste período, o autor será notificado do resultado da avaliação e das recomendações dos revisores.

5.4. Correções e versão final

- Se o manuscrito for aceite com alterações, o autor deve enviar a versão corrigida dentro do prazo estabelecido pelo editor.
- A equipa editorial verificará se as correções solicitadas foram corretamente incorporadas antes de prosseguir com a publicação.

5.5. Publicação

- Os manuscritos aceites serão publicados nas edições bienais da revista (janeiro e julho).
- Os autores receberão uma notificação assim que o seu trabalho estiver disponível na plataforma da revista.

6. Publicação

A INQUIDE – Engenharia Química e Desenvolvimento publica dois números por ano, nas seguintes datas:

- Primeira edição: 1 de janeiro.
- Segunda edição: 1 de julho.

6.1. Tempos de envio

Para garantir que os manuscritos sejam considerados nas edições correspondentes, os autores devem ter em conta os seguintes prazos:

- Manuscritos para a edição de janeiro: Devem ser submetidos até 31 de outubro do ano anterior.
- Manuscritos para a edição de julho: Devem ser submetidos até 30 de abril do mesmo ano.

6.2. Disponibilidade de Artigos

- Uma vez publicados, os artigos estarão disponíveis na plataforma eletrónica da revista, acessível através de: <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd>.
- Cada artigo publicado incluirá um DOI (Identificador Digital de Objeto), que garante a sua identificação e acesso permanente.

6.3. Política de Acesso Aberto

A INQUIDE é uma revista de acesso aberto, o que significa que todos os artigos estão disponíveis gratuitamente para leitura, download e distribuição, sob uma licença Creative Commons.

7. Informação sobre o uso da Inteligência Artificial

A INQUIDE reconhece a importância de manter elevados padrões éticos na investigação científica, especialmente no uso da Inteligência Artificial (IA). Por isso, são estabelecidas as seguintes diretrizes:

7.1. Utilização da IA na investigação

- Se a Inteligência Artificial tiver sido utilizada em qualquer fase da investigação apresentada no manuscrito, os autores devem indicar explicitamente isso na Carta de Apresentação.
- Especifique as secções do manuscrito onde a IA foi utilizada, descrevendo a sua função e âmbito.

7.2. Transparência e responsabilidade

- Os autores são responsáveis por garantir que o uso da IA não comprometa a originalidade, integridade e rigor científico do trabalho.
- A equipa editorial irá avaliar a declaração de utilização da IA e poderá solicitar informações adicionais, se necessário.

7.3. Aceitação de Manuscritos com IA

- A decisão final sobre a aceitação de manuscritos que tenham utilizado IA cabe ao Conselho Editorial, com base na transparência e no cumprimento das normas éticas da revista.

INQUIDE

**Exploramos o desconhecido,
resolvemos o impossível.
Bem-vindo à fronteira do
conhecimento.**

Visitas ao campo.



Contacto Principal
Francisco Javier Duque-Aldaz
Universidade de Guayaquil
francisco.duquea@ug.edu.ec
inquide@ug.edu.ec

Transforme a sua investigação num
legado.
Envie-nos o seu artigo e junte-se a
uma comunidade científica de grande
impacto.