



INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

DHIULIANE MARTINS FERREIRA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA DETECÇÃO DE
FRAUDES EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

**MORRINHOS
2024**

DHIULIANE MARTINS FERREIRA

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA DETECÇÃO DE
FRAUDES EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

Trabalho de conclusão de curso para obtenção do
título de graduação em Tecnologia de Alimentos
apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus
Morrinhos.

Orientadora: Dra. Vania Silva Carvalho

**MORRINHOS
2024**

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

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
☐ Dissertação (mestrado)
☐ Monografia (especialização)
☒ TCC (graduação)

- ☐ Artigo científico
☐ Capítulo de livro
☐ Livro
☐ Trabalho apresentado em evento

☐ Produto técnico e educacional - Tipo: _____

Nome completo do autor:

DHIULIANE MARTINS FERREIRA

Matrícula:

2018104210310327

Título do trabalho:

U SO DA INTELIGENCIA ARTIFICIAL NA DETECÇÃO DE FRAUDES EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO D LITERATURA

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 24/02/2025

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

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

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

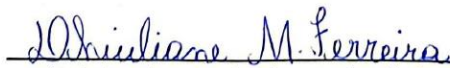
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto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

MORRINHOS, GO

Local

22/02/2025

Data


Assinatura do autor(a) ou detentor dos direitos autorais

Documento assinado digitalmente

gov.br

VANIA SILVA CARVALHO

Data: 24/02/2025 07:30:20-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) representante(a)

Ciente e de acordo:

DHIULIANE MARTINS FERREIRA

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA DETECÇÃO DE FRAUDES EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Aprovada em 13 de dezembro de 2024, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

Documento assinado digitalmente
 **VANIA SILVA CARVALHO**
Data: 29/01/2025 08:46:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Vania Silva Carvalho
Orientadora

Dra. Suzane Martins Ferreira
Membro

ERLON ALVES
RIBEIRO:92796311600

Assinado de forma digital por
ERLON ALVES RIBEIRO:92796311600
Dados: 2025.02.21 18:27:09 -03'00'

Dr. Erlon Alves Ribeiro
Membro

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por me conceder saúde, força e resiliência para superar todos os desafios enfrentados durante essa trajetória acadêmica. Sem Sua proteção e orientação, esse momento não seria possível.

Aos meus pais, por serem minha base, meu suporte e minha maior inspiração. Obrigado por cada palavra de incentivo, pelo amor incondicional e por acreditarem em meu potencial mesmo nos momentos em que eu duvidei de mim mesma. Vocês são os pilares que sustentam meus sonhos e conquistas.

Ao meu esposo, Luiz Carlos, e minha filha, Maria Cecília, meu mais profundo agradecimento pelo amor, paciência e compreensão durante as longas horas de estudo e ausência. Meu esposo, que, apesar de suas próprias batalhas, me apoia incondicionalmente, sou eternamente grata pelo seu carinho e dedicação.

Aos professores e orientadores que fizeram parte da minha formação, especialmente à minha orientadora Vania Carvalho, pela dedicação, paciência e por compartilhar seus conhecimentos com generosidade. Suas orientações foram fundamentais para que eu pudesse desenvolver este trabalho com clareza e profundidade.

Agradeço também aos meus colegas de curso, por todas as trocas de ideias, debates enriquecedores e momentos de descontração que ajudaram a tornar essa jornada mais leve. Cada conversa e experiência compartilhada contribuíram para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Ao Instituto Federal Goiano, por proporcionar um ambiente de aprendizado e pesquisa que me inspirou a sempre buscar o conhecimento e a excelência. Aos funcionários, pelo suporte diário e por facilitarem o nosso percurso acadêmico de diversas maneiras.

Por fim, um agradecimento especial a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste TCC. Cada palavra de apoio, cada gesto de ajuda e cada incentivo foram essenciais para que eu alcançasse este momento tão importante em minha vida. A todos vocês, meu mais sincero e profundo agradecimento.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA DETECÇÃO DE FRAUDES ALIMENTARES	10
2.1 História da Detecção de Fraudes Alimentares	10
2.2 O Papel da Inteligência Artificial	14
2.3 Tecnologias Utilizadas.....	17
2.4 Perspectivas Futuras da Inteligência Artificial na Indústria Alimentícia.....	22
3 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Análise de Alimentos.....	10
Figura 2 - Fraudes em Alimentos.....	13
Figura 3- Métodos Clássicos de IA	14
Figura 4 - Inteligência Artificial	16
Figura 5- Machine Learning	18
Figura 6 - Visão Computacional	20
Figura 7- Blockchain com soluções IA.....	22

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA DETECÇÃO DE FRAUDES EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

RESUMO

A presente revisão de literatura trata sobre a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na detecção de fraudes em alimentos. A IA utiliza algoritmos avançados de aprendizado de máquina para analisar grandes volumes de dados em tempo real, identificando padrões suspeitos que podem indicar adulteração de alimentos, falsificação de rótulos ou outras práticas fraudulentas. Essa tecnologia não apenas fortalece os protocolos de vigilância das cadeias de suprimento, mas também atua como uma barreira para proteger a saúde pública e preservar a integridade do mercado. Além da detecção de irregularidades, a IA emprega análise preditiva para antecipar potenciais fraudes, permitindo a implementação de medidas preventivas proativas. No entanto, desafios como a qualidade dos dados e a necessidade de regulamentações adequadas são considerações críticas que precisam ser abordadas para maximizar os benefícios da IA na indústria alimentícia. À medida que a tecnologia avança, espera-se que novas inovações na IA ampliem suas capacidades na segurança alimentar, promovendo uma era de transparência e segurança na produção e distribuição de alimentos globalmente.

Palavras-Chave: Visão Computacional; Fraudes Alimentares; Segurança Alimentar.

1 INTRODUÇÃO

A crescente complexidade das cadeias de produção e distribuição de alimentos tem tornado o controle de qualidade um desafio cada vez mais urgente. A fraude alimentar, que abrange desde a adulteração de ingredientes até a falsificação de rótulos, constitui uma grave ameaça à saúde pública, à confiança dos consumidores e à integridade do mercado. Diante desse cenário, surge a necessidade de adotar tecnologias avançadas para aprimorar os mecanismos de detecção e prevenção dessas práticas ilícitas. A Inteligência Artificial (IA) surge como uma ferramenta promissora, oferecendo soluções que combinam análises de big data com algoritmos sofisticados, capazes de identificar padrões e anomalias de forma eficiente e precisa.

A adoção de métodos tradicionais de detecção de fraudes, como análises laboratoriais e auditorias, embora eficazes, revela-se limitada, lenta e onerosa, além de incapaz de monitorar, de maneira contínua e em larga escala, os fluxos de produtos. A utilização de sistemas de IA, por outro lado, apresenta grande potencial para superar essas limitações, ao possibilitar a análise em tempo real de grandes volumes de dados, como informações de rastreabilidade, características físico-químicas e histórico de conformidade, bem como a identificação de fraudes com maior precisão e rapidez. Além disso, o emprego de técnicas de *machine learning*, processamento de linguagem natural e redes neurais convolucionais podem reduzir custos operacionais e aumentar a eficácia dos processos de fiscalização, gerando benefícios econômicos e sociais. Assim, a aplicação da IA na detecção de fraudes alimentares justifica-se pela possibilidade de promover maior segurança alimentar e transparência nas cadeias de suprimento, além de contribuir para a modernização dos processos de controle de qualidade na indústria alimentícia.

Este estudo tem como objetivo investigar a aplicação da Inteligência Artificial na detecção de fraudes alimentares, analisando as principais tecnologias, metodologias e desafios envolvidos, bem como os benefícios potenciais dessa tecnologia para a segurança alimentar e a integridade do mercado consumidor.

Para isso, os objetivos específicos incluem: analisar os principais tipos de fraudes alimentares e suas implicações para a saúde pública e o mercado consumidor; examinar as tecnologias de IA mais utilizadas na detecção de fraudes, como aprendizado supervisionado, redes neurais profundas e algoritmos de *clustering*; avaliar estudos de caso e aplicações práticas de IA na detecção de fraudes alimentares, destacando seus resultados, limitações e aspectos regulatórios; e identificar os principais desafios e barreiras para a implementação de sistemas

de IA na indústria alimentícia, propondo soluções que abarquem desde a integração de sistemas até a capacitação de recursos humanos.

A metodologia adotada neste estudo baseia-se em uma revisão sistemática da literatura, sendo bibliográfica, a metodologia bibliográfica é uma técnica de pesquisa que utiliza fontes secundárias como base para analisar, descrever e interpretar um tema ou problema. Este tipo de pesquisa envolve a coleta de dados em materiais como livros, artigos acadêmicos, documentos, revistas e outras publicações relevantes. O objetivo é organizar, comparar e criticar as informações existentes, permitindo uma compreensão mais ampla e profunda do tema estudado. É uma abordagem comum para a construção de fundamentações teóricas e revisões de literatura em trabalhos acadêmicos e científicos (GIL, 2019).

2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA DETECÇÃO DE FRAUDES ALIMENTARES

A expansão da Inteligência Artificial (IA) na indústria alimentícia tem se mostrado essencial para a detecção de fraudes, como a adulteração de ingredientes, a falsificação de rótulos e a substituição de produtos. Essas fraudes representam riscos à saúde pública e comprometem a confiança do consumidor. A complexidade das cadeias de suprimento e a globalização aumentam os desafios na fiscalização, exigindo soluções inovadoras. Nesse contexto, a IA se destaca como uma ferramenta que permite a análise de grandes volumes de dados e a identificação de padrões anômalos. Essa capacidade de processamento não apenas agiliza a detecção de irregularidades, mas também eleva os padrões de segurança e controle de qualidade (BOSONA; GEBRESENBET, 2014).

Conforme mostra a figura 1, há uma pessoa especializada analisando os alimentos, verificando se há fraudes em sua composição, qualidade e origem. Esse profissional utiliza técnicas e instrumentos específicos para detectar possíveis adulterações ou irregularidades, assegurando que os produtos atendam aos padrões de segurança e qualidade exigidos. O processo de análise pode incluir testes laboratoriais, verificação de rotulagem e rastreabilidade dos ingredientes, com o objetivo de garantir a integridade e confiabilidade dos alimentos disponibilizados ao consumo.

Figura 1 - Análise de Alimentos



Fonte: Site Bom sabor (2024).

2.1 História da Detecção de Fraudes Alimentares

A história da detecção de fraudes alimentares traça a evolução deste fenômeno desde

épocas remotas até os dias atuais. As fraudes alimentares manifestavam-se de forma rudimentar, predominantemente por meio da adulteração de produtos básicos, visando maximizar lucros ou enganar o consumidor. Alguns alimentos são mais suscetíveis a fraudes devido ao seu valor econômico ou à dificuldade de verificação de autenticidade. Entre os principais, destacam-se o óleo de oliva, frequentemente adulterado com óleos mais baratos; o mel, que pode ser adulterado com adição de açúcares e xarope de milho; o vinho, que é alvo de falsificações e misturas com vinhos de menor qualidade; especiarias como açafrão e pimenta, que podem ser cortadas com substâncias menos valiosas; e laticínios, em que o leite e seus derivados frequentemente são adulterados com água ou aditivos (BRASIL, 2024).

Práticas como a adição de substâncias não autorizadas e a falsificação de rótulos foram documentadas em diversas civilizações ao longo da história. Na Roma Antiga, por exemplo, era comum a adição de água ao vinho, bem como a utilização de alume para alterar a cor e a aparência da bebida, com o objetivo de aumentar sua quantidade e valor de mercado. Durante a Idade Média, observou-se a prática de misturar giz ao pão, aumentando artificialmente seu peso e volume, o que representava uma fraude em detrimento da autenticidade do produto. Com a Revolução Industrial e a globalização, as fraudes alimentares tornaram-se mais sofisticadas. O aumento da produção em massa e a expansão das cadeias de suprimento dificultaram o monitoramento da qualidade dos alimentos, propiciando a proliferação de práticas fraudulentas. Em resposta a esses desafios, surgiram regulamentações governamentais e organizações de fiscalização, como a FDA - Food and Drug Administration (Administração de Alimentos e Medicamentos), nos Estados Unidos e a ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária no Brasil (QIAN, 2022).

Durante o século XX, a ciência e a tecnologia assumiram um papel preponderante na detecção de fraudes, impulsionadas pelo desenvolvimento de métodos laboratoriais que permitiram a análise detalhada da composição dos alimentos. Entretanto, com o aumento exponencial dos dados gerados por transações comerciais e a evolução das tecnologias digitais, a detecção manual de fraudes tornou-se inadequada (YU, 2022).

No Brasil, as fraudes alimentares têm se tornado uma preocupação crescente. Dados recentes indicam que o número de casos identificados pelas autoridades está em ascensão, especialmente em produtos como azeites, mel, laticínios e bebidas alcoólicas. Em 2023, por exemplo, foram registrados mais de 500 casos de fraudes em produtos alimentícios no país, o que reflete a necessidade de uma fiscalização mais rigorosa e da implementação de novas tecnologias para a detecção precoce de adulterações (BRASIL, 2024).

No mundo, as perdas econômicas devido a essas práticas chegam a bilhões de dólares anualmente. No Brasil, estima-se que os prejuízos alcancem cerca de R\$ 10 bilhões por ano, considerando custos relacionados à perda de confiança do consumidor, *recalls* de produtos, litígios legais e regulamentações mais severas. As fraudes também prejudicam a competitividade das empresas que seguem as normas, pois enfrentam concorrência desleal com produtos adulterados e mais baratos. Também, o impacto na saúde pública pode ser grave, levando a doenças e até a riscos à vida dos consumidores (BRASIL, 2024).

Segundo Corallo (2020), a introdução da Inteligência Artificial proporcionou uma nova perspectiva para a detecção de fraudes alimentares. A capacidade da IA de processar grandes volumes de dados, identificar padrões e detectar anomalias de forma ágil transformou a maneira como as fraudes são monitoradas e prevenidas.

A evolução das fraudes alimentares também se reflete nas mudanças nas expectativas e na conscientização do consumidor. À medida que a sociedade se tornava mais informada sobre a segurança alimentar e os riscos associados à adulteração, a demanda por produtos autênticos e de qualidade aumentou. Isso levou a uma maior observação das práticas de produção e comercialização, obrigando as empresas a adotarem medidas mais rigorosas de controle de qualidade e transparência. O acesso à informação por meio da internet e das redes sociais amplificou a voz dos consumidores, tornando as empresas mais responsáveis por suas práticas (BOSONA; GEBRESENBET, 2014).

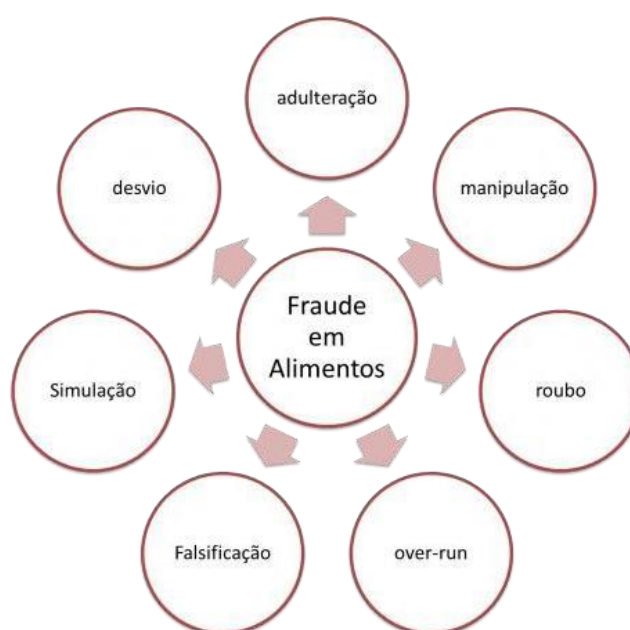
A colaboração entre diferentes *stakeholders*, incluindo governos, indústrias e organizações não governamentais, emergiu como uma estratégia eficaz para combater as fraudes alimentares. Iniciativas de rastreabilidade, que permitem o monitoramento detalhado do caminho que os produtos percorrem desde a produção até o consumo. Essas práticas não apenas aumentam a confiança do consumidor, mas também oferecem uma camada adicional de segurança, dificultando a realização de fraudes. Também a interseção entre tecnologia e práticas de regulamentação está moldando o futuro da detecção de fraudes alimentares. O uso de novas tecnologias, como *blockchain*, juntamente com a Inteligência Artificial, promete criar sistemas de segurança mais seguros. Essas inovações podem permitir uma verificação mais eficiente e transparente da autenticidade dos produtos, além de melhorar a resposta a incidentes de fraudes (ALDRIGHETTI, et al., 2021).

O uso do blockchain no combate às fraudes alimentares baseia-se na sua capacidade de oferecer **transparência, rastreabilidade e imutabilidade** ao longo da cadeia de suprimentos. Cada etapa do processo, desde a origem dos insumos até a chegada ao consumidor, é registrada

de forma segura e permanente, dificultando a adulteração de dados e garantindo a autenticidade dos produtos. Integrado a tecnologias como IoT e sensores inteligentes, o blockchain permite monitorar condições de transporte e armazenamento em tempo real, além de facilitar a certificação de origem e qualidade. Em caso de irregularidades, a tecnologia possibilita uma resposta rápida, rastreando a origem do problema e agilizando recalls. Com iniciativas como o IBM Food Trust, o blockchain está moldando um futuro mais seguro e transparente para o setor alimentício, aumentando a confiança de consumidores e reduzindo práticas fraudulentas.

A figura 2 apresenta um diagrama que ilustra diferentes formas de fraude em alimentos, destacando sete práticas fraudulentas que comprometem a integridade e a qualidade dos produtos alimentícios.

Figura 2 - Fraudes em Alimentos



Fonte: Melo (2023).

No centro do diagrama está o conceito de "Fraude em Alimentos," e ao seu redor estão distribuídas as seguintes práticas: **adulteração**, que se refere à modificação deliberada da composição de um produto, geralmente pela adição de substâncias não autorizadas ou remoção de ingredientes mais caros; **manipulação**, que envolve a alteração do produto durante sua produção, embalagem ou distribuição para modificar suas propriedades; **roubo**, que é a apropriação indevida de produtos alimentícios, geralmente seguida por sua reintrodução no mercado de maneira clandestina; **over-run**, que consiste na produção de quantidades além do

permitido ou declarado, utilizando ingredientes ou processos que não seguem os padrões regulamentares; **falsificação**, que é a imitação de produtos alimentícios com o intuito de enganar o consumidor, fazendo-o acreditar que está comprando um produto genuíno; **simulação**, que envolve a criação de produtos que imitam outros legítimos, utilizando técnicas para dar a aparência de autenticidade; e **desvio**, que se refere à alteração da rota de distribuição dos produtos alimentícios, desviando-os para mercados onde possam ser vendidos de forma irregular. Essas categorias representam as principais formas pelas quais as fraudes em alimentos ocorrem, cada uma com diferentes níveis de impacto na qualidade e segurança dos produtos consumidos (Melo, 2023).

2.2 O Papel da Inteligência Artificial

A capacidade da IA de processar e analisar grandes volumes de dados em tempo real permite a identificação rápida de irregularidades que, em análises manuais, poderiam passar despercebidas. Em um contexto caracterizado pela globalização e pelas intrincadas cadeias de suprimento, essa agilidade é crucial para mitigar riscos associados a fraudes (YU, 2022).

Figura 3- Métodos Clássicos de IA



Fonte: Neiva (2019).

A figura 3 explica como os métodos clássicos de Inteligência Artificial (IA) funcionam. O processo começa com a coleta de dados, que são a matéria-prima fundamental para a construção de modelos de IA, provenientes de várias fontes e formatos. Em seguida, esses dados passam por uma etapa de processamento, onde são limpos, transformados e organizados para

que possam ser analisados de forma eficaz. Os dados processados são então alimentados em um algoritmo de IA, que tem a função de analisar os dados e identificar padrões, realizando previsões ou extraindo informações relevantes. A partir das análises feitas pelo algoritmo, é gerado conhecimento, resultado da interpretação dos dados e da aplicação de técnicas de IA. Esse conhecimento é, então, convertido em informações úteis e acionáveis, que podem ser utilizadas para a tomada de decisões, otimização de processos ou desenvolvimento de soluções. Por fim, as informações geradas são apresentadas a um especialista, que as utiliza para aplicar soluções práticas, tomar decisões informadas ou realizar análises mais aprofundadas. Assim, a imagem ilustra o ciclo de processamento de dados em um sistema de IA, destacando a importância de cada etapa no processo, desde a coleta inicial até a entrega de informações úteis (NEIVA, 2019).

Scudilio (2020) declara que a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina é uma das principais metodologias da IA na detecção de fraudes. Esses algoritmos são capazes de aprender com dados históricos, reconhecendo padrões típicos de produtos autênticos e identificando anomalias que podem sugerir adulteração ou falsificação. A análise de dados transacionais, por exemplo, pode revelar discrepâncias em preços, quantidades e origens dos produtos, sinalizando atividades que merecem investigação mais aprofundada.

Outro aspecto relevante é a análise preditiva, que utiliza dados históricos para antecipar possíveis fraudes antes que ocorram. Sistemas de IA podem prever quais produtos ou fornecedores apresentam maior risco, permitindo que empresas adotem medidas preventivas. O processamento de linguagem natural também é uma aplicação da IA possibilitando a análise de sentimentos em redes sociais e outras plataformas digitais. Ao monitorar *feedbacks* de consumidores, a IA pode identificar reclamações sobre produtos suspeitos, oferecendo informações em tempo real que permitem às empresas responder rapidamente a potenciais crises de reputação (CORALLO, 2020).

Conforme destaca Yu (2022), a visão computacional é outra tecnologia fundamental que a IA emprega na detecção de fraudes. Por meio do uso de câmeras e sensores, sistemas de IA podem analisar características visuais dos produtos, como cor, textura e embalagem. Essa análise pode detectar produtos adulterados ou falsificados antes de sua distribuição, criando uma camada adicional de segurança na cadeia de suprimento.

Aldrighetti et al. (2021) destaca que a integração da IA com a tecnologia *blockchain* também se apresenta como uma inovação promissora na detecção de fraudes alimentares. A *blockchain* fornece um registro imutável e transparente de todas as transações, enquanto a IA

pode monitorar esses dados em tempo real. Juntas, essas tecnologias asseguram a autenticidade dos produtos e a rastreabilidade completa ao longo da cadeia, dificultando a ocorrência de fraudes.

Além dos benefícios diretos, a IA também promove eficiência operacional. A automação de processos de monitoramento e análise permite que as empresas reorientem recursos humanos para atividades mais estratégicas. Essa redistribuição não apenas aumenta a produtividade, mas também melhora a capacidade de resposta a fraudes potenciais. Apesar das ferramentas poderosas que a IA oferece, sua eficácia está ligada à qualidade dos dados utilizados para o treinamento dos algoritmos. Dados imprecisos ou incompletos podem resultar em conclusões errôneas, evidenciando a necessidade de um sistema eficaz de coleta e gestão de dados (Scudilio,2020).

A figura 3 ilustra o que se quer expor nesta revisão bibliográfica, ou seja, a convergência entre tecnologia e alimentação, destacando o papel da Inteligência Artificial (IA) na análise e otimização do consumo de alimentos.

Figura 4 - Inteligência Artificial



Fonte: Food Safety Brasil (2024).

A tecnologia pode facilitar a escolha de alimentos, promovendo o acesso a informações sobre qualidade, valor nutricional e segurança, além de auxiliar no planejamento dietético e na detecção de fraudes alimentares. A utilização de algoritmos de IA e técnicas de aprendizado de máquina pode aprimorar a análise de dados alimentares, contribuindo para práticas de consumo mais saudáveis.

2.3 Tecnologias Utilizadas

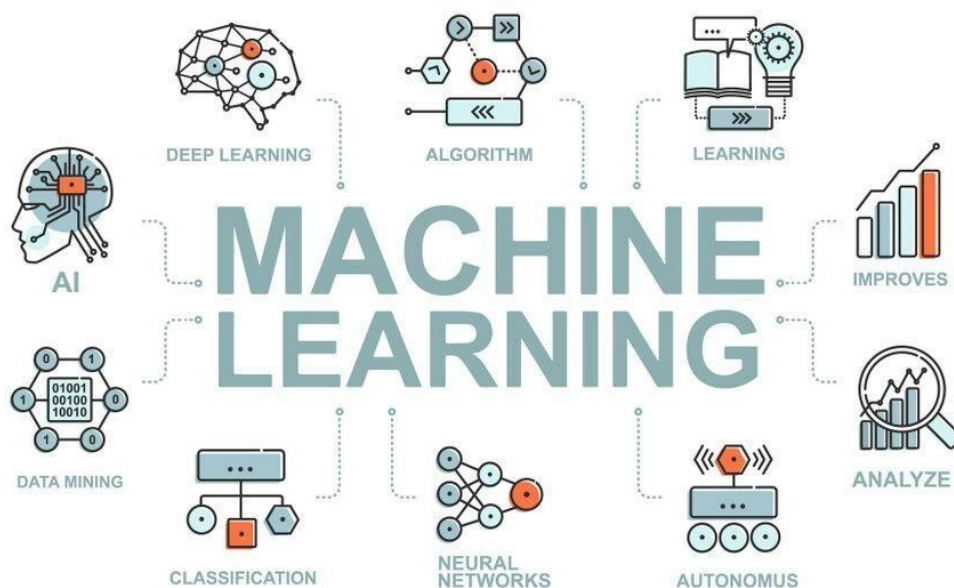
Nesta seção, exploram-se as diversas tecnologias de Inteligência Artificial (IA) que possuem um papel importante na identificação de fraudes alimentares. As principais tecnologias incluem aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural e análise preditiva, cada uma contribuindo de uma forma para fortalecer a segurança alimentar.

Aprendizado de Máquina: é uma subárea da inteligência artificial, foca no desenvolvimento de algoritmos capazes de aprender com dados e melhorar suas capacidades preditivas. Na detecção de fraudes alimentares, essa tecnologia se destaca ao analisar grandes volumes de dados, identificando padrões e anomalias que podem indicar adulterações. Os algoritmos são treinados para reconhecer características específicas de produtos autênticos, o que os torna eficazes na identificação de fraudes que métodos tradicionais poderiam não detectar (QIAN, 2022). Os principais tipos de algoritmos utilizados para essa finalidade incluem os supervisionados, não supervisionados e de reforço. Algoritmos supervisionados utilizam dados rotulados para aprender a diferenciar produtos genuínos dos adulterados, enquanto os não supervisionados detectam padrões ocultos e outliers. O aprendizado por reforço otimiza processos de monitoramento e controle, permitindo que os sistemas se adaptem a novas técnicas de fraude à medida que elas surgem. Essa adaptabilidade é crucial para garantir a segurança e a qualidade dos produtos em um mercado global em constante evolução (QIAN, 2022).

Processamento de linguagem natural (NLP): Esta é uma tecnologia que capacita máquinas a compreender, interpretar e responder à linguagem humana de maneira eficiente. No contexto de fraudes alimentares, o NLP é extremamente útil para analisar grandes volumes de *feedbacks* de consumidores coletados em redes sociais, fóruns e plataformas de avaliação. Por meio dessa análise, o sistema pode identificar sentimentos negativos, reclamações frequentes ou padrões de insatisfação associados a determinados produtos, permitindo que as empresas respondam rapidamente a potenciais problemas, antes que eles evoluam para crises de confiança. Além de monitorar opiniões e comentários, o NLP também pode automatizar a análise de documentos, como rótulos de produtos, certificados de autenticidade e demais registros de conformidade. Essa automação facilita a detecção de inconsistências ou discrepâncias em informações cruciais, ajudando a identificar práticas fraudulentas mais rapidamente. Ao combinar essa capacidade com outras tecnologias de inteligência artificial, como aprendizado de máquina, o NLP não apenas melhora a vigilância sobre a autenticidade dos produtos, mas também aprimora a resposta preventiva a fraudes no setor alimentício, tornando os processos mais ágeis e precisos (YU, 2022).

Análise preditiva: Utiliza dados históricos para prever eventos futuros, sendo essencial na detecção de fraudes para antecipar riscos. Sistemas de IA utilizam algoritmos estatísticos e de *machine learning* (Figura 5) para identificar padrões que precedem fraudes, permitindo que as empresas implementem medidas preventivas. Por exemplo, ao analisar transações passadas, uma empresa pode identificar fornecedores com histórico de irregularidades e priorizar auditorias em seus produtos. Isso significa que a análise de transações passadas é importante para identificar fraudes alimentares, como adulteração de produtos, falsificação de rótulos, desvios em quantidades recebidas, simulação de produtos e *over-run*. A inteligência artificial (IA) permite detectar padrões de preços e variações nas especificações, além de rastrear alegações nos rótulos. Empresas como Cargill, IBM Food Trust, Nestlé e Grupo Ahold Delhaize já utilizam tecnologias de IA e análise de dados para monitorar a qualidade dos produtos e identificar irregularidades em suas cadeias de suprimentos (Corallo, 2020).

Figura 5- Machine Learning



Fonte: Fore School of Management (2024).

A figura 5 representa conceitos-chave relacionados ao aprendizado de máquina (*Machine Learning*), destacando componentes do campo da inteligência artificial (IA). O aprendizado de máquina é um subcampo da IA que utiliza algoritmos e modelos matemáticos para permitir que computadores aprendam a partir de dados. Um dos elementos principais é o

Deep Learning, que utiliza redes neurais profundas para analisar e interpretar grandes volumes de dados complexos. **Algoritmos (Algorithm)** são fundamentais nesse processo, pois definem as regras e os passos que os modelos seguem para resolver problemas. O aprendizado se refere à capacidade do sistema de aprimorar suas previsões e decisões com a exposição contínua a novos dados, enquanto a melhoria (*improves*) é o objetivo final desse processo, visando otimizar o desempenho dos modelos (QIAN, 2022).

A análise de dados (**Analyze**) desempenha seu papel na identificação de padrões e na extração de insights que guiam as decisões automatizadas. O termo autônomo (**Autonomus**) representa a habilidade das máquinas de operar de forma independente, sem a necessidade de intervenção humana direta. Redes neurais (**Neural Networks**) são modelos inspirados pelo funcionamento do cérebro humano, projetados para processar e interpretar dados em múltiplas camadas, facilitando a classificação de informações em diferentes categorias ou grupos. Por fim, a mineração de dados (**Data Mining**) é o processo de explorar grandes conjuntos de dados para identificar padrões e relações úteis, fornecendo uma base para as previsões e decisões tomadas pelos algoritmos de aprendizado de máquina. Esses elementos, combinados, formam um sistema robusto que aprimora continuamente sua capacidade de tomar decisões precisas e eficientes com base nos dados processados (NEIVA, 2019).

Learning (Aprendizado): O aprendizado refere-se ao ajuste reiterado dos pesos e parâmetros de um modelo para minimizar a função de perda, permitindo que ele generalize padrões dos dados de entrada. Esse processo pode ocorrer de forma supervisionada, onde o algoritmo minimiza erros com base em *labels* fornecidos; não supervisionada, onde ele identifica *clusters* ou associações sem *labels*; ou por reforço, onde ajusta suas políticas de decisão com base em um sistema de recompensas cumulativas. Esse aprendizado contínuo aprimora a capacidade do modelo de realizar previsões e inferências com precisão crescente (CORALLO, 2020).

Improves (Aprimoramento): trata-se da otimização contínua dos parâmetros do modelo por meio de técnicas como gradiente descendente e ajuste fino (*fine-tuning*), permitindo que o modelo refine suas representações internas com base em novos dados e feedbacks. O aprimoramento é alcançado por meio da retropropagação, onde os pesos são ajustados em resposta a erros identificados na saída, melhorando a eficácia preditiva e a robustez do modelo em aplicações futuras (NEIVA, 2019).

Classification (Classificação): A classificação é considerada uma tarefa de aprendizado supervisionado onde o modelo é treinado para associar dados de entrada a categorias

predefinidas. Algoritmos de classificação como redes neurais convolucionais (CNNs) em visão computacional ou redes neurais recorrentes (RNNs) em processamento de linguagem natural são usados para mapear as características dos dados para classes distintas. Esse processo de classificação permite que o modelo diferencie instâncias com base em suas características, facilitando a tomada de decisões estruturadas.

Visão computacional: Utiliza técnicas de IA para interpretar e analisar informações visuais, é outra tecnologia importante. No setor alimentício, sistemas equipados com câmeras podem examinar a aparência dos produtos em tempo real, verificando características como cor, textura e embalagem. Essa análise pode detectar alterações que sugerem adulteração, como variações de cor em um lote de alimentos, alertando os responsáveis antes que os produtos cheguem ao consumidor (SCUDILIO,2020).

A figura 6 apresenta os principais componentes que constituem o campo da Visão Computacional, uma área da inteligência artificial dedicada a ensinar máquinas a interpretar e compreender dados visuais provenientes de imagens e vídeos.

Figura 6 - Visão Computacional



Fonte: Programa {M}aria (2024).

No centro da figura, está o conceito de Visão Computacional, cercado por elementos

fundamentais para seu desenvolvimento e aplicação. O **Processamento de Imagens** é responsável por técnicas que aprimoram e extraem informações relevantes das imagens, preparando-as para a análise por algoritmos. A **Inteligência Artificial** desempenha um papel crucial ao fornecer algoritmos e técnicas, como redes neurais e aprendizado profundo, que permitem às máquinas aprender com os dados visuais e tomar decisões informadas.

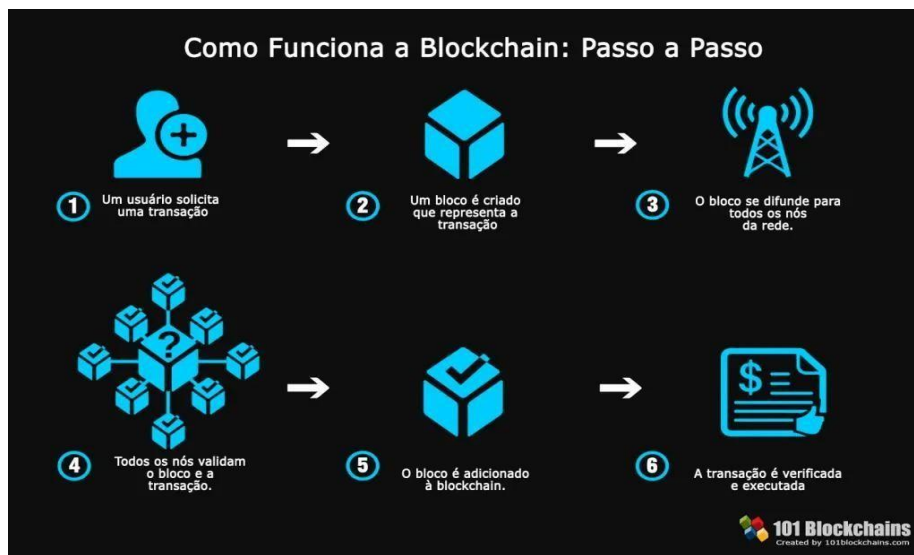
O **Processamento de Sinais** é utilizado para analisar e manipular dados provenientes de sensores e outros dispositivos, transformando-os em informações úteis para a interpretação visual. A **Matemática** é a base para a criação de algoritmos e modelos, empregando conceitos de álgebra linear, cálculo e estatísticas para resolver problemas complexos e otimizar o processamento de dados. A **Física** contribui com a compreensão das propriedades da luz, da ótica e das interações entre objetos e o ambiente, permitindo o desenvolvimento de modelos precisos para análise visual.

Finalmente, o **Reconhecimento de Padrões** é essencial para a identificação de padrões consistentes nos dados visuais, aplicando técnicas de detecção e classificação de objetos, reconhecimento facial e outras tarefas de análise de imagem. A combinação desses elementos permite que a Visão Computacional se torne uma ferramenta poderosa para a interpretação de dados visuais, criando sistemas capazes de analisar e tomar decisões baseadas em informações visuais com alta precisão e eficiência (PROGRAMAÇÃO, 2020).

Integração da *blockchain* com soluções de IA: Cria um sistema para a rastreabilidade de produtos. Embora a *blockchain* não seja uma tecnologia de IA por si só, ela fornece um registro imutável e transparente de todas as transações, enquanto a IA pode analisar esses dados para detectar fraudes. Juntas, essas tecnologias garantem que os produtos alimentícios sejam autenticados ao longo de toda a cadeia de suprimento, desde a produção até o consumidor final (ALDRIGHETTI et al., 2021).

Essas tecnologias, quando combinadas, promovem um ambiente mais seguro e eficaz para a indústria alimentícia, permitindo uma detecção de fraudes mais eficiente e, consequentemente, uma maior proteção para os consumidores. À medida que a tecnologia avança, novas inovações continuarão a surgir, aprimorando ainda mais as capacidades de detecção e prevenção de fraudes alimentares.

Figura 7- Blockchain com soluções IA



FONTE: 101 Blockchains (2024).

A figura 7 ilustra o processo de funcionamento de uma blockchain de forma sequencial, podendo ser dividido em seis etapas principais, conforme a figura 7. O primeiro passo começa quando um usuário solicita uma transação, que pode envolver a transferência de dados ou valores. Em seguida, um novo bloco é criado para representar essa transação, contendo todas as informações relevantes. Esse bloco é então difundido para todos os nós da rede distribuída da blockchain, que são responsáveis por processar e validar as informações. Após a difusão, todos os nós da rede verificamos a legitimidade do bloco e da transação, assegurando que as regras estabelecidas pelo protocolo sejam respeitadas. Uma vez validado, o bloco é adicionado à cadeia de blocos existente, tornando-se uma parte imutável e permanente do registro. Por fim, a transação é oficialmente verificada e executada, completando o processo de maneira segura e transparente. Este método garante a integridade e a resistência a fraudes das transações na blockchain, graças à descentralização e ao consenso distribuído entre os nós da rede (101 BLOCKCHAINS, 2018).

2.4 Perspectivas Futuras da Inteligência Artificial na Indústria Alimentícia

A IA continuará a transformar a maneira como os alimentos são produzidos, processados e monitorados, oferecendo novas oportunidades para otimizar a cadeia de suprimentos, reduzir desperdícios e garantir a qualidade dos produtos. Uma das áreas de maior potencial é o uso de tecnologias avançadas de análise de dados para prever tendências de consumo e adaptar a produção de forma mais eficiente. Com algoritmos de aprendizado de

máquina, será possível identificar mudanças nas preferências dos consumidores e ajustar a oferta de alimentos antes mesmo que essas tendências se consolidem no mercado, permitindo uma gestão de estoques mais eficaz e a minimização de perdas. Além disso, o uso ampliado da visão computacional permitirá o monitoramento automatizado da qualidade dos alimentos em tempo real. Equipamentos dotados de sensores inteligentes e câmeras de alta resolução, aliados a algoritmos de IA, poderão identificar, com maior precisão, a presença de contaminantes ou anomalias nos produtos durante as etapas de fabricação, embalagem e distribuição (YU, 2022).

Corallo (2020) explica que a integração da IA com novas tecnologias, como a Internet das Coisas (IoT) e a *blockchain*, também se destaca como uma tendência promissora. A IoT possibilitará a coleta de dados em tempo real em cada etapa da produção e distribuição, enquanto a *blockchain* assegurará a integridade e a imutabilidade desses registros. A combinação dessas tecnologias resultará em um sistema robusto de rastreabilidade e transparência, permitindo que consumidores e empresas acompanhem a origem e o trajeto dos alimentos de forma confiável, aumentando a confiança no setor alimentício e contribuindo para a conformidade com regulamentações de segurança alimentar.

No âmbito da sustentabilidade, a IA desempenhará um papel primordial na otimização do uso de recursos naturais, como água e energia, durante a produção de alimentos. Também contribuirá para o desenvolvimento de alternativas sustentáveis, como a agricultura vertical e o cultivo de carne em laboratório, ajudando a reduzir o impacto ambiental da produção tradicional (SCUDILIO, 2020).

No entanto, a crescente adoção da IA na indústria alimentícia também apresenta desafios que precisarão ser enfrentados, como a necessidade de regulamentações claras e a adaptação das habilidades da força de trabalho. Será essencial que governos e empresas colaborem para estabelecer padrões éticos e de segurança para a aplicação dessas tecnologias, garantindo que sua implementação ocorra de forma responsável e transparente. Paralelamente, será necessário investir na capacitação de profissionais para operar em um ambiente cada vez mais tecnológico e integrado, promovendo uma transição suave e eficiente para as novas práticas e ferramentas proporcionadas pela IA (QIAN, 2022).

Outro ponto relevante é o potencial da IA para a personalização de produtos alimentícios, atendendo à crescente demanda por dietas específicas e personalizadas para diferentes condições de saúde. Com a análise de dados de saúde dos consumidores, sistemas de IA poderão oferecer recomendações nutricionais individualizadas e até mesmo desenvolver

alimentos personalizados, promovendo um nível de personalização sem precedentes e contribuindo para a saúde e o bem-estar dos consumidores (SCUDILIO,2020).

3 CONCLUSÃO

Ao utilizar algoritmos avançados de aprendizado de máquina, a IA capacita sistemas a analisar vastos conjuntos de dados em tempo real, identificando padrões anômalos que podem indicar adulteração, falsificação de rótulos ou outras práticas fraudulentas. Essa capacidade não apenas fortalece os protocolos de monitoramento das cadeias de suprimento, mas também atua como uma barreira preventiva essencial contra riscos à saúde pública e à integridade do mercado.

Além da detecção de padrões irregulares, a IA também se destaca na previsão de riscos por meio da análise onde se prevê alguma anomalia. Ao utilizar dados históricos e modelos estatísticos avançados, os sistemas de IA podem antecipar potenciais fraudes antes que elas ocorram, permitindo que medidas preventivas sejam implementadas de forma proativa. Isso não apenas reduz o impacto financeiro das fraudes, mas também protege a reputação das marcas e aumenta a confiança dos consumidores.

No entanto, a implementação eficaz da IA na indústria alimentícia não está isenta de desafios. A qualidade e a disponibilidade de dados precisos continuam sendo fundamentais para o funcionamento confiável desses sistemas. Além disso, a resistência à adoção de novas tecnologias e a necessidade de regulamentações adequadas são considerações críticas que precisam ser abordadas para maximizar os benefícios da IA na detecção de fraudes. À medida que a tecnologia continua a evoluir, espera-se que novas inovações na Inteligência Artificial ampliem ainda mais suas capacidades na segurança alimentar.

A pesquisa realizada destacou a grande importância da IA na detecção de fraudes na indústria alimentícia, evidenciando como algoritmos avançados de aprendizado de máquina transformam a análise de grandes volumes de dados em tempo real. Os estudos revisados demonstraram que a implementação eficaz da IA não apenas fortalece os protocolos de monitoramento nas cadeias de suprimento, mas também estabelece barreiras preventivas contra riscos à saúde pública e à integridade do mercado. Essa capacidade de detectar padrões anômalos e prever riscos potenciais se revelou crucial para mitigar as consequências financeiras das fraudes e proteger a reputação das marcas.

A pesquisa sublinha a importância da IA como uma ferramenta fundamental para a segurança alimentar. Ao oferecer soluções proativas para a detecção de fraudes, a IA contribui para a construção de um sistema alimentar mais seguro e confiável, beneficiando não apenas os consumidores, mas também os produtores e distribuidores. A capacidade de antecipar fraudes e implementar medidas preventivas pode reduzir significativamente os prejuízos financeiros e

aumentar a confiança dos consumidores nas marcas, o que é vital para a sustentabilidade e a competitividade da indústria.

A relevância desta pesquisa para a vida acadêmica reside em sua contribuição para a formação acadêmica e profissional dos estudantes, ao introduzir conceitos avançados de tecnologia e sua aplicação prática em contextos reais, como a segurança alimentar. O estudo incentiva a reflexão crítica sobre os desafios e as oportunidades que a IA apresenta, estimulando um diálogo interdisciplinar entre áreas como tecnologia, negócios e saúde pública. Além disso, a pesquisa serve como um exemplo de como a academia pode se engajar com questões contemporâneas e impactantes, preparando os alunos para serem agentes de mudança em suas respectivas áreas de atuação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRIGHETTI, A. et al. Um Estudo Delphi sobre a Aplicação de Blockchain na Rastreabilidade Alimentar. **International Journal on Food System Dynamics**, v. 12, n. 1, p. 6–18, 2021.

BONSABOR. **Detecção e prevenção de fraudes alimentares com IA: garantindo a integridade dos ingredientes.** Disponível em: <https://blog.bomsabor.com.br/deteccao-e-prevencao-de-fraudes-alimentares-com-ia-garantindo-a-integridade-dos-ingredientes/>. Acesso em: 21 set. 2024.

BOSONA, T.; GEBRESENBET, G. Rastreabilidade Alimentar como Parte Integral da Gestão Logística em Alimentos e Agricultura. **Food Control**, v. 33, n. 1, p. 32–48, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **"Controle de Qualidade e Segurança dos Alimentos."** Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br> . Acesso em: 14 out. 2024.

CORALLO, A. et al. Uma Revisão Sistemática da Literatura para Explorar a Rastreabilidade e a Relação com o Ciclo de Vida. **International Journal of Production**, v. 58, n. 15, p. 4789–4807, 2020.

FOOD SAFETY BRAZIL. **Como novas tendências do setor de alimentos estão conectadas com a inteligência artificial.** Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/como-novas-tendencias-setor-de-alimentos-estao-conectadas-com-a-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 21 set. 2024.

FORE SCHOOL OF MANAGEMENT. **An Introduction to Machine Learning: Its Importance, Types, and Applications.** Disponível em: <https://www.fsm.ac.in/blog/an-introduction-to-machine-learning-its-importance-types-and-applications/>. Acesso em: 21 set. 2024.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MELO, Carolina. **Fraudes no leite: saúde pública e segurança de alimentos.** Food Safety Brazil, 13 jun. 2023. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/fraudes-leite-saude-publica-e-seguranca-de-alimentos/>. Acesso em: 22 set. 2024.

NEIVA, M. (2019). Por trás do código: Como funciona a Inteligência Artificial. **Tecnoveste**. Disponível em: <https://www.tecnoveste.com.br/por-tras-do-codigo-como-funciona-a-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 21 set. 2024

PROGAMAÇÃO, M. **Carreira em Visão Computacional: como se preparar para trabalhar na área**. 2020. Disponível em: <https://www.programaria.org/carreira-em-visao-computacional-como-se-preparar-para-trabalhar-na-area/>. Acesso em: 21 set. 2024.

QIAN, J. et al. Rastreabilidade no processamento de alimentos. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 3, p. 679–692, 2022.

SCUDILIO, J. **Como a Inteligência Artificial está transformando os Negócios**. FLAI. 2020. Disponível em: <https://www.flai.com.br/juscudilio/como-a-inteligencia-artificial-estatransformando-os-negocios/>. Acesso em: 21 set. 2024.

YU, Z. et al. Rastreabilidade Inteligente para a Segurança Alimentar. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 4, p. 905–916, 2022.

101 BLOCKCHAINS. **Tecnologia Blockchain: guia**. 2018 Disponível em: <https://101blockchains.com/pt/tecnologia-blockchain-guia/>. Acesso em: 21 set. 2024.