

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA

Thamires Meireles Victorio de Souza



**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DO APROVEITAMENTO DOS
RESÍDUOS DE CAFÉ NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

RIO DE JANEIRO
JANEIRO 2025

Thamires Meireles Victorio de Souza

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DE CAFÉ
NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Orientador(es): Suzana Borschiver, *D.Sc.*
Daniel Tinôco, *D.Sc.*
Taissa Ferreira de Oliveira Souza, *M.Sc.*

Rio de Janeiro
Janeiro 2025

CIP - Catalogação na Publicação

S729p Souza, Thamires Meireles Victorio de
PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DO APROVEITAMENTO DOS
RESÍDUOS DE CAFÉ NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS / Thamires
Meireles Victorio de Souza. -- Rio de Janeiro, 2025.
101 f.

Orientadora: Suzana Borschiver.
Coorientadora: Daniel Tinôco.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Química, Bacharel em Engenharia Química, 2025.

1. Resíduos de café. 2. prospecção tecnológica. 3.
sustentabilidade. 4. indústria alimentícia. 5.
economia circular. I. Borschiver, Suzana , orient.
II. Tinôco, Daniel , coorient. III. Título.

Thamires Meireles Victorio de Souza

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DE CAFÉ
NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Química da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do grau de Engenheiro
Químico.

Aprovado em 7 de janeiro de 2025.

Prof.^a Suzana Borschiver, *D. Sc*, UFRJ.

Prof. Daniel Tinôco, *D. Sc*, UERJ.

Taissa Ferreira de Oliveira Souza, *M. Sc*, UFRJ.

Prof. Élcio Ribeiro Borges, *D. Sc*, UFRJ

Thaís Lima de Paiva, *M. Sc*, UFRJ

Rio de Janeiro
2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder força, saúde e sabedoria ao longo dessa jornada acadêmica.

À minha família, em especial aos meus pais, Anderson e Jacqueline, pelo amor, apoio incondicional e incentivo nos momentos mais desafiadores. Sua dedicação e exemplo sempre foram minha maior motivação. Ao Thales, Alessandra, Janete, Michele, às minhas avós, Elza e Maria por acreditarem em meu potencial e celebrarem cada conquista comigo., e, por fim meu noivo, Nuno, pelo amor, compreensão e por estar sempre ao meu lado, mesmo nos momentos mais difíceis. Sua parceria e incentivo constante foram fundamentais para que eu me mantivesse firme em meus objetivos.

Às amizades construídas durante a graduação, em especial a Leonardo, Mariana, Ellen e Bárbara, por estarem ao meu lado, tornando todo esse caminho, apesar de difícil, muito mais divertido e prazeroso.

A Liliane e à Márcia, que me receberam em suas casas com tanta generosidade quando precisei me mudar para estudar. Seu acolhimento foi fundamental para que eu pudesse trilhar esse caminho.

Aos meus orientadores, Suzana, Daniel e Taissa, por sua paciência, orientação e valiosas contribuições ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Sua experiência e dedicação foram fundamentais para a conclusão desta etapa.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e à Escola de Química, por proporcionarem uma formação acadêmica de excelência, pelo acesso a recursos indispensáveis para o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Cada gesto de apoio foi essencial para que eu alcançasse este importante marco em minha trajetória.

RESUMO

SOUZA, Thamires Meireles Victorio de. **Prospecção Tecnológica do Aproveitamento dos Resíduos De Café na Indústria de Alimentos.** Rio de Janeiro, 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

Motivado pelo destaque econômico do café como commodity mundial, pelos impactos ambientais causados pelos resíduos de sua cadeia produtiva e pelo potencial de transformá-los em produtos de alto valor agregado, especialmente na área de alimentos, este trabalho objetivou realizar um mapeamento tecnológico do aproveitamento de resíduos do processamento de café, como borras, cascas e películas prateadas, pela indústria alimentícia. Para isso, um levantamento de artigos científicos e patentes (depositadas e concedidas) foi realizado usando as bases de dados Scopus (Elsevier) e Patentscope (Organização Mundial da Propriedade Intelectual), no período de 1984-2023 e 1971-2023, respectivamente. Os documentos foram selecionados segundo critérios de adequação à temática do estudo, tendo como referência os seus títulos e páginas de escopo. Posteriormente, uma análise em três níveis de detalhamento foi realizada, em que taxonomias foram propostas para representar as principais informações reportadas nos documentos. Um total de 92 artigos e 35 patentes foram obtidos e classificados conforme tendências gerais (nível Macro), tecnologias e aplicações (nível Meso) e tipos de resíduos, propriedades químicas e usos industriais (nível Micro). Como resultados, foi verificado que o processamento de café da variedade Arábica se destacou em artigos, tendo como principais resíduos a borra (66,7%) e casca (14,6%), enquanto apenas poucas patentes focaram na variedade de café, explorando tanto a sua borra (56,8%), quanto as suas folhas (27,0%). A extração de compostos bioativos (61,5%) foi a tecnologia majoritariamente verificada em artigos, as patentes focaram em tecnologias relacionadas à produção de bebidas e embalagens (73,0%). As principais aplicações incluíram ingredientes funcionais alimentares (51,9%) (artigos) e bebidas funcionais e alimentação animal (30,8% e 25,6%) (patentes). Em relação às propriedades químicas, foi observado um foco maior em propriedades antioxidantes (34,0% em artigos e 26,1% em patentes) em ambos os tipos de documentos, incluindo aspectos nutracêuticos (21,0%) em artigos, e propriedades sensoriais (24,6%) em patentes. Por fim, compostos químicos como fenóis e ácido clorogênico (44,5%) se destacaram em artigos, enquanto proteínas (24,5%) em patentes. Portanto, este estudo abordou as principais tendências

de valorização sustentável dos resíduos do café, destacando seu potencial na indústria alimentícia, por meio de aplicações inovadoras e de alto valor agregado.

Palavras-chave: resíduos de café, prospecção tecnológica, sustentabilidade, indústria alimentícia, economia circular.

ABSTRACT

SOUZA, Thamires Meireles Victorio de. **Prospecção Tecnológica do Aproveitamento dos Resíduos De Café na Indústria de Alimentos.** Rio de Janeiro, 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

Motivated by the economic prominence of coffee as a global commodity, the environmental impacts caused by the residues from its production chain, and the potential to transform these residues into high-value-added products, especially in the food industry, this study aimed to conduct a technological mapping of the utilization of coffee processing residues, such as coffee grounds, husks, and silver skins, by the food industry. To achieve this, a review of scientific articles and patents (both filed and granted) was conducted using the Scopus (Elsevier) and Patentscope (World Intellectual Property Organization) databases, covering the periods from 1984–2023 and 1971–2023, respectively. The documents were selected based on their relevance to the study's theme, evaluated through their titles and scope pages. Subsequently, a three-level analysis was performed, in which taxonomies were proposed to represent the main information reported in the documents. A total of 92 articles and 35 patents were obtained and classified according to general trends (Macro level), technologies and applications (Meso level), and types of residues, chemical properties, and industrial uses (Micro level). The results showed that the processing of Arabica coffee stood out in articles, with coffee grounds (66.7%) and husks (14.6%) as the main residues, while only a few patents focused on coffee varieties, exploring both coffee grounds (56.8%) and coffee leaves (27.0%). The extraction of bioactive compounds (61.5%) was the most frequently identified technology in articles, while patents emphasized technologies related to beverage production and packaging (73.0%). Key applications included functional food ingredients (51.9%) in articles and functional beverages and animal feed (30.8% and 25.6%, respectively) in patents. Regarding chemical properties, a greater focus was observed on antioxidant properties (34.0% in articles and 26.1% in patents) in both document types, including nutraceutical aspects (21.0%) in articles and sensory properties (24.6%) in patents. Finally, chemical compounds such as phenols and chlorogenic acid (44.5%) were prominent in articles, while proteins (24.5%) stood out in patents. Therefore, this study addressed the main trends in the sustainable valorization of coffee residues,

highlighting their potential in the food industry through innovative and high-value-added applications.

Keywords: coffee residues, technology prospecting, sustainability, food industry, circular economy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Composição do fruto do café.	21
Figura 2 - Esquema ilustrativo das tecnologias de processamento e os resíduos gerados.	23
Figura 3 - Grãos após secagem em cada via de processamento	24
Figura 4 – Borra de café.	27
Figura 5 - Película prateada	27
Figura 6 - Casca do Café	28
Figura 7 - Resumo do mercado mundial de café ('000 Sacos de 60 Kg).	33
Figura 8 - Metodologia para construção da Prospecção Tecnológica	39
Figura 9 – Níveis de detalhamento analisados na Prospecção tecnológica	45
Figura 10 - Evolução temporal dos artigos sobre utilização de resíduos de café pela indústria alimentícia na faixa temporal de 1894 a 2023.	47
Figura 11 - Número de publicações científica sobre o uso de resíduos de café na indústria alimentícia por origem dos autores principais na faixa temporal de 1984 a 2023.	48
Figura 12 - Distribuição de publicações por tipo de agência financiadora dos artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.	50
Figura 13 - Distribuição do foco de pesquisa em estudos sobre resíduos de café em artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.	53
Figura 14 - Distribuição de espécies de café entre Coffea arabica e Coffea canephora (Robusta) em artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.	57
Figura 15 - Distribuição dos tipos de resíduos de café utilizados nos artigos científicos selecionados na faixa temporal 1984 a 2023.	59
Figura 16 - Distribuição das propriedades estudadas nos resíduos de café em artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.	60
Figura 17 - Distribuição das principais tecnologias utilizadas em artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.	62
Figura 18 – Compostos químicos presentes nos resíduos de café nos artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.	64
Figura 19 – Distribuição das aplicações Micro I dos resíduos de café na indústria alimentícia nos artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.	66

Figura 20 – Distribuição das aplicações Micro II dos resíduos de café na indústria alimentícia nos artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.	68
Figura 21 - Evolução temporal das patentes solicitadas e concedidas sobre utilização de resíduos de café pela indústria alimentícia na faixa temporal de 1971 a 2023.	72
Figura 22 - Distribuição de patentes solicitadas e concedidas por países no período de 1971 a 2023.	73
Figura 23 - Distribuição dos requerentes das patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.	74
Figura 24 - Distribuição do foco das patentes relacionadas a resíduos de café por categoria na faixa temporal de 1971 a 2023.	76
Figura 25 - Distribuição de espécies de café entre Coffea arabica e Coffea canephora (Robusta) em patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.	77
Figura 26 - Distribuição dos tipos de resíduos de café utilizados nas patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.	79
Figura 27 - Distribuição das propriedades estudadas nos resíduos de café nas patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.	80
Figura 28 - Distribuição das principais tecnologias utilizadas em patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.	82
Figura 29 - Químicos presentes nos resíduos de café nas patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.	83
Figura 30 - Distribuição das aplicações Micro I dos resíduos de café na indústria alimentícia nas patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023	85
Figura 31 - Distribuição das aplicações Micro II dos resíduos de café na indústria alimentícia nas patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da pesquisa de artigos científicos sobre a utilização de resíduos de café na indústria alimentícia encontrados na base <i>Scopus</i> no período de 1984 a 2023....	46
Tabela 2 - Distribuição de publicações sobre o uso de resíduos de café na indústria alimentícia por país e tipo de colaboração na faixa temporal de 1894 a 2023.	49
Tabela 3 - Resultados da pesquisa de patentes sobre a utilização de resíduos de café na indústria alimentícia na base <i>Patentscope</i> no período de 1971 a 2023.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Composição química dos grãos de café Arábica e Robusta	19
Quadro 2 - Os principais resíduos gerados durante o processamento dos grãos de café	25
Quadro 3 - Aplicações alimentícias dos resíduos de café	26
Quadro 4 – Resumo da produção/consumo mundial do café.	32
Quadro 5 – Indicadores da indústria do café 2023.....	32
Quadro 6 - Maiores produtores mundiais de café na safra de 2022/23.....	34
Quadro 7 - Maiores consumidores mundiais de café na safra de 2022/23	35
Quadro 8 - Estimativas de Produção de Resíduos da Cadeia Produtiva do Café na Safra 2022/2023 em toneladas.....	36
Quadro 9 - Abordagem estratégica de busca de artigos científicos sobre o aproveitamento de resíduos do processamento do café na indústria alimentícia.....	41
Quadro 10 - Abordagem estratégica de escolha de palavras-chave sobre o aproveitamento de resíduos do processamento do café na indústria alimentícia.....	42
Quadro 11 - Abordagem estratégica de busca de patentes sobre o aproveitamento de resíduos do processamento do café na indústria alimentícia.....	44
Quadro 12 - Taxonomias Meso propostas para descrever as principais informações reportadas nas publicações científicas e patentes sobre o aproveitamento de resíduos de café para indústria alimentícia.....	52
Quadro 13 - Taxonomias Meso, Micro I e Micro II propostas para descrever as principais informações reportadas nas publicações científicas e patentes analisadas.	54
Quadro 14 - Subdivisão Micro II de aplicações dos resíduos de café na indústria alimentícia em artigos científicos e patentes selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.	67
Quadro 15 - Quadro resumo da prospecção tecnológica do aproveitamento dos resíduos de café na indústria de alimentos	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 ESTRUTURAÇÃO DO DOCUMENTO	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 CAFÉ	19
2.2 TIPOS DE CAFÉ	19
2.2.1 <i>Coffea arabica</i>.....	20
2.2.2 <i>Coffea canephora</i> (Café robusta).....	20
2.3 ESTRUTURA DO FRUTO CAFEEIRO	21
2.4 PROCESSAMENTO DO CAFÉ	22
2.5 RESÍDUOS DO CAFÉ E SUAS APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	26
2.5.1 Borra de café	27
2.5.2 Película prateada do café	27
2.5.3 Resíduo de café solúvel.....	28
2.5.4 Resíduo de café expresso.....	28
2.5.5 Casca do café.....	28
2.5.6 Folhas de café	28
2.6 TECNOLOGIAS USADAS PARA O APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DE CAFÉ NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	29
2.6.1 Extração e caracterização de compostos bioativos.....	29
2.6.2 Digestão <i>in vitro</i>.....	29
2.6.3 Fermentação.....	30
2.7 APLICAÇÕES ALIMENTÍCIAS DOS RESÍDUOS DE CAFÉ	30
2.7.1 Aditivos alimentares	30
2.7.2 Embalagens e armazenamento	31
2.7.3 Alimentação e bebidas.....	31
2.8 ECONOMIA E MERCADO CAFEEIRO	32
2.8.1 Produção e consumo por espécie	33

2.8.2 Flutuações e bienalidade na produção.....	33
2.8.3 Os maiores produtores de café do mundo.....	34
2.8.4 Os maiores consumidores de café do mundo	35
2.8.5 Resíduos gerados no processamento do café e impacto ambiental	36
3 PROSPECÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA	37
4 METODOLOGIA.....	39
4.1 ETAPA PRÉ-PROSPECTIVA.....	40
4.2 ETAPA PROSPECTIVA	40
4.2.1 Definição da estratégia de busca	40
4.2.1.1 Artigos científicos	40
4.2.1.2 Patentes.....	43
4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5.1 ANÁLISE DE ARTIGOS CIENTÍFICOS	46
5.1.1 Análise Macro	46
5.1.2 Análise Meso	51
5.1.3 Análise Micro	54
5.1.3.1 Variedades de café.....	57
5.1.3.2 Resíduos de café	58
5.1.3.3 Propriedades	60
5.1.3.4 Tecnologias.....	62
5.1.3.5 Compostos Químicos.....	64
5.1.3.6 Aplicações na indústria alimentícia.....	66
5.2 ANÁLISE DE PATENTES.....	71
5.2.1 Análise Macro	72
5.2.2 Análise Meso	75
5.2.3 Análise Micro	77
5.2.3.1 Variedades de Café.....	77
5.2.3.2 Resíduo do processamento de café.....	78
5.2.3.3 Propriedades	80
5.2.3.4 Tecnologias.....	81
5.2.3.5 Compostos Químicos.....	83
5.2.3.6 Aplicações na indústria alimentícia.....	84
5.3 PRINCIPAIS RESULTADOS DO ESTUDO PROSPECTIVO	89

6 CONCLUSÃO.....	90
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	92

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O café, uma bebida amplamente apreciada, possui uma história rica que conecta cultura, economia e inovação (MARTINS, 2012). Originário das montanhas da Etiópia, o café foi descoberto por pastores que notaram maior energia em cabras após consumirem os seus frutos. Inspirados por essa observação, monges passaram a preparar infusões que auxiliavam na meditação, ajudando a resistir ao sono (MARTINS, 2012). No século XV, os árabes desenvolveram técnicas de cultivo e torrefação, promovendo sua disseminação. Posteriormente, no século XVII, o café alcançou a Europa e as Américas, consolidando-se como uma *commodity* global de grande impacto (BRESSANI, 2020). Essa trajetória demonstra a transformação do café de uma bebida regional para um produto de influência mundial, conectando culturas e economias.

Além de bebida, o café desempenha um papel social e econômico essencial em várias culturas. Socialmente, ele é um elemento de conexão e rotina diária em diferentes contextos, enquanto, economicamente, destaca-se como uma das *commodities* mais comercializadas no mundo, com impacto direto na sustentabilidade e na inovação industrial. (CASTRO, ODA, *et al.*, 2017) A produção global de café, estimada em 169,5 milhões de sacas para a safra de 2023/24, reflete sua importância estratégica no comércio internacional (CONAB, 2024). Essa dualidade entre o papel social e econômico reforça a capacidade do café de conectar comunidades e impulsionar economias, consolidando-se como um recurso estratégico global (CASTRO, ODA, *et al.*, 2017).

No entanto, a cadeia produtiva do café também enfrenta desafios significativos, especialmente relacionados à geração de resíduos. Subprodutos como cascas, polpas e borras, embora representem impactos ambientais, oferecem grande potencial para aplicações sustentáveis (OSEGUERA-CASTRO, MADRID, *et al.*, 2019). Estudos indicam que esses resíduos podem ser transformados em aditivos alimentares, ingredientes funcionais e materiais biodegradáveis, contribuindo para uma economia mais circular (OSEGUERA-CASTRO, MADRID, *et al.*, 2019). Essa abordagem sustentável não apenas minimiza os impactos ambientais, mas também agrega valor econômico à cadeia produtiva do café.

Além disso, os resíduos de café possuem características químicas que os tornam altamente valiosos para diversas indústrias. Compostos fenólicos e antioxidantes presentes nesses subprodutos podem ser explorados em setores como o alimentício e o de embalagens

biodegradáveis, destacando o café como um recurso estratégico e inovador (CASTRO, ODA, et al., 2017). A rica composição química e a ampla disponibilidade desses resíduos reforçam seu potencial como insumo industrial sustentável (PETTINATO, BOLLA, et al., 2023). Assim, ao valorizar os subprodutos do café, é possível promover avanços significativos em inovação e sustentabilidade.

Frente aos aspectos abordados, este estudo tem como objetivo mapear tendências tecnológicas para o aproveitamento de resíduos da cadeia produtiva do café, como borras, cascas e películas prateadas, com foco em aplicações na indústria alimentícia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Mapear tendências tecnológicas para o aproveitamento de resíduos da cadeia produtiva do café transformando-os em produtos de alto valor agregado para indústria alimentícia.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Identificar possíveis tendências tecnológicas e de mercado, destacando as matérias-primas residuais mais usadas, as tecnologias empregadas e as aplicações comerciais mais promissoras relacionadas à indústria alimentícia;
- Identificar os principais atores envolvidos, incluindo empresas, instituições acadêmicas e parcerias, com o intuito de compreender o cenário atual e identificar potenciais oportunidades de inovação e aproveitamento sustentável dos resíduos de café no contexto industrial.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DO DOCUMENTO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1 - Introdução: Apresentação do tema em estudo e dos principais objetivos da pesquisa.

Capítulo 2 - Fundamentação Teórica: Exploração detalhada do tema, incluindo aspectos teóricos sobre o café, o mercado, processamento e geração de resíduos, agricultura orgânica, além de tecnologias e aplicações dos resíduos de café na indústria de alimentos.

Capítulo 3 - Prospecção Tecnológica: Apresentação dos fundamentos científicos e metodologias pertinentes a este campo de estudo.

Capítulo 4 - Metodologia: Descrição da abordagem de pesquisa adotada, incluindo fontes e critérios de busca utilizados e análises realizadas.

Capítulo 5 - Resultados e Discussões: Apresentação dos resultados obtidos na prospecção tecnológica e análise das informações levantadas.

Capítulo 6 - Conclusões: Sumarização das principais informações prospectadas e considerações finais do trabalho.

Capítulo 7 - Sugestões para Trabalhos Futuros: Propostas de estudos adicionais com base nos resultados da presente pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CAFÉ

O café é originado da planta *Coffea*, pertencente à família *Rubiaceae*, cujos frutos, conhecidos como cerejas, contêm sementes utilizadas na produção da bebida (ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012). Essas plantas são nativas de regiões tropicais e possuem grande adaptabilidade a diferentes climas e tipos de solo, sendo amplamente cultivadas em países como Brasil, Vietnã e Colômbia (OIC, 2023). Após o processamento, que inclui etapas como torrefação e moagem, as sementes dão origem à bebida amplamente apreciada por seu aroma único e sabor característico (ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012).

2.2 TIPOS DE CAFÉ

As principais espécies de café pertencem ao gênero *Coffea*: *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (robusta). Juntas, essas culturas dominam o mercado global devido às suas características distintas em termos de cultivo e qualidade sensorial (PRIOLLI, MAZZAFERA, et al., 2008). O Quadro 1 apresenta a composição química do grão cru de *Coffea arabica* e *C. Canephora*, em que é possível notar a evidente capacidade de geração de bioativos.

Quadro 1 - Composição química dos grãos de café Arábica e Robusta

Componente	Café Arábica (%)	Café Robusta (%)
Cafeína	0,7–1,4	1,2–2,4
Trigonelina	1,0–1,2	0,6–0,7
Minerais	3–4,2	3–4,2
Lignina	1–3	1–3
Proteínas	11,0–13,0	11,0–13,0
Amino ácidos livres	0,2–0,8	0,2–0,8
Óleos	7,7–16,0	7,7–16,0
Ceras	0,2–0,3	0,2–0,3
Ácidos clorogênicos totais	3,5–7,3	7,0–14,0
Ácidos alifáticos não voláteis	2–2,9	1,3–2,2
Ácidos voláteis	0,1	0,1
Carboidratos solúveis	9–12,5	6,0–11,5
Polissacarídeos insolúveis	46–53	34–44

Fonte: DURÁN, TSUKUI, et al. (2017).

2.2.1 *Coffea arabica*

Coffea arabica, conhecido como café arábica, é a espécie mais consumida no mundo, representando cerca de 60-70% da produção global. Essa predominância deve-se à alta qualidade sensorial da bebida, que apresenta um sabor suave e complexo, frequentemente descrito com notas frutadas e florais (PRIOLLI, MAZZAFERA, et al., 2008). A superioridade sensorial do arábica o torna a escolha preferida em mercados que valorizam sofisticação e riqueza de sabores na experiência do café. Dessa forma, o *Coffea arabica* destaca-se não apenas por seu volume de produção, mas também por sua importância no mercado global de cafés *premium* (ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012).

O café arábica cresce em condições climáticas específicas que impactam diretamente a qualidade de seus grãos. Essa espécie é cultivada em altitudes acima de 600 metros, preferindo climas frescos e solos bem drenados. Além disso, o teor de cafeína no *Coffea arabica* varia entre 0,8 e 1,4%, sendo influenciado por fatores como maturação dos frutos, práticas de cultivo e processos pós-colheita (MAZZAFERA, CARVALHO, 1992). A combinação dessas condições agronômicas e práticas de manejo reforça o impacto das características regionais na produção de cafés de alta qualidade. Assim, as condições ambientais e o manejo cuidadoso são determinantes para a excelência do *Coffea arabica* no mercado global (ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012).

2.2.2 *Coffea canephora* (Café robusta)

Coffea canephora, ou café robusta, é uma espécie conhecida por sua resistência e adaptabilidade a condições adversas (ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012). Cultivado principalmente em regiões tropicais, como a África Central e o Sudeste Asiático, o robusta cresce em altitudes abaixo de 600 metros, sendo menos exigente quanto à qualidade do solo e mais resistente a pragas em comparação ao arábica (MAZZAFERA, CARVALHO, 1992, PRIOLLI, MAZZAFERA, et al., 2008). Além disso, possui um teor de cafeína elevado, variando entre 1,5 e 2,5%, o que resulta em um sabor mais amargo e encorpado, amplamente aproveitado na produção de cafés instantâneos e misturas comerciais (MAZZAFERA, CARVALHO, 1992, PRIOLLI, MAZZAFERA, et al., 2008). Essas características, combinadas com sua alta produtividade, tornam o robusta uma opção econômica e estratégica para a produção em larga escala, especialmente em mercados que priorizam custos baixos e resistência do cultivo (ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012). Assim, o *Coffea canephora* desempenha um papel

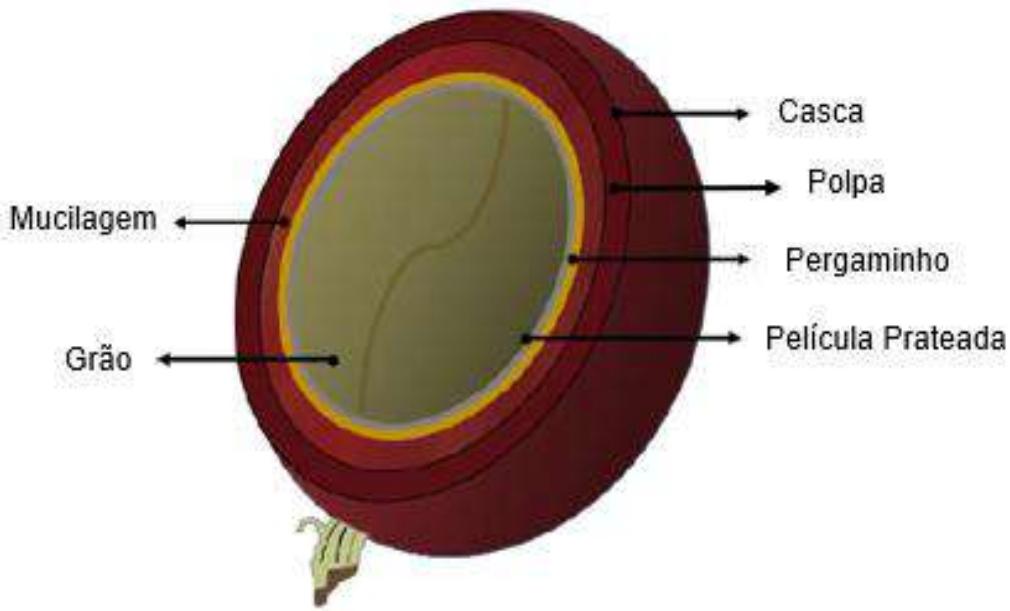
fundamental no mercado global, especialmente em segmentos de produção de grande volume e custo reduzido.

Outras espécies de café, como *Coffea liberica* e *Coffea excelsa*, são cultivadas em menor escala em regiões específicas da África e do Sudeste Asiático. Apesar de representarem uma fração muito pequena da produção global, essas espécies oferecem potencial para nichos específicos e inovação no cultivo (DAVIS FLS, GOVAERTS, *et al.*, 2006, MAZZAFERA, CARVALHO, 1992).

2.3 ESTRUTURA DO FRUTO CAFEEIRO

O fruto do café contém duas sementes que definem o grão de café. A Figura 1 apresenta de maneira simplificada essa estrutura, proporcionando uma representação visual do processo de formação do grão no interior da cereja, conforme relatado em pesquisas sobre a morfologia do café (DURÁN, TSUKUI, *et al.*, 2017, ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012).

Figura 1 - Composição do fruto do café.



Fonte: Adaptado de DURÁN, TSUKUI, *et al.* (2017).

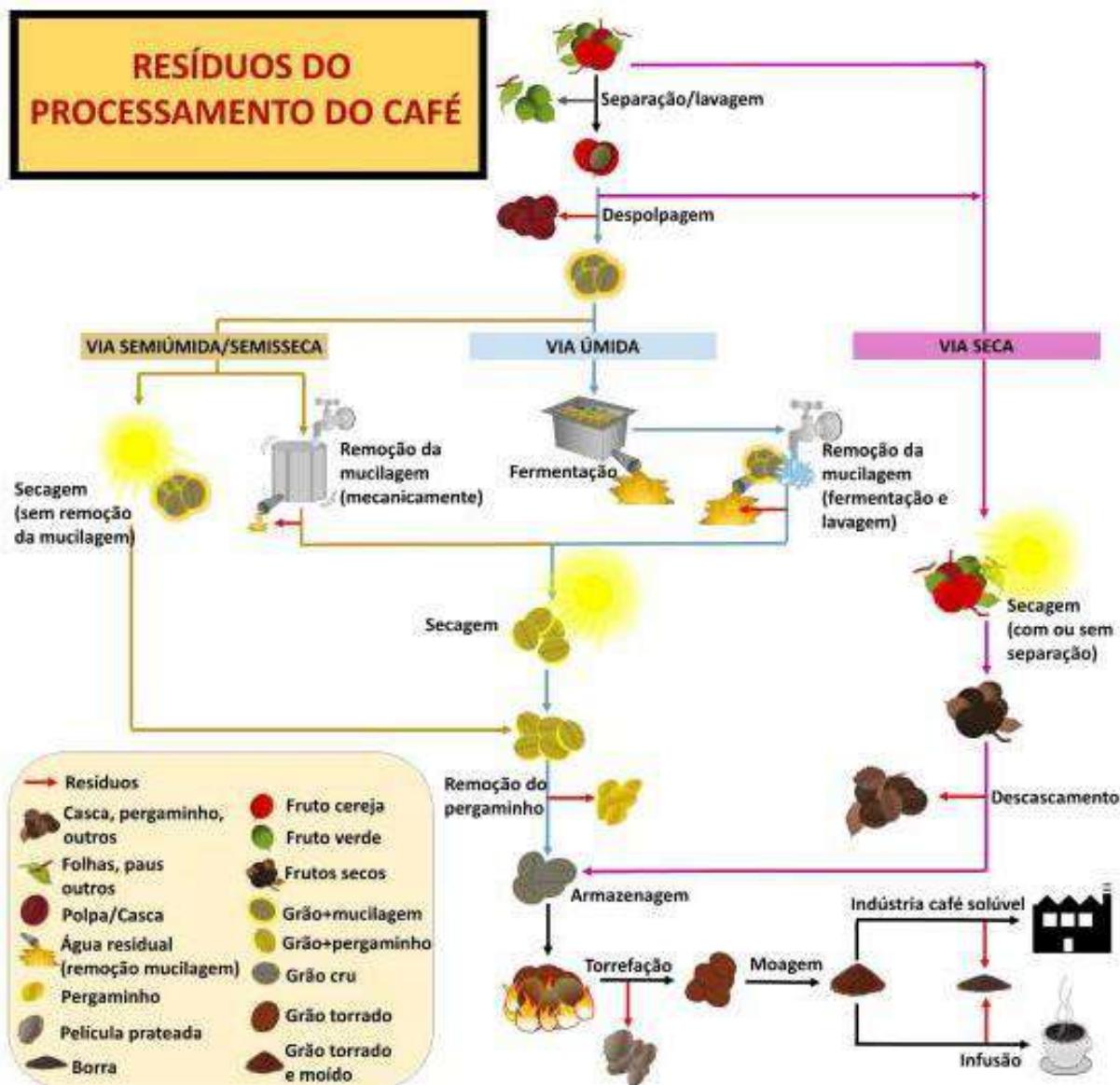
A casca do café (*Coffee husk*) é a camada externa que reveste o grão, oferecendo proteção ao longo do desenvolvimento do fruto (DURÁN, TSUKUI, *et al.*, 2017). A polpa (endosperma) é a parte principal do grão, responsável por armazenar nutrientes e compostos

que, ao serem aquecidos durante a torrefação, dão origem aos sabores e aromas do café (ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012). A mucilagem é uma camada viscosa e açucarada que envolve o grão, influenciando no sabor e aroma finais da bebida (DURÁN, TSUKUI, *et al.*, 2017). O pergaminho (*hull*) é uma camada externa do grão que o protege contra danos físicos e influências externas (DURÁN, TSUKUI, *et al.*, 2017). A casca prateada (*Silver skin*) é uma fina camada de tecido que envolve o grão e é removida durante a torrefação ou moagem (ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012). Por fim, o grão de café cru é a semente do fruto, com coloração esverdeada e textura densa, sendo o componente utilizado para a produção do café consumido (DURÁN, TSUKUI, *et al.*, 2017).

2.4 PROCESSAMENTO DO CAFÉ

O processamento do café, ilustrado na Figura 2, começa após a colheita, quando os grãos são submetidos a diferentes métodos de tratamento para se transformar no produto final, destinado principalmente às indústrias alimentícias. Esse processo pode ser realizado por três métodos distintos: via úmida, via seca e via semisseca/semiúmida. Cada uma dessas vias resulta em diferentes resíduos, que podem ser utilizados de várias maneiras no processo agroindustrial (DURÁN, TSUKUI, *et al.*, 2017).

Figura 2 - Esquema ilustrativo das tecnologias de processamento e os resíduos



Fonte: DURÁN, TSUKUI, et al. (2017).

Na via seca, os grãos de café são inicialmente separados entre os frutos maduros (cerejas) e os verdes. Os grãos são, então, lavados para garantir uma secagem eficiente. Esse processo de secagem é realizado ao ar livre, em terreiros ou secadores mecânicos, sendo especialmente eficaz em regiões com boa radiação solar (ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012). Após a secagem, os grãos passam pelo descascamento, etapa que gera o principal resíduo dessa via: a casca de café. Este método não exige separação prévia dos frutos, o que permite o tratamento de grãos em diferentes estágios de maturação. Além disso, a utilização da via seca ajuda a controlar a degradação dos grãos, tanto por fatores climáticos quanto microbianos, o que resulta em um café com sabor superior (VEGRO, CARVALHO, 1994).

Na via úmida, os frutos do café também são lavados e separados. Segue-se a etapa de despolpagem, em que as cascas e a polpa são removidas, deixando o grão coberto por uma camada viscosa chamada mucilagem. A remoção da mucilagem ocorre por meio de fermentação, o que resulta na eliminação do mesocarpo e redução significativa do volume do resíduo. Embora o processo da via úmida requeira um maior investimento inicial devido ao consumo de água, uma secagem mais rápida e eficiente, com menos necessidade de espaço, é proporcionada, o que pode compensar os custos elevados relacionados ao uso da água (DURÁN, TSUKUI, et al., 2017).

Na via semiúmida/semisseca, que combina aspectos das vias seca e úmida, após a despolpagem, o café é encaminhado para a secagem ou para a remoção mecânica da mucilagem, sem a utilização de fermentação. Esse processo resulta em um café de alta qualidade, com boa coloração e acidez reduzida, sendo uma escolha preferida para produtores que buscam um produto final de qualidade superior (ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012).

Após a remoção desses resíduos estruturais, os grãos de café são submetidos à torrefação e moagem, etapas finais antes de serem distribuídos para a indústria de café solúvel e de infusão (DURÁN, TSUKUI, et al., 2017, VEGRO, CARVALHO, 1994).

Dessa forma, os três métodos de processamento do café – via seca, úmida e semiúmida – diferem principalmente pela forma como a casca, a polpa e a mucilagem são removidas e secas. Como ilustrado na Figura 3, na via seca, o grão é mantido inteiro até a secagem, enquanto na via úmida e semiúmida ocorre a remoção parcial (cereja descascado) ou total (despolpado/lavado) dessas estruturas antes da secagem. Essas diferenças influenciam a quantidade e o tipo de resíduos gerados, além de impactarem diretamente a qualidade e o perfil final do café (BRESSANI, 2020).

Figura 3 - Grãos após secagem em cada via de processamento



Fonte: BRESSANI (2020).

A Quadro 2 apresenta os principais resíduos gerados durante o processamento dos grãos de café, com base na porcentagem de cada um em relação ao peso total da fruta do café (café cereja). As diferentes vias de processamento (via seca, via úmida e via semiúmida/semisseca) para obtenção de cada um desses resíduos são também apresentadas.

Quadro 2 - Os principais resíduos gerados durante o processamento dos grãos de café

Resíduo	Definição	Vias de Processamento	Percentual do Resíduo (%)
Casca	Camada externa do fruto do café removida no processo de descascamento.	Via seca	35-40%
Polpa	Parte carnosa do fruto, responsável por armazenar nutrientes e compostos de sabor.	Via úmida, Via semiúmida / semisseca	25-30%
Mucilagem	Camada viscosa e açucarada que envolve o grão, removida por fermentação ou lavagem.	Via úmida, Via semiúmida / semisseca	10-15%
Pergaminho	Camada fibrosa que envolve o grão, removida após a remoção da mucilagem.	Via Úmida, Via semiúmida / semisseca	6-7%
Película prateada	Fina camada que cobre o grão, removida durante a torrefação.	Todas as vias	1-2%

Fonte: Adaptado de DURÁN, TSUKUI, et al. (2017).

2.5 RESÍDUOS DO CAFÉ E SUAS APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Os resíduos gerados no processamento do café apresentam potencial significativo para aplicação na indústria alimentícia devido à sua rica composição química, que inclui compostos antioxidantes, polifenóis, ácidos clorogênicos e fibras alimentares. Esses compostos, amplamente reconhecidos por seus benefícios à saúde, têm demonstrado propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e prebióticas, tornando-os promissores para o desenvolvimento de produtos funcionais e suplementos alimentares (BALLESTEROS, RAMIREZ, *et al.*, 2017, CASTRO, ODA, *et al.*, 2017).

O Quadro 3 apresenta as aplicações mais comuns dos diferentes tipos de resíduos de café na indústria alimentícia. É importante destacar que essas não são as únicas possibilidades, pois os resíduos de café possuem uma composição química rica que permite sua utilização em diversas outras áreas, dependendo de avanços tecnológicos e do desenvolvimento de novos métodos de processamento (DURÁN, TSUKUI, *et al.*, 2017, PRIOLLI, MAZZAFERA, *et al.*, 2008).

Quadro 3 - Aplicações alimentícias dos resíduos de café

Resíduo	Aplicações Alimentícias
Borra de café	Aditivos para panificação, preservação de alimentos.
Película prateada	Embalagens biodegradáveis, aditivos para melhorar o sabor.
Resíduo de café solúvel	Emulsificantes e estabilizantes em alimentos processados.
Resíduo de café expresso	Substitutos de cacau, bebidas energéticas.
Casca do café	Ração animal, ingredientes prebióticos para alimentos funcionais.
Folhas de café	Bebidas funcionais, como chás e infusões antioxidantes.

Fonte: Elaboração própria.

2.5.1 Borra de café

A borra de café, ilustrada na Figura 4, é o resíduo sólido gerado após a extração do café por métodos tradicionais, como filtragem ou prensa francesa. Esse material contém compostos bioativos, incluindo ácidos clorogênicos, cafeína e fibras insolúveis, além de propriedades antioxidantes significativas. Esses elementos tornam a borra de café uma matéria-prima promissora para o desenvolvimento de aditivos alimentares que podem enriquecer funcionalmente produtos de panificação, como bolos e pães) (MAZZAFERA, CARVALHO, 1992, PRIOLLI, MAZZAFERA, *et al.*, 2008).

Figura 4 – Borra de café



Fonte: MURTHY, MADHAVA NAIDU (2012).

2.5.2 Película prateada do café

A película prateada, ilustrada na Figura 5, é uma fina camada removida durante o processo de torrefação do grão de café. Ela é rica em polifenóis, ácidos fenólicos e fibras dietéticas, conferindo-a propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Essas características tornam a película prateada adequada para a produção de embalagens biodegradáveis que preservam alimentos por mais tempo, além de ser utilizada como aditivo natural para realçar o sabor e a qualidade sensorial de produtos alimentícios (DAVIS FLS, GOVAERTS, *et al.*, 2006).

Figura 5 - Película prateada



Fonte: MURTHY, MADHAVA NAIDU (2012).

2.5.3 Resíduo de café solúvel

O resíduo gerado no processo de produção de café solúvel é rico em carboidratos, proteínas e minerais. Essas características químicas permitem sua aplicação como emulsificante e estabilizante em alimentos processados, contribuindo para a textura e estabilidade de produtos como molhos e cremes (MAZZAFERA, CARVALHO, 1992).

2.5.4 Resíduo de café expresso

O resíduo proveniente de máquinas de café expresso possui concentrações elevadas de ácidos fenólicos e graxos, além de cafeína e antioxidantes. Essas propriedades o tornam uma alternativa viável para o desenvolvimento de substitutos do cacau em confeitoria, como para produção de chocolates e biscoitos. Além disso, podem ser utilizados na formulação de bebidas energéticas (PRIOLLI, MAZZAFERA, et al., 2008).

2.5.5 Casca do café

A casca do café, ilustrada na Figura 6, gerada no processo de descascamento dos grãos, contém altos teores de fibras alimentares, taninos e antocianinas. Esses compostos permitem seu uso como ingrediente em rações animais, promovendo benefícios nutricionais, e como fonte de prebióticos em alimentos funcionais (MAZZAFERA, CARVALHO, 1992, PRIOLLI, MAZZAFERA, *et al.*, 2008).

Figura 6 - Casca do Café



Fonte: MURTHY, MADHAVA NAIDU (2012).

2.5.6 Folhas de café

As folhas de café, frequentemente descartadas durante a colheita, são ricas em flavonoides e polifenóis, apresentando propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Essas propriedades tornam as folhas adequadas para a formulação de bebidas funcionais, como chás

e infusões. Essas bebidas têm potencial para reduzir o estresse oxidativo e beneficiar a saúde cardiovascular (DAVIS FLS, GOVAERTS, et al., 2006).

2.6 TECNOLOGIAS USADAS PARA O APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DE CAFÉ NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

2.6.1 Extração e caracterização de compostos bioativos

A extração de compostos bioativos dos resíduos de café é essencial para ampliar suas aplicações industriais. Métodos convencionais, como a extração por solventes orgânicos, são amplamente utilizados, mas possuem limitações relacionadas ao consumo energético e degradação de compostos fenólicos. Métodos não convencionais, como extração assistida por ultrassom e micro-ondas, têm se destacado por oferecer maior eficiência e preservação de compostos sensíveis, como os antioxidantes (MACHADO, MUSSATTO, *et al.*, 2018).

A caracterização dos compostos bioativos em resíduos de café envolve técnicas analíticas, como cromatografia e espectroscopia, para identificar e quantificar os compostos presentes, como antioxidantes, ácidos fenólicos, cafeína e melanoidinas. Esse processo é crucial para determinar seu potencial funcional. Estudos indicam que os antioxidantes extraídos das borras de café podem ser incorporados em alimentos funcionais para melhorar a saúde metabólica e combater o envelhecimento celular (BALLESTEROS, RAMIREZ, *et al.*, 2017, KIM, AHN, *et al.*, 2016).

2.6.2 Digestão *in vitro*

A digestão *in vitro* é uma tecnologia essencial para estudar a bioacessibilidade de compostos bioativos em resíduos de café, simulando o processo digestivo humano ou animal em três fases: oral (com saliva e amilase), gástrica (pH ácido e pepsina) e intestinal (enzimas pancreáticas e sais biliares). É usada para avaliar a liberação e biodisponibilidade de compostos bioativos. Por meio dessa técnica, compostos antioxidantes, como os ácidos clorogênicos, são liberados e metabolizados, contribuindo significativamente para a redução do estresse oxidativo (MACHADO, MUSSATTO, *et al.*, 2018). A compreensão desses processos pode orientar o desenvolvimento de novos produtos alimentares e nutracêuticos.

Resíduos de café também oferecem aplicações promissoras na indústria agropecuária, destacando-se como ingredientes em rações animais. Estudos indicam que seus compostos bioativos podem melhorar a saúde intestinal e o sistema imunológico dos animais, otimizando

a eficiência alimentar e promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis (MACHADO, MUSSATTO, *et al.*, 2018). Essa aplicação melhora a saúde animal e reduz a dependência de insumos, promovendo uma agroindústria mais eficiente e sustentável.

2.6.3 Fermentação

A fermentação desponta como uma tecnologia eficiente para transformar resíduos de café em compostos de alto valor agregado. Processos fermentativos que utilizam microrganismos, como bactérias lácticas e leveduras, permitem a produção de ácidos orgânicos e metabólitos bioativos, usados na geração de alimentos funcionais e materiais biodegradáveis (KIM, AHN, *et al.*, 2016). Esses resíduos, ricos em propriedades químicas específicas, oferecem um substrato ideal para o desenvolvimento de novos produtos que atendam à crescente demanda por práticas industriais sustentáveis e inovadoras. Dessa forma, a fermentação não apenas agrega valor a esses subprodutos, mas também contribui para uma economia circular e para a inovação industrial (FRANCA, OLIVEIRA, 2022).

2.7 APLICAÇÕES ALIMENTÍCIAS DOS RESÍDUOS DE CAFÉ

A preocupação com a sustentabilidade tem direcionado a indústria alimentícia para o aproveitamento de resíduos de café. Esses compostos são usados como subprodutos para a geração de aditivos alimentares e embalagens biodegradáveis, assim como farinhas e extratos, barras energéticas, pães, bebidas fortificadas e ração animal. Essa abordagem reduz o desperdício, enquanto promove soluções inovadoras e ambientalmente responsáveis. Assim, o aproveitamento de resíduos de café combina sustentabilidade e inovação, resultando em uma indústria alimentícia mais integrada e baseada em uma economia circular (BENINCÁ, DO CARMO, *et al.*, 2023; PRIOLLI, MAZZAFERA, *et al.*, 2008).

2.7.1 Aditivos alimentares

Os resíduos de café destacam-se como uma fonte rica de compostos antioxidantes, incluindo ácidos clorogênicos, reconhecidos por suas propriedades de redução de danos oxidativos. Esses compostos têm grande valor por atuarem como conservantes naturais, ajudando a prolongar a vida útil de alimentos e preservar suas características sensoriais. Além disso, subprodutos do café têm sido amplamente explorados como ingredientes para realçar o sabor em alimentos processados, conferindo notas aromáticas distintas e agregando valor

sensorial aos produtos (BENINCÁ, DO CARMO, *et al.*, 2023, OSEGUERA-CASTRO, MADRID, *et al.*, 2019).

2.7.2 Embalagens e armazenamento

A produção de bioplásticos comestíveis a partir de resíduos de café representa um avanço significativo no desenvolvimento de embalagens sustentáveis. Polímeros naturais, como a celulose, extraídos desses subprodutos são utilizados como alternativas aos plásticos convencionais, atendendo à demanda por soluções ecologicamente responsáveis e contribuindo para a economia circular (OSEGUERA-CASTRO, MADRID, *et al.*, 2019). Além de serem biodegradáveis, essas embalagens ajudam a preservar a qualidade dos alimentos armazenados, ampliando sua vida útil sem causar impactos negativos ao meio ambiente (BENINCÁ, DO CARMO, *et al.*, 2023). Assim, a utilização de resíduos de café para a produção de bioplásticos demonstra o potencial da inovação tecnológica em transformar a indústria de embalagens.

2.7.3 Alimentação e bebidas

Na nutrição humana, os resíduos de café têm sido transformados em farinhas e extratos ricos em fibras dietéticas e compostos bioativos, destacando-se como ingredientes versáteis em alimentos funcionais. Produtos como barras energéticas, pães e bebidas fortificadas incorporam esses subprodutos devido aos seus benefícios comprovados para a saúde digestiva e metabólica. Essa aplicação demonstra o potencial dos resíduos de café para agregar valor à cadeia alimentícia, promovendo práticas mais sustentáveis e alinhadas às demandas por inovação no setor (BENINCÁ, DO CARMO, *et al.*, 2023).

Além disso, esses subprodutos possuem aplicações inovadoras na alimentação animal, sendo incorporados a rações como fonte de energia e compostos antioxidantes. Como resultado, práticas de produção mais sustentáveis e benéficas à saúde do gado são observadas (PRIOLLI, MAZZAFERA, *et al.*, 2008).

O potencial de utilização em bebidas também se destaca, com o desenvolvimento de opções fermentadas ou energéticas a partir de extratos de resíduos de café, ampliando a diversidade de produtos disponíveis para os consumidores (OSEGUERA-CASTRO, MADRID, *et al.*, 2019).

2.8 ECONOMIA E MERCADO CAFEEIRO

A cafeicultura desempenha um papel econômico e social de grande relevância, tanto em nível nacional quanto internacional. Somente na safra de 2022/23 (Quadro 4) a produção global de café foi de 171.268 milhões de sacas de 60 kg, um crescimento marginal de 1,7% em relação à anterior, enquanto o consumo foi estimado em 178.534 milhões de sacas, resultando em um déficit de 7.266 milhões de sacas (ABIC, 2023). Esse cenário, que reflete um crescimento simultâneo da produção e do consumo, evidencia o desequilíbrio entre oferta e demanda no mercado global de café. A crescente demanda, impulsionada pela expansão de mercados consumidores e pelo aumento populacional (USDA, 2024).

Quadro 4 – Resumo da produção/consumo mundial do café.

Safra	Produção (‘000 Sacos de 60 kg)	Consumo (‘000 Sacos de 60 kg)	Balanço (‘000 Sacos de 60 kg)	Taxa de crescimento da produção (%)	Taxa de crescimento do consumo (%)
2018/19	169.887	170.876	-989	1,4	3,2
2019/20	168.390	167.593	797	-0,9	-1,9
2020/21	170.876	168.569	2.307	1,5	0,6
2021/22	168.485	175.605	-7.120	-1,4	4,2
2022/23	171.268	178.534	-7.266	1,7	1,7

Fonte: OIC (2023).

Em 2023, as vendas da indústria de café somaram R\$ 22,9 bilhões, representando uma queda de 2,78% em relação ao ano anterior (Quadro 5). Essa redução foi atribuída à diminuição nos preços de varejo, sem impactos significativos na produção ou no consumo, reafirmando a resiliência do setor diante das variações econômicas (ABIC, 2023).

Quadro 5 – Indicadores da indústria do café 2023.

Indicador	Valor
Faturamento mundial da indústria do café	R\$ 22,9 bilhões
Variação do faturamento em relação a 2022	-2,78%

Fonte: ABIC (2023).

2.8.1 Produção e consumo por espécie

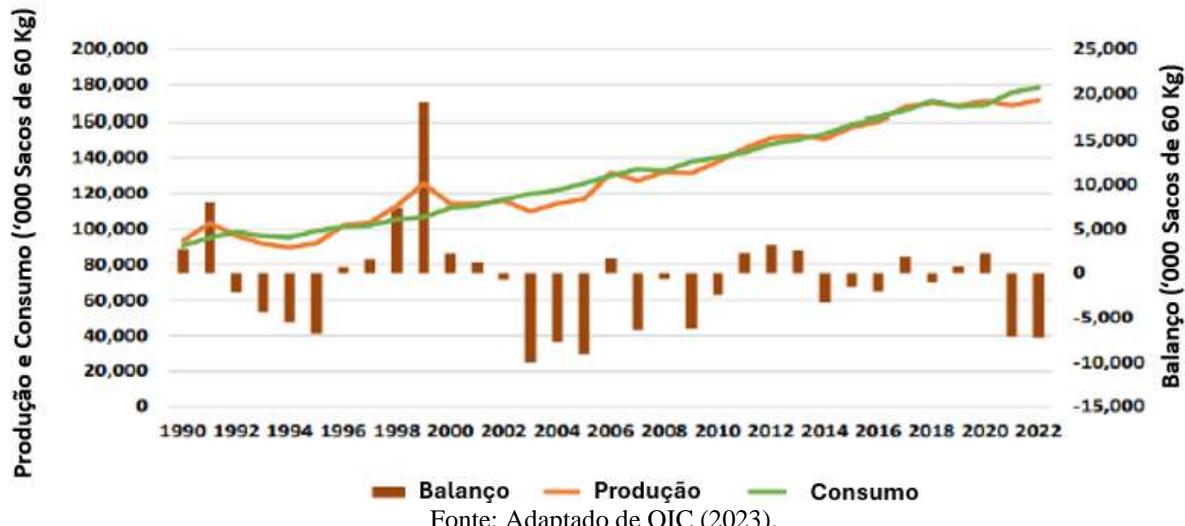
O mercado global de café é dominado pelas espécies Arábica e Robusta, que possuem características distintas em termos de produção e consumo. Em 2022/23, cerca de 57,5% da produção global de café foi atribuída à espécie Arábica, enquanto aproximadamente 42,5% à espécie Robusta (OIC, 2023).

A América do Sul, liderada pelo Brasil, permanece como a principal produtora de café Arábica, enfrentando desafios climáticos e altos custos, mas com recuperação moderada devido ao ciclo bienal (OIC, 2023). Por outro lado, a produção de café Robusta está concentrada na Ásia e Oceania, responsáveis por 61% da produção global, com o Vietnã se destacando como maior exportador, apesar de enfrentar baixos estoques internos (OIC, 2023).

2.8.2 Flutuações e bienalidade na produção

As flutuações na produção e no consumo de café, como podem ser observadas na Figura 7, são determinadas por uma combinação de fatores climáticos, econômicos e mercadológicos. Entre esses, destaca-se a bienalidade, um fenômeno natural caracterizado pela alternância entre anos de alta e baixa produtividade. Durante os anos de alta, a planta utiliza mais recursos do solo para o desenvolvimento dos frutos, o que resulta em desgaste e redução no rendimento do ciclo seguinte (DURÁN, TSUKUI, et al., 2017, OIC, 2023). Esse comportamento tem um impacto direto nos volumes de produção e nos preços do mercado global, evidenciando a complexidade da gestão da cadeia cafeeira.

Figura 7 - Resumo do mercado mundial de café ('000 Sacos de 60 Kg).



A bienalidade é intensificada por condições climáticas adversas, como secas e chuvas excessivas. Em 2022, o Brasil, maior produtor mundial de café, enfrentou uma queda média de 5% na produtividade por hectare devido à seca severa. No Vietnã, chuvas intensas comprometeram tanto a quantidade quanto a qualidade dos grãos, ampliando a volatilidade do mercado global (DURÁN, TSUKUI, *et al.*, 2017, FRANCA, OLIVEIRA, 2022). Esses desafios climáticos ressaltam a necessidade de estratégias resilientes para mitigar os efeitos das variações ambientais na produção cafeeira.

2.8.3 Os maiores produtores de café do mundo

A produção mundial de café está concentrada em um pequeno número de países, que dominam a maior parte do mercado global. Brasil, Vietnã, Colômbia, Indonésia e Etiópia respondem por mais de 70% da produção total. Em 2022/23, o Brasil liderou com 62.600 milhões de sacas, representando 38,1% da produção global, seguido pelo Vietnã com 17,2% e pela Colômbia com 6,5% (USDA, 2024). Essa concentração da produção em poucos países, como observado no Quadro 6, evidencia sua importância estratégica no mercado global e os desafios associados à dependência climática e econômica dessas regiões.(TEIXEIRA, 2013, USDA, 2024). Dessa forma, o domínio de poucos países na produção de café destaca a relevância do Brasil e do Vietnã como líderes no mercado, influenciando diretamente a oferta global.

Quadro 6 - Maiores produtores mundiais de café na safra de 2022/23.

Colocação	País	Produção ('000 Sacos de 60 Kg)	Produção total no mercado (%)
1º	Brasil	62.600	38,1
2º	Vietnã	28.300	17,2
3º	Colômbia	10.700	6,5
4º	Indonésia	7.300	4,4
5º	Etiópia	6.565	4,1

Fonte: USDA (2024).

2.8.4 Os maiores consumidores de café do mundo

O consumo global de café permanece concentrado em mercados tradicionais como verificado no Quadro 7. A União Europeia, Estados Unidos da América e Brasil se destacam pelo alto volume absoluto de consumo. No ciclo 2022/23, a União Europeia liderou como maior consumidora, com 44.482 milhões de sacas de 60 kg, representando 26,3% do consumo global. Os Estados Unidos ocuparam o segundo lugar, com um consumo de 24.623 milhões de sacas (14,5%), seguidos pelo Brasil, que consumiu 22.450 milhões de sacas, equivalentes a 13,3% do total global. Outros mercados importantes incluem as Filipinas e o Japão, com consumos de 7.075 milhões e 6.886 milhões de sacas, respectivamente (USDA, 2024). Esses mercados consolidados continuam a desempenhar um papel crucial na sustentação da demanda global por café, reforçando sua relevância no equilíbrio do mercado.

Quadro 7 - Maiores consumidores mundiais de café na safra de 2022/23

Colocação	País	Consumo (milhões de sacos de 60kg)	Produção total no mercado (%)
1º	União Europeia	44.482	26,3
2º	Estados Unidos	24.623	14,5
3º	Brasil	22.450	13,3
4º	Filipinas	7.075	4,2
5º	Japão	6.886	4,1

Fonte: Adaptado de USDA (2024).

Apesar dessa concentração, o consumo de café está se diversificando geograficamente, com mercados emergentes ganhando maior relevância. Países como China e Índia, historicamente menos expressivos nesse mercado, estão registrando taxas de crescimento superior a 10% ao ano, enquanto mercados tradicionais, como Europa e América do Norte, têm apresentado estabilidade (OIC, 2023). Essa expansão em mercados emergentes contribui para equilibrar a demanda global, mitigando variações no consumo em mercados mais maduros. Assim, o crescimento do consumo em países emergentes como China e Índia reforça a diversificação geográfica do mercado global de café, ampliando sua resiliência econômica (OIC, 2023).

2.8.5 Resíduos gerados no processamento do café e impacto ambiental

O café é uma das principais commodities mundiais, gerando bilhões de reais em receita em 2023 (ABIC, 2023). Entretanto, sua cadeia produtiva produz grandes volumes de resíduos, como cascas, polpas, películas prateadas e borras, que podem causar impactos ambientais quando descartados de forma inadequada. Esses subprodutos possuem potencial para reaproveitamento sustentável, contribuindo para mitigar danos ambientais e promover a economia circular (JANISSEN, HUYNH, 2018).

O quadro 8 apresenta as estimativas de resíduos gerados durante a safra 2022/2023, com base no processamento de grãos de café cru. Entre os subprodutos, destacam-se a película prateada (1-2%) e a casca de café (35-40%), conforme os percentuais relativos ao peso do café cereja no quadro 2 (DURÁN, TSUKUI, *et al.*, 2017, ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012). Além disso, estima-se que cada tonelada de café cru produza aproximadamente 480 kg de borra, reforçando a relevância de seu aproveitamento em alternativas sustentáveis (SOARES, Larissa de Souza, MORIS, *et al.*, 2015).

Quadro 8 - Estimativas de Produção de Resíduos da Cadeia Produtiva do Café na Safra 2022/2023 em toneladas

Produção de grão cru de café na safra 2022/2023 (tonelada)	Produção estimada de Borra de café gerada na safra 2022/2023 (tonelada)	Produção estimada de película prateada gerada na safra 2022/2023 (tonelada)	Produção estimada de casca de café gerada na safra 2022/2023 (tonelada)
10.276.080,0	4.932.518,4	(102.760,8 - 205.521,6)	(3.596.628,0 - 4.110.432,0)

Fonte: Elaboração Própria

3 PROSPECÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

A prospecção tecnológica é uma prática estratégica que visa antecipar e mapear as inovações tecnológicas e científicas que podem impactar uma indústria, economia ou sociedade. Esse processo é fundamental para a tomada de decisões em empresas, permitindo que elas realizem projeções de cenários futuros com base em tendências emergentes e dados atuais. A prospecção tecnológica facilita a formulação de estratégias de longo prazo e a realização de investimentos, especialmente em tecnologias e processos inovadores (PIRES, RIBEIRO, *et al.*, 2020a).

Na prospecção realizada nesse trabalho, o processo é dividido em várias etapas, começando pelo monitoramento e análise de patentes e artigos técnicos, que fornecem *insights* sobre inovações em diferentes setores. A coleta e análise dessas informações permitem que as organizações identifiquem tendências, como a evolução tecnológica, a concentração do conhecimento em determinados países e os processos de produção em diversas indústrias. Isso ajuda as empresas a compreenderem melhor o ambiente competitivo e a identificar áreas promissoras para investimentos e desenvolvimento (TAVARES, BORSCHIVER, 2021).

O monitoramento de publicações científicas e técnicas é essencial para identificar avanços relevantes e avaliar as direções tomadas por diferentes indústrias. Essa abordagem permite uma compreensão mais aprofundada sobre o desenvolvimento de tecnologias emergentes, mas também oferece subsídios concretos para decisões estratégicas em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Assim, a análise de artigos científicos complementa a prospecção tecnológica, proporcionando uma visão mais abrangente e fundamentada das possibilidades de crescimento e adaptação às dinâmicas do mercado global. (TAVARES, BORSCHIVER, 2021)

Nesse contexto de inovação, as patentes desempenham um papel crucial, pois garantem a proteção da propriedade intelectual e promovem a divulgação de novos conhecimentos técnicos, ajudando a definir direções para futuras inovações e colaborações. As patentes permitem que informações detalhadas sobre novos produtos e processos sejam compartilhadas, proporcionando dados valiosos para a prospecção de novas tecnologias. Além disso, essas informações podem ser usadas para analisar o estado da técnica e monitorar concorrentes e parceiros potenciais de transferência de tecnologia (TEIXEIRA, 2013).

A prospecção tecnológica se destaca como uma ferramenta poderosa para as empresas, pois permite não apenas monitorar o estado da arte das tecnologias, mas também orientar o desenvolvimento de novas soluções, mitigando riscos e assegurando competitividade no mercado global. Organizações que adotam essa prática desenvolvem uma atitude proativa,

buscando constantemente informações sobre as tecnologias que podem transformar seus modelos de negócios e processos produtivos, ajudando-as a se antecipar às mudanças no mercado e a melhorar sua posição estratégica (PIRES, RIBEIRO, *et al.*, 2020b, TAVARES, BORSCHIVER, 2021).

4 METODOLOGIA

A abordagem prospectiva sugerida por BORSCHIVER, SILVA (2016) foi usada neste estudo, sendo caracterizada por três etapas: pré-prospectiva, prospectiva e pós-prospectiva, como ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Metodologia para construção da Prospecção Tecnológica



Fonte: BORSCHIVER, SILVA (2016).

A fase pré-prospectiva consiste em um levantamento inicial de informações para a fase posterior de prospecção. Isso pode ser feito por meio de artigos de revisão, relatórios mercadológicos, documentos de organizações governamentais e sites de empresas (BORSCHIVER, SILVA, 2016). Essa etapa é crucial para estabelecer uma base sólida e fornecer orientação à estratégia de prospecção tecnológica.

A etapa prospectiva corresponde à busca detalhada de artigos e patentes sobre o tema de interesse, por meio de estratégias que consideram diferentes palavras-chave, correlacionadas por conectivos *Booleanos* e caracteres especiais, além de faixa temporal e seção do documento a ser analisado (título, resumo e palavras-chave para artigos, e página inicial, resumo e reivindicações para patentes) (TINÔCO, BORSCHIVER, *et al.*, 2021).

A etapa final do processo prospectivo, conhecida como pós-prospectiva, envolve a apresentação dos resultados obtidos. Isso pode ser realizado por meio de mapas tecnológicos (*roadmaps*), que permitem identificar os principais agentes envolvidos no processo, bem como

acompanhar a evolução tecnológica do tema em análise (TAVARES, BORSCHIVER, 2021). No presente estudo, contudo, não foi desenvolvida a etapa de construção do *roadmap* tecnológico. Em contrapartida, os dados levantados na fase prospectiva foram apresentados de forma gráfica para melhor compreensão e análise das informações.

4.1 ETAPA PRÉ-PROSPECTIVA

Para iniciar a pesquisa, um levantamento de artigos de revisão acerca do reaproveitamento de resíduos de café oriundos do processamento industrial foi realizado. Este processo foi essencial para aprofundar o conhecimento do assunto, auxiliar no entendimento dos principais conceitos referentes à temática e identificar as palavras-chave mais relevantes para construção das estratégias de busca na fase prospectiva.

A pesquisa baseou-se exclusivamente em artigos de revisão, os quais foram fundamentais para a identificação das palavras-chave mais relevantes dentro do tema estudado. Esses artigos permitiram uma análise aprofundada, garantindo maior abrangência e precisão nos resultados obtidos durante a etapa (BORSCHIVER, SILVA, 2016, ESQUIVEL, JIMÉNEZ, 2012, HOSEINI, COCCO, *et al.*, 2021, PIRES, RIBEIRO, *et al.*, 2020b, SANTOS, MACEDO, *et al.*, 2021, TAVARES, BORSCHIVER, 2021, TEIXEIRA, 2013, TINÔCO, BORSCHIVER, *et al.*, 2021, TORRES, CAMPOS, *et al.*, 2021).

4.2 ETAPA PROSPECTIVA

4.2.1 Definição da estratégia de busca

4.2.1.1 Artigos científicos

A base de dados utilizada para a busca de artigos científicos foi a *Scopus*, mantida pela Elsevier, que contém dados de resumos e citações de literatura científica revisada por pares. A *Scopus* abrange mais de 24.000 títulos de periódicos de diferentes áreas de conhecimento. Esta base de dados foi selecionada devido à sua ampla cobertura e à alta relevância dos artigos contidos nela. A relevância é avaliada por meio de métricas como o índice H, que mede a produtividade e o impacto dos trabalhos publicados, e o *SCImago Journal Rank* (SJR), que avalia a influência científica dos periódicos com base nas citações recebidas, ajustadas pela importância das fontes dessas citações. A *Scopus* é considerada superior por muitos pesquisadores devido à sua atualização mais rápida e à abrangência mais extensa de títulos

internacionais, o que permite uma visão mais completa e atualizada da literatura científica global (ELSEVIER, 2020).

Para a pesquisa de artigos na base de dados *Scopus*, as palavras-chave foram definidas e combinadas utilizando operadores *Booleanos* como *AND* (e) e *OR* (ou). Caracteres especiais também foram empregados para refinar e ampliar a busca; por exemplo, o asterisco (*) foi usado para substituir caracteres, as aspas (" ") para localizar frases exatas e cifrão (\$) para representar a busca por palavras com diferentes terminações (FREITAS, CASTRO, *et al.*, 2023). As palavras-chave, juntamente com seus respectivos operadores *booleanos*, foram organizadas em uma única pesquisa, evitando assim a repetição de artigos com o mesmo título em pesquisas distintas como mostrado no Quadro 9. Apesar disso, a escolha das palavras chaves foi feita de acordo com os grupos temáticos mostrados no Quadro 10, facilitando a busca e assegurando uma cobertura abrangente dos tópicos de interesse.

Quadro 9 - Abordagem estratégica de busca de artigos científicos sobre o aproveitamento de resíduos do processamento do café na indústria alimentícia.

Estratégia de busca	Palavras-Chave
Pesquisa Única	("coffee residue\$" OR "spent coffee" OR "coffee husks" OR "coffee skins" OR "residual Coffee" OR "waste coffee" OR "coffee leave\$") AND ("food" OR "nutri*" OR "*microb*" OR "*bacter*" OR "antioxidant" OR "supplement\$" OR "food packaging" OR "preserv*" OR "nutraceut*" OR "cookie\$" OR "biscuit\$" OR "Feed" OR "ration" OR "lipid\$" OR "fish" OR "meat" OR "chicken" OR "grain\$" OR "carbohydrate" OR "diet" OR "caffeine" OR "sensor*" OR "probiotic" OR "prebiotic" OR "protein" OR "aroma" OR "flavor" OR "bakery" OR "digestion" OR "beverage" OR "fiber" OR "juice" OR "cattle" OR "tea" OR "dairy")

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 10 - Abordagem estratégica de escolha de palavras-chave sobre o aproveitamento de resíduos do processamento do café na indústria alimentícia.

Grupos de escolha	Palavras-Chave
Resíduos de Café: Diferentes formas de resíduos provenientes do processamento do café.	("coffee Residue\$" OR "spent coffee" OR "coffee husks" OR "coffee skins" OR "residual coffee" OR "waste coffee" OR "coffee leave\$") AND
Produtos Alimentícios Específicos: Produtos alimentícios específicos que são relacionados ao uso de resíduos de café, como "cookies" (biscoitos) e "tea" (chá).	("cookie\$" OR "biscuit\$" OR "grain\$" OR "bakery" OR "beverage" OR "juice" OR "tea") AND
Nutrição e Saúde: Termos que incluem aspectos da digestão e suplementos alimentares.	("food" OR "nutri*" OR "*microb*" OR "*bacter*" OR "antioxidant" OR "supplement\$" OR "nutraceut*" OR "diet" OR "caffeine" OR "probiotic" OR "prebiotic" OR "digestion" OR "fiber" OR "protein" OR "lipid\$" OR "carbohydrate") AND
Tecnologia e Processamento de Alimentos: Termos que abrangem os processos técnicos e inovações na produção de alimentos.	("food processing" OR "food technology" OR "food safety" OR "food quality" OR "sensor*" OR "aroma" OR "flavor") AND
Ração Animal: Termos que exploram os resíduos de café para utilização com alimentação para animais de criação.	("cattle" OR "dairy" OR "feed" OR "ration" OR "chicken" OR "fish" OR "meat") AND
Embalagem, Conservantes Alimentares: Aplicação de resíduos de café em materiais de embalagens ou como conservantes naturais.	("food packaging" OR "preserv*")

Fonte: Elaboração própria.

A busca de artigos na ferramenta *Scopus* baseou-se no campo "Título do artigo" como critério principal, abrangendo uma faixa temporal de 1984 até 2023, correspondente à data de publicação do artigo mais antigo encontrado e selecionado para a prospecção.

4.2.1.2 Patentes

A base de dados utilizada para a busca de patentes foi o WIPO *Patentscope*, gerido pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI). O *Patentscope* oferece acesso a uma vasta coleção de documentos de patentes de diversas jurisdições, abrangendo mais de 80 milhões de registros. Essa plataforma foi escolhida por sua ampla cobertura internacional e pela qualidade das informações disponíveis, que incluem detalhes técnicos e jurídicos das invenções. A importância das patentes pode ser medida, entre outros fatores, pela frequência com que são citadas em outros pedidos de patentes, bem como pelo impacto econômico gerado pelas inovações protegidas. A base de dados *Patentscope* é altamente valorizada por inventores, empresas e pesquisadores por sua capacidade de fornecer uma visão abrangente e atualizada sobre o estado da técnica em múltiplas áreas tecnológicas, além de permitir o monitoramento de inovações e o desenvolvimento de tendências globais no campo da propriedade intelectual (WIPO, 2020).

Para a pesquisa de patentes na base de dados WIPO *Patentscope*, utilizou-se a mesma estratégia aplicada na *Scopus*, com as mesmas palavras-chave, operadores *Booleanos*, e caracteres especiais. Devido à limitação de 10 curingas (caracteres especiais) por consulta no campo "Página de Cobertura" da WIPO *Patentscope*, a pesquisa foi dividida em etapas, conforme o Quadro 11. Isso permitiu incluir todas as variações de palavras sem exceder o limite, cobrindo, assim, os temas de forma completa.

Quadro 11 - Abordagem estratégica de busca de patentes sobre o aproveitamento de resíduos do processamento do café na indústria alimentícia.

Estratégia de busca	Palavras-Chave
Etapa 1: Resíduo de café + Produtos Alimentícios Específicos	("coffee residue?" OR "spent coffee" OR "coffee husks" OR "coffee skins" OR "residual coffee" OR "waste coffee" OR "coffee leave?") AND ("cookie?" OR "biscuit?" OR "grain?" OR "bakery" OR "beverage" OR "juice" OR "tea")
Etapa 2: Resíduo de café + Nutrição e Saúde	("coffee residue?" OR "spent coffee" OR "coffee husks" OR "coffee skins" OR "residual coffee" OR "waste coffee" OR "coffee leave?") AND ("food" OR "nutri*" OR "microb*" OR "bacter*" OR "antioxidant" OR "supplement?" OR "nutraceut*" OR "diet" OR "caffeine" OR "probiotic" OR "prebiotic" OR "digestion" OR "fiber" OR "protein" OR "lipid?" OR "carbohydrate")
Etapa 3: Resíduo de café + Tecnologia e Processamento de Alimentos	("coffee residue?" OR "spent coffee" OR "coffee husks" OR "coffee skins" OR "residual coffee" OR "waste coffee" OR "coffee leave?") AND ("cattle" OR "dairy" OR "feed" OR "ration" OR "chicken" OR "fish" OR "meat")
Etapa 4: Resíduo de café + Alimentação animal	("coffee residue?" OR "spent coffee" OR "coffee husks" OR "coffee skins" OR "residual coffee" OR "waste coffee" OR "Coffee leave?") AND ("food processing" OR "food technology" OR "food safety" OR "food quality" OR "sensor*" OR "aroma" OR "flavor")
Etapa 5: Resíduo de café + Embalagem, Conservantes Alimentares	("coffee residue?" OR "spent coffee" OR "coffee husks" OR "coffee skins" OR "residual coffee" OR "waste coffee" OR "coffee leave?") AND ("food packaging" OR "preserv*")

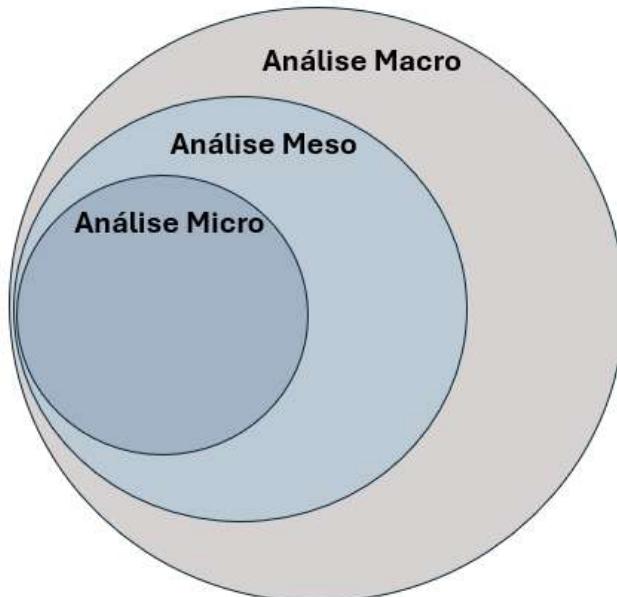
Fonte: Elaboração própria.

O limite temporal de 1971 a 2023 foi estabelecido com base na data de publicação da patente mais antiga encontrada e selecionada para a prospecção., além disso, o filtro “membro de família único” foi aplicado para evitar a duplicação de patentes da mesma família, garantindo maior precisão nos resultados.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os documentos iniciais, incluindo artigos científicos e patentes, foram submetidos a uma análise minuciosa para verificar sua relevância em relação ao escopo do estudo, e apenas aqueles que atenderam ao critério de aderência com a temática de interesse, aproveitamento dos resíduos de café na indústria de alimentos, foram selecionados para uma segunda etapa de avaliação, conduzida em três níveis de detalhamento como mostrado na *Figura 9*

Figura 9 – Níveis de detalhamento analisados na Prospecção



Fonte: Elaboração própria.

1. Análise Macro: considera aspectos amplos como tipo de publicação, ano de publicação (evolução histórica), países de origem dos autores, jurisprudência (escritórios de patentes) e natureza das instituições dos autores (universidades, institutos de pesquisa, empresas, colaborações entre organizações).
2. Análise Meso: proposta de taxonomias com base na ocorrência e relevância das informações encontradas em cada documento.
3. Análise Micro: maior nível de detalhamento para melhor compreensão das taxonomias propostas. Um subnível Micro II pode ser definido se necessário.

Essa abordagem permitiu a organização estruturada das principais informações dos artigos científicos e patentes relevantes (BORSCHIVER; DA SILVA, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE DE ARTIGOS CIENTÍFICOS

A busca orientada de artigos científicos resultou em 261 documentos, dos quais 92 foram selecionados após uma análise baseada no escopo deste estudo, conforme discriminado na Tabela 1. Os 169 artigos não selecionados, embora correlacionados à temática deste estudo, não apresentavam relação direta com o aproveitamento de resíduos de café pela indústria alimentícia.

Tabela 1 - Resultados da pesquisa de artigos científicos sobre a utilização de resíduos de café na indústria alimentícia encontrados na base *Scopus* no período de 1984 a 2023.

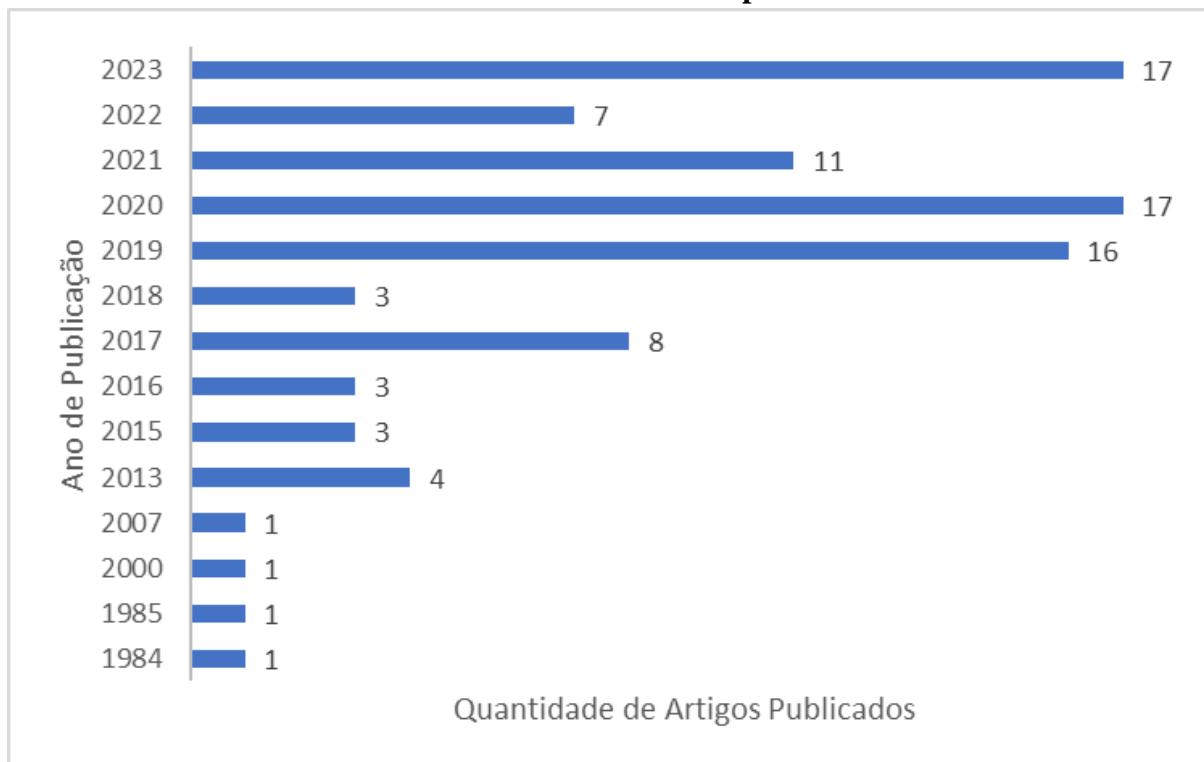
Grupos	Número de artigos encontrados (1984 - 2023)	Número de artigos selecionados (1984-2023)
Resíduos de Café + Alimentação, nutrição, alimentação animal, embalagem e preservativos	261	92

Fonte: Elaboração própria.

5.1.1 Análise Macro

A Figura 10 apresenta a evolução temporal do número de artigos científicos relacionados ao aproveitamento de resíduos de café na indústria alimentícia. Conforme mostrado na Figura, houve um aumento no número de artigos a partir de 2013, indicando o crescimento do interesse pelo uso de resíduos de café pela indústria alimentícia. Antes disso, apenas quatro artigos foram publicados entre os anos de 1984 e 2007. Os anos de 2020 e 2023 apresentaram o maior número de documentos, com 17 artigos cada. Já o ano de 2022 apresentou uma queda no número de artigos, totalizando apenas 7 documentos.

Figura 10 - Evolução temporal dos artigos sobre utilização de resíduos de café pela indústria alimentícia na faixa temporal de 1894 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

O aumento de mais de 60% na produção e consumo de café desde os anos 1990 pode ter impulsionado o interesse por pesquisas sobre resíduos de café. O crescimento da produção reflete diretamente na maior geração de resíduos e na necessidade de mais estudos sobre sua reutilização. Nos anos 1980 e 2000, o baixo número de publicações reflete o estágio inicial das investigações e a pouca ênfase dada à sustentabilidade e reutilização de resíduos naquela época (OIC, 2023).

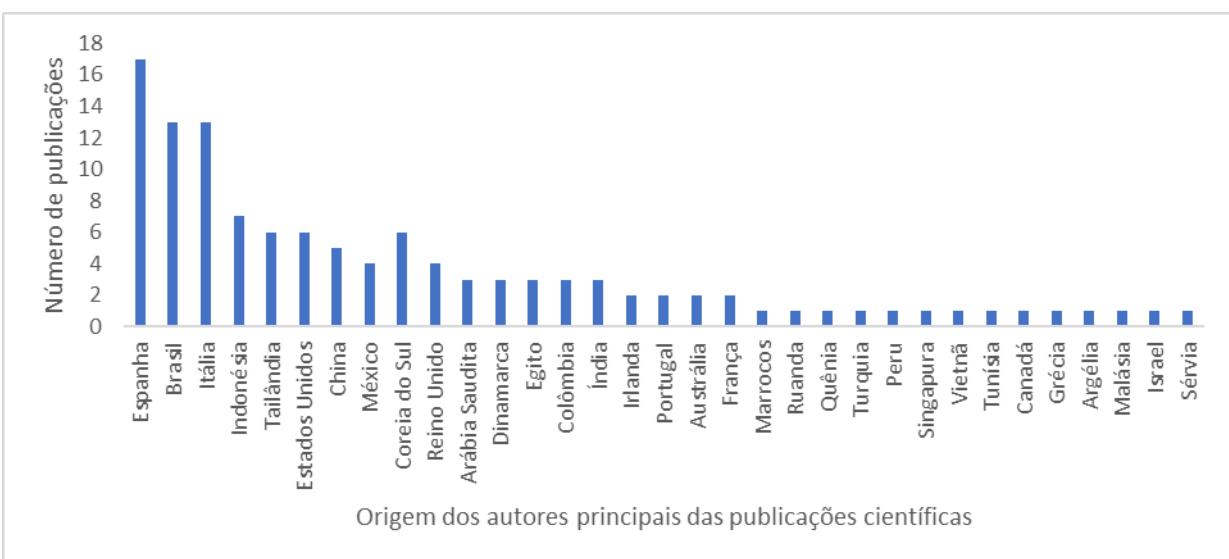
Desde 2013, a economia circular, que promove a reutilização de resíduos, impulsiona pesquisas sobre a aplicação de resíduos de café na indústria alimentícia. O Acordo de Paris (2015) e a "Agenda 2030" da ONU (Organização das Nações Unidas), com seus 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável, também incentivaram práticas ecológicas e a conscientização sobre o uso de resíduos, incluindo resíduos da indústria de café, em diversos setores (ONU, 2021). Esse cenário de desenvolvimento e preocupação com sustentabilidade pode justificar a crescente de artigos de utilização de resíduos de café a partir de 2013.

Por outro lado, a pandemia de COVID-19 ressaltou a importância da sustentabilidade e segurança alimentar. A crise expôs a fragilidade das cadeias globais e reforçou a necessidade de práticas resilientes, como a economia circular, o que pode explicar os picos de 17 publicações em 2020 e 2023. Esse contexto impulsionou pesquisas sobre embalagens e aditivos

naturais utilizando resíduos de café (OIC, 2023). Contudo, interrupções na pesquisa causaram queda nas publicações em 2021 e 2022, devido a dificuldades logísticas e financeiras durante a pandemia. Com a retomada e o foco renovado em sustentabilidade, o número de artigos publicados subiu para 17 em 2023 (OIC, 2023).

Como evidenciado na Figura 11, os países com o maior número de publicações sobre a reutilização de resíduos de café na indústria alimentícia foram a Espanha, com 17 publicações, seguida pelo Brasil e Itália, ambos com 13 publicações.

Figura 11 - Número de publicações científica sobre o uso de resíduos de café na indústria alimentícia por origem dos autores principais na faixa temporal de 1984 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

O Brasil, como um dos maiores produtores de café do mundo, gera uma grande quantidade de resíduos de café, o que pode estimular as pesquisas locais sobre sua reutilização. O país enfrenta desafios ambientais significativos, como o descarte inadequado de resíduos sólidos do café (PRIOLLI, MAZZAFERA, *et al.*, 2008). A reutilização desses resíduos, especialmente em regiões de alta produção e consumo, como as principais áreas cafeeiras brasileiras, mitiga impactos ambientais e incentiva a geração de valor agregado na indústria alimentícia e cosmética (OSEGUERA-CASTRO, MADRID, *et al.*, 2019). Dessa forma, o Brasil alinhou sua posição de liderança na produção de café com práticas mais inovadoras e sustentáveis, promovendo o aproveitamento de subprodutos para impulsionar a economia circular.

A Espanha e a Itália, junto com o Brasil, lideram as publicações científicas sobre o uso de resíduos de café na indústria alimentícia, impulsionadas por fatores estruturais, como

políticas públicas e colaborações internacionais e culturais, como a valorização da tradição cafeeira. Na Itália, a longa história ligada ao café e o foco em práticas sustentáveis estimularam pesquisas que recuperam compostos bioativos de subprodutos, como a borra de café, para aplicações alimentícias inovadoras. SEVERINI, DEROSSI, et al. (2017) destacaram o uso de tecnologias avançadas, como a extração assistida por ultrassom, que maximizam o aproveitamento de resíduos de forma eficiente.

Na Espanha, políticas como o programa *Horizon 2020* (programa da União Europeia para financiar pesquisa, inovação e competitividade industrial entre 2014 e 2020) fomentaram colaborações internacionais entre universidades, indústrias e institutos de pesquisa, ampliando redes científicas e impulsionando estudos sobre economia circular (EUROPEAN COMMISSION, 2014). Essas parcerias facilitaram o compartilhamento de recursos e conhecimentos, contribuindo para avanços em práticas industriais sustentáveis. PANUSA, ZUORRO, et al. (2013) evidenciaram o potencial dos resíduos de café como fonte de antioxidantes naturais, reforçando a relevância dessas iniciativas.

A Tabela 2 destaca a distribuição das publicações por país dos seis países com maior número de publicações, diferenciando aquelas realizadas em colaboração internacional das desenvolvidas individualmente. Os dados evidenciam o impacto positivo de programas como o *Horizon 2020* no fortalecimento das redes de pesquisa e na promoção de práticas inovadoras, especialmente na Espanha e na Itália.

Tabela 2 - Distribuição de publicações sobre o uso de resíduos de café na indústria alimentícia por país e tipo de colaboração na faixa temporal de 1894 a 2023.

País	Total de publicações	Total de publicações em colaboração com outros países	Total de publicações individuais
Espanha	17	7	10
Brasil	13	1	12
Itália	13	4	9
Indonésia	7	0	7
Tailândia/EUA	6	0	6

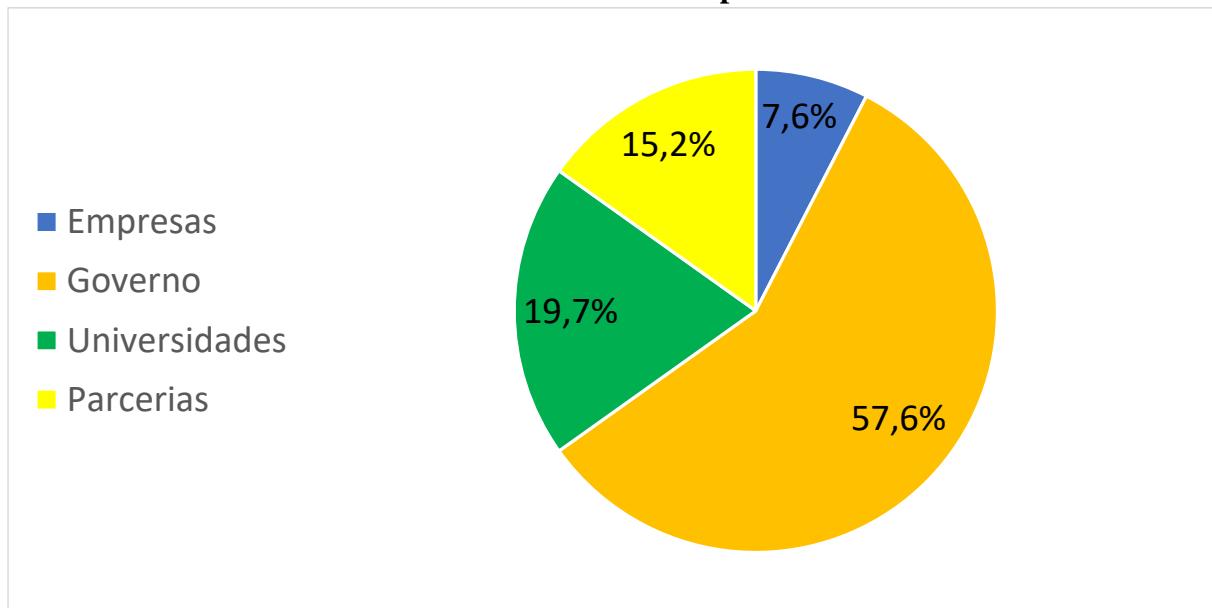
Fonte: Elaboração própria.

Entre os 92 documentos analisados, não foi possível acessar a informação sobre as agências financeiras de 27 deles. Considerando os 66 documentos restantes, a maioria das

publicações foram financiadas por ministérios ou governos, representando 57% do total. O apoio financeiro a projetos nesse campo tem sido essencial para facilitar o acesso a recursos e infraestrutura necessários para pesquisas de maior escala (PANUSA, ZUORRO, et al., 2013).

A Figura 12 resume diversos estudos que investigaram o aproveitamento de resíduos de café em várias aplicações, destacando a distribuição das publicações por natureza das agências financiadoras.

Figura 12 - Distribuição de publicações por tipo de agência financiadora dos artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

O maior investimento em pesquisas relacionadas ao reaproveitamento de resíduos de café para a indústria alimentícia foi feito por ministérios e governo, englobando 57,6% dos artigos analisados. As universidades contribuíram com 19,7% do financiamento, evidenciando seu papel essencial na pesquisa aplicada sobre resíduos de café, frequentemente atuando como fontes de pesquisa iniciais de inovação. Já 7,6% do financiamento foi provido por empresas. As parcerias entre universidades, governos e empresas corresponderam a 15,2% do financiamento, destacando a relevância das colaborações interinstitucionais para o sucesso de projetos complexos, que combinaram expertise acadêmica, suporte governamental e capacidade empresarial.

Um exemplo de artigo financiado por universidades foi "*Modulation of gut microbiota by spent coffee grounds attenuates diet-induced metabolic syndrome in rats*", que investigou como a borra de café poderia modular a microbiota intestinal e atenuar a síndrome metabólica induzida por dieta em ratos, financiado pela *Mahidol University*. O estudo demonstrou que a

adição de 5% de borra de café à dieta de ratos reduziu a obesidade abdominal, melhorou a tolerância à glicose e aumentou a diversidade da microbiota intestinal (BHANDARKAR, MOUATT, *et al.*, 2020).

No caso de financiamento por ministérios ou governos, destacou-se o estudo "*Replacing oat hay with coffee husk in the feed of finishing lambs*", que avaliou a substituição do feno de aveia por casca de café na alimentação de cordeiros em fase de terminação, financiado pelo Ministério da Agricultura da Itália. O estudo demonstrou que a inclusão de casca de café em até 22,5% da matéria seca total da dieta melhorou a ingestão de nutrientes, como proteína bruta e carboidratos não fibrosos, sem prejudicar a digestibilidade aparente (BELAN, DE ALMEIDA REGO, *et al.*, 2019).

Em relação às empresas, um exemplo relevante foi o artigo "*Reuse of spent espresso coffee as sustainable source of fibre and antioxidants. A map on functional, microstructure and sensory effects of novel enriched muffins*", que explorou o uso de borra de café expresso como fonte sustentável de fibra e antioxidantes, analisando seus efeitos funcionais, microestruturais e sensoriais em *muffins* enriquecidos, financiado pela *Lavazza* que é uma empresa italiana de produtos de café (LAVAZZA. HOMEPAGE, [S.d.]). O estudo mostrou que a substituição de até 30% da farinha de trigo por borra de café resultou em um aumento significativo no teor de antioxidantes e fibras, sem comprometer as propriedades sensoriais do produto, reforçando seu potencial como ingrediente sustentável e nutritivo (SEVERINI, CAPORIZZI, *et al.*, 2020).

Parcerias entre universidades, governo e empresas também foram comuns. Um exemplo foi o artigo "*Spent espresso coffee grounds as a source of anti-proliferative and antioxidant compounds*", que investigou o uso de borra de café expresso. Este estudo destacou o potencial antioxidante e antiproliferativo dos extratos de resíduos de café em diferentes tipos de células cancerígenas, ressaltando a relevância do uso sustentável desses resíduos em alimentos funcionais e suplementos nutricionais. A pesquisa foi financiada pela *University Politecnica delle Marche*, *University of Calabria*, Ministério Espanhol da Economia e Competitividade e Agência para Administração de Subsídios Universitários e de Pesquisa (*Generalitat de Catalunya, Espanha*) (BALZANO, LOIZZO, *et al.*, 2020).

5.1.2 Análise Meso

Diversas taxonomias foram sugeridas com base na revisão e análise das publicações científicas e patentes pertinentes sobre o uso de resíduos de café pela indústria alimentícia, conforme apresentado no Quadro 12.

Quadro 12 - Taxonomias Meso propostas para descrever as principais informações reportadas nas publicações científicas e patentes sobre o aproveitamento de resíduos de café para indústria alimentícia.

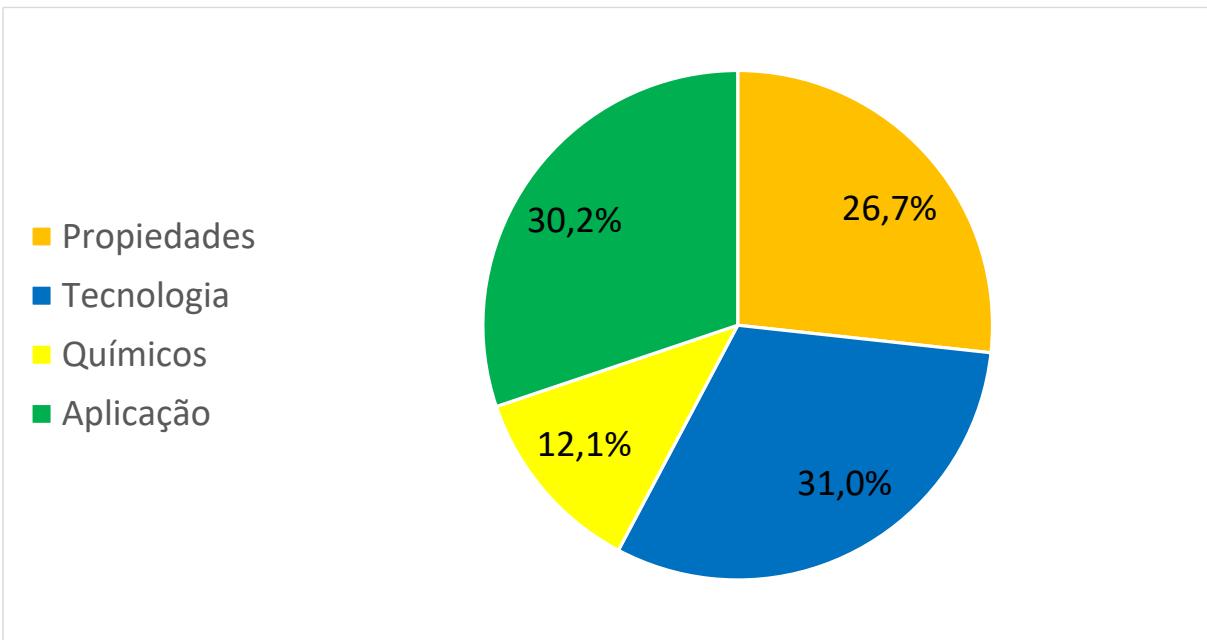
Taxonomias	Descrição
Variedades de café	Tipos de café utilizados nos artigos selecionados (arábica e/ou robusta).
Resíduo do processamento de café	Tipos de materiais residuais do cultivo e processamento de café usados na indústria alimentícia.
Propriedade	Propriedades nutricionais ou funcionais que podem ser aproveitadas dos resíduos de café na indústria alimentícia.
Tecnologia	Principais tecnologias relacionadas ao aproveitamento dos resíduos de café na indústria alimentícia.
Compostos químicos	Compostos químicos de interesse da indústria alimentícia encontrados em resíduos de café.
Aplicação na indústria alimentícia	Descrição de um produto alimentar específico produzido a partir do resíduo de café e/ou suas aplicações em vários campos da indústria alimentar.

Fonte: Elaboração própria.

A classificação dos documentos conforme as taxonomias propostas seguiram padrões de temas e características identificados durante a análise dos artigos. É comum que um único artigo se enquadre em múltiplas classificações Meso. Uma taxonomia é considerada relevante e classificada sempre que mencionada no artigo. A classificação “Aplicação na indústria alimentícia” e “Resíduo de processamento de café” estão presentes em todos os artigos já que são premissas básicas do escopo do estudo.

A quantidade de artigos com foco em cada uma das taxonomias propostas é apresentada na Figura 13. Esta análise é crucial para entender quais áreas de pesquisa estão recebendo mais atenção na literatura sobre resíduos de café com aplicação na indústria de alimentos.

Figura 13 - Distribuição do foco de pesquisa em estudos sobre resíduos de café em artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

Em uma análise dos artigos relacionados a resíduos de café reaproveitados na indústria de alimentos, cada publicação foi categorizada de acordo com um foco principal da sua pesquisa. Do total de 92 artigos, 24 documentos avaliados tiveram dois focos de igual importância. Notavelmente, as categorias de "Tecnologia", "Aplicação", "Propriedades" e "Químicos" emergiram como as principais áreas de interesse, com os respectivos percentuais de 31,0; 30,2; 26,7; e 12,1% (Figura 13). A categoria "Tipos de café" não foi o foco principal de nenhum artigo analisados. Já a categoria de "Resíduos de café" foi desconsiderada na presente análise porque é uma premissa básica do estudo e está presente em todos os artigos.

A predominância das categorias "Tecnologia" e "Aplicação" sugere uma forte tendência dos estudos para explorar como os resíduos de café podem ser utilizados de maneira inovadora e eficaz em diversas aplicações práticas. Isto reflete uma crescente preocupação e interesse em desenvolver soluções sustentáveis e eficientes que promovam a reutilização de resíduos industriais. Por outro lado, o menor foco em "Químicos" pode ser explicado pela já ampla caracterização dos compostos presentes nos resíduos de café, o que sugere uma saturação no potencial de novas descobertas nesse aspecto.

5.1.3 Análise Micro

As taxonomias Micro I e Micro II, derivadas das taxonomias Meso, estão detalhadamente descritas no Quadro 13.

Quadro 13 - Taxonomias Meso, Micro I e Micro II propostas para descrever as principais informações reportadas nas publicações científicas e patentes analisadas.

Meso	Micro 1	Micro 2	Descrição
Variedades de café	Arábica		Variação com perfil aromático e sabor suave, utilizada em produtos alimentícios de alta qualidade.
	Robusta		Variação com alto teor de cafeína, ideal para uso em produtos que requerem sabores mais intensos.
Resíduos de café	Borra de café		Subproduto resultante da preparação do café.
	Película prateada do café		Fina camada externa do grão de café descartada durante o processamento.
	Borra de café instantâneo		Resíduo derivado da produção de café instantâneo.
	Borra de café expresso		Subproduto do processo de fabricação de café expresso, rico em óleos essenciais e compostos aromáticos.
	Casca de café		Resíduo da produção de café, pele externa do grão de café removida durante o processo de beneficiamento.
	Folhas de café		Resíduos compostos pelas folhas descartadas durante a colheita e manutenção dos cafezais.
Propriedades	Antioxidante		Reduz o estresse oxidativo e promove saúde celular.

	Antipatogênico	Aumenta a segurança alimentar inibindo o crescimento de microrganismos.
	Probiótico / Digestibilidade	Enriquece alimentos com fibras que favorecem a flora intestinal.
	Nutraceutical / Fitoquímicos	Oferecem benefícios terapêuticos e nutricionais.
	Sensorial	Desenvolve produtos com perfis de sabor, aroma e textura melhorados.
	Dietético	Produtos com perfis de sabor e aroma para controle de dieta.
Tecnologias	Extração / Caracterização/Mé todo de produção	Processos utilizados para extrair e identificar compostos bioativos para inovação em alimentos e bebidas ou produzir algum produto com os resíduos na formulação
	Digestão <i>in vitro</i>	Testes de laboratório que simulam a digestão humana para verificar a eficácia dos nutrientes.
	Fermentação	Transformação de resíduos de café em ingredientes novos através de processos fermentativos.
Compostos químicos	Fenóis / Polifenóis / Ácido clorogênico	Conhecidos por suas propriedades antioxidantes.
	Fibras / Pectina	Empregados para melhorar a textura e funcionalidade dietética dos alimentos.
	Proteína e Aminoácidos	Utilizada como uma alternativa sustentável de fonte de proteína em alimentos.
	Lipídios / Ácidos graxos	Fontes de ácidos graxos essenciais em alimentos fortificados.

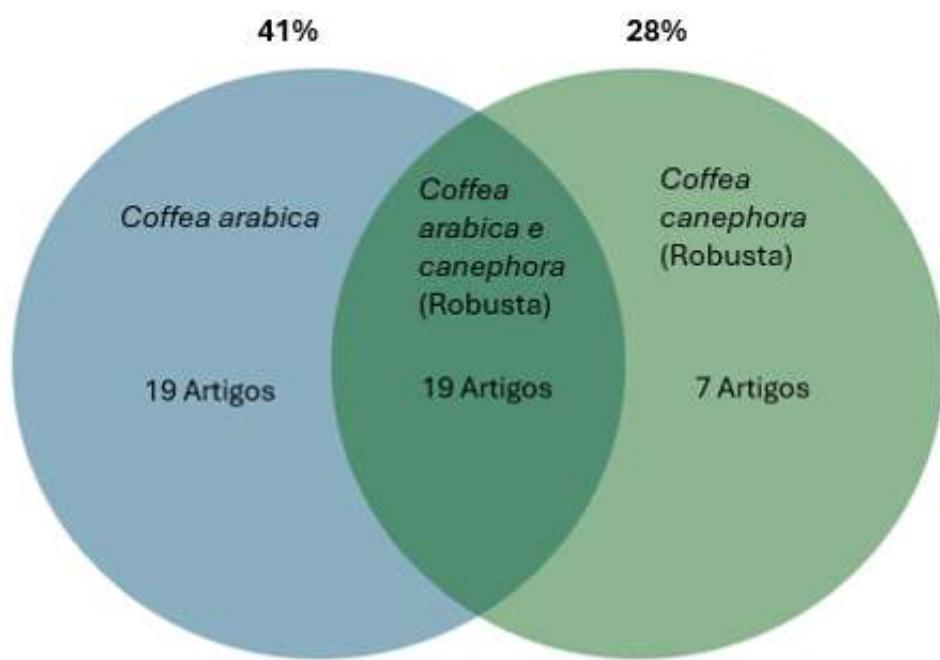
	Cafeína (xantina)		Estimulante natural aumenta alerta e concentração, tem poder estimulante.
	Polissacarídeos / Oligossacarídeos (carboidratos)		São carboidratos complexos, fontes de energia, propriedades prebióticas.
Aplicações	Aditivos	Preservação de alimentos	São usados para estender a vida útil dos alimentos, protegendo-os contra deterioração causada por microrganismos ou oxidação.
		Sabor	Aditivos de sabor são utilizados para melhorar ou restaurar o gosto dos alimentos durante a produção e processamento.
	Embalagem para armazenamento		Materiais avançados que preservam a qualidade e segurança dos alimentos durante o armazenamento e transporte.
	Alimentos	Alimentação animal	Utilização de subprodutos ou ingredientes específicos em rações animais para nutrição ou melhoria da qualidade dos alimentos para animais.
		Ingrediente alimentar funcional	Ingredientes que além de suas funções nutricionais básicas, desempenham funções benéficas à saúde, como antioxidantes ou probióticos.
		Bebidas	Desenvolvimento de bebidas que incorporam ingredientes funcionais ou novos sabores derivados de processos tecnológicos avançados, enriquecendo o valor nutricional e sensorial.

Fonte: Elaboração própria.

5.1.3.1 Variedades de café

Na análise dos resíduos de café utilizados na indústria alimentícia apresentado na Figura 14, observou-se que 59% dos estudos consideraram a variedade arábica e 41% a robusta. Entre os artigos analisados, 47 documentos não categorizaram os resíduos de café segundo a variedade, o que indicou uma abordagem mais genérica ou uma falta de especificidade nos estudos. Por outro lado, 45 artigos fizeram essa categorização de maneira específica. Desses, 26 artigos concentraram-se em apenas uma variedade de café, enquanto 19 consideraram as duas variedades. Esta divisão sugeriu que, enquanto alguns estudos buscaram explorar as características únicas de cada tipo de café, outros preferiram abordagens que pudessem ser aplicadas a múltiplas variedades, potencialmente para generalizar os resultados ou devido a limitações na disponibilidade de dados específicos por variedade.

Figura 14 - Distribuição de espécies de café entre *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (Robusta) em artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.



Dos 92 artigos selecionados, 45 categorizaram e 47 não categorizaram de acordo com a espécie
Fonte: Elaboração própria.

Entre os estudos que utilizaram a variedade arábica, destacou-se o artigo "*Potential uses of spent coffee grounds in the food industry*". Este estudo analisou os subprodutos gerados pelo café arábica, destacando o potencial de utilização das borras de café na produção de alimentos funcionais. Os resultados demonstraram a presença de compostos antioxidantes na borra de café

e a viabilidade do uso sustentável desses resíduos no setor alimentício (FRANCA, OLIVEIRA, 2022).

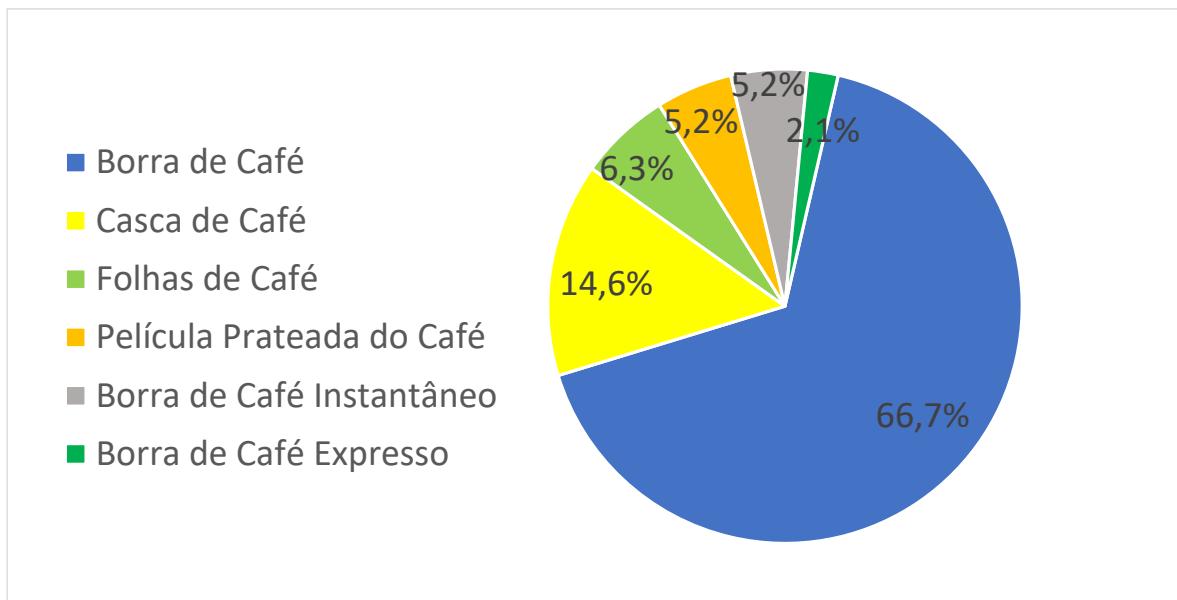
No caso da variedade robusta, o artigo "*The use of carbon dioxide as a green approach to recover bioactive compounds from spent coffee grounds*" utilizou resíduos dessa variedade explorando métodos sustentáveis para recuperar compostos bioativos, como ácido clorogênico e ácido ferúlico, que possuem propriedades antioxidantes e antimicrobianas. O estudo destacou o uso eficiente de dióxido de carbono supercrítico como solvente verde, reforçando sua aplicação na indústria alimentícia e contribuindo para a maior sustentabilidade do processo de extração (ROMANO, DE LUCA, et al., 2023).

A maior utilização de café arábica em estudos sobre resíduos de café, comparado ao café robusta, refletiu sua popularidade global e propriedades químicas favoráveis para aplicações alimentícias, como maior teor lipídico e de compostos antioxidantes (PRIOLLI, MAZZAFERA, et al., 2008).

5.1.3.2 Resíduos de café

A Figura 15 mostra a primeira análise realizada sobre os resíduos do processamento de café. A distribuição percentual do uso de resíduos do processamento do café na indústria alimentícia refletiu a disponibilidade de cada resíduo gerado. A borra de café, predominante em 66,7% dos artigos científicos, foi amplamente empregada devido à sua abundância e valor nutritivo, atendendo à demanda por práticas sustentáveis (PANUSA, ZUORRO, et al., 2013).

Figura 15 - Distribuição dos tipos de resíduos de café utilizados nos artigos científicos selecionados na faixa temporal 1984 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

A casca de café apareceu em 14,6% dos documentos, sendo aproveitada principalmente para chás e infusões, beneficiando-se de sua grande disponibilidade pós-colheita devido à sua composição química favorável e abundância após a colheita (SEVERINI, DEROSSI, *et al.*, 2017).

Outros resíduos, como folhas de café, película prateada do café, a borra de café instantâneo e a borra de café expresso, que corresponderam a 6,3%, 5,2%, 5,2% e 2,1% respectivamente, foram menos utilizados devido ao volume reduzido de produção. A escala limitada e o foco em resíduos mais abundantes restringiram as aplicações de subprodutos como a película prateada e borras de café instantâneo e expresso (MACHADO, MUSSATTO, *et al.*, 2018). Estes resíduos, apesar de possuírem propriedades benéficas, enfrentam barreiras para reaproveitamento devido à escala de produção limitada. (PANUSA, ZUORRO, *et al.*, 2013) destacaram que a viabilidade de certos subprodutos depende diretamente da escala de geração e da compatibilidade com processos industriais.

Entre os artigos com classificação Micro I relacionados ao uso da borra de café, destacou-se o estudo "*Ultrasound-assisted extraction to improve the recovery of phenols and antioxidants from spent espresso coffee ground*". Este artigo investigou técnicas de extração assistida por ultrassom para recuperar compostos antioxidantes e fenólicos da borra de café expresso. Como resultado essa técnica aumentou significativamente a eficiência da extração,

reduzindo a necessidade de solventes químicos e o tempo de processamento (SEVERINI, DEROSSI, *et al.*, 2017).

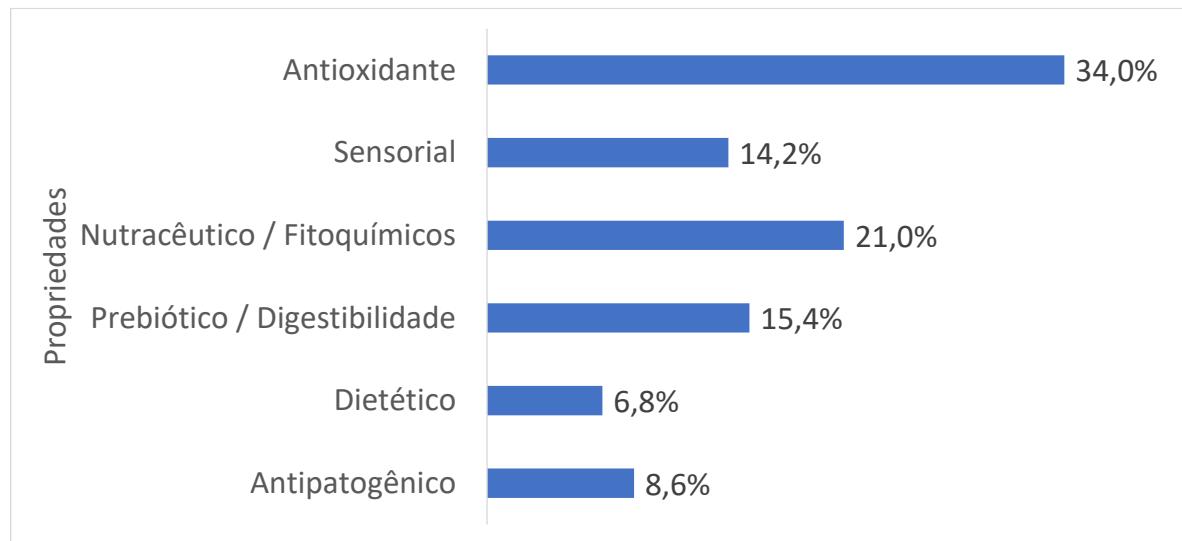
Entre os artigos de destaque na utilização da casca de café, o estudo "*The use of coffee husk as napier grass substitution and its effect on madura cattle performance*" explorou a substituição do capim Napier pela casca de café na alimentação de gado Madura. O estudo concluiu que essa substituição foi viável, proporcionando redução de custos na alimentação sem prejuízo no desempenho animal, o que tornou a casca de café uma alternativa promissora para compor ração animal (SUDARMAN, LISTIAWAN, *et al.*, 2019).

O estudo intitulado "*Optimization of ultrasonic-assisted extraction conditions for bioactive components from coffee leaves using the Taguchi design and response surface methodology*" explorou as condições ideais para a extração de compostos bioativos das folhas de café. O estudo destacou que as folhas de café contêm diversos compostos benéficos à saúde humana, incluindo trigonelina, cafeína, ácidos clorogênicos, mangiferina e rutina, além de elevados níveis de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Os resultados demonstraram que otimizar as condições de extração, como a proporção de líquido para sólido, a concentração de etanol e a temperatura, aumentou significativamente o rendimento dos fitocompostos e a atividade antioxidante (CHEN, DING, *et al.*, 2020).

5.1.3.3 Propriedades

Na Figura 16, foram mapeadas as propriedades encontradas nos resíduos de café de acordo com os artigos selecionados.

Figura 16 - Distribuição das propriedades estudadas nos resíduos de café em artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

A análise de 92 artigos sobre as aplicações dos resíduos de café na indústria alimentícia revelou que 34,0% dos estudos focaram nas propriedades antioxidantes, destacando seu potencial para melhorar a estabilidade oxidativa dos alimentos, essencial para o desenvolvimento de conservantes naturais mais saudáveis (SEVERINI, DEROSSI, *et al.*, 2017). Além disso, 21,0% dos artigos exploraram as propriedades nutracêuticas e fitoquímicas, sugerindo oportunidades para produtos alimentícios enriquecidos, com benefícios que vão além da nutrição básica, como a melhoria da saúde (PANUSA, ZUORRO, *et al.*, 2013). Vale destacar que um artigo pode explorar várias propriedades ou nenhuma delas.

As propriedades prebióticas e de digestibilidade foram abordadas em 15,4% dos estudos, indicando um campo promissor tanto para a alimentação humana quanto animal, com potencial para melhorar a saúde intestinal (MACHADO, MUSSATTO, *et al.*, 2018). Embora menos exploradas, as propriedades sensoriais (14,2%) e antipatogênicas (8,6%) dos resíduos de café oferecem um potencial significativo, especialmente em embalagens que podem prolongar a vida útil dos alimentos e melhorar a experiência sensorial dos consumidores. Estudos como o de ROMANO, DE LUCA, *et al.* (2023) descreveram a aplicação de resíduos de café em materiais de embalagem ativos, destacando o impacto sensorial e protetivo sobre os alimentos embalados.

Apesar do menor foco nas aplicações dietéticas, que apareceram em 6,8% dos artigos, ainda há espaço para pesquisas que explorem como esses resíduos podem aumentar o valor nutricional dos alimentos (FRANCA, OLIVEIRA, 2022).

Como exemplo de artigo que explorou a propriedade antioxidante dos resíduos de café, tem-se o estudo intitulado "*Spent espresso coffee grounds as a source of anti-proliferative and antioxidant compounds*". Este artigo investigou os compostos extraídos da borra de café expresso, identificando ácidos fenólicos como o 4-hidroxibenzoico, o ácido ferúlico e o ácido p-cumárico, além de compostos como tocoferóis e tiosol, que demonstraram elevada capacidade antioxidante. O estudo destacou que o extrato derivado da borra de café robusta da Guatemala apresentou a maior atividade antioxidante entre as amostras analisadas, atribuindo essa eficácia aos altos níveis de ácidos clorogênicos e 4-hidroxibenzoico. A sinergia entre esses compostos, ou seja, a interação que potencializou a capacidade antioxidante total do extrato, resultou em uma proteção mais eficiente contra processos de oxidação, tornando-o especialmente promissor para aplicações alimentícias (BALZANO, LOIZZO, *et al.*, 2020).

O artigo "*The potential of spent coffee grounds in functional food development*" explorou as propriedades dietéticas dos resíduos de café, focando na sua incorporação em alimentos funcionais. Os pesquisadores destacaram a presença de compostos bioativos, como

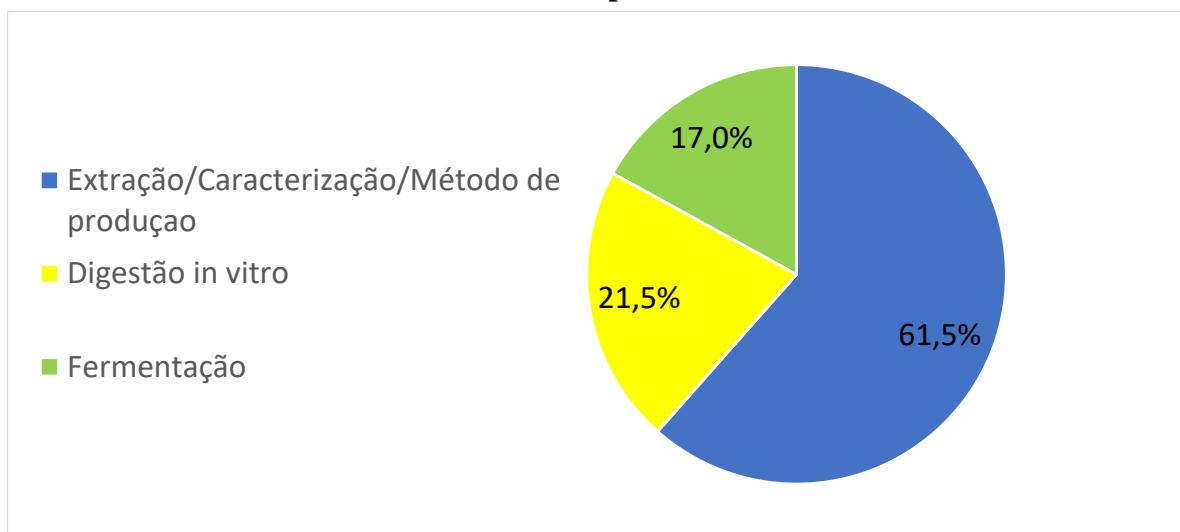
polifenóis e ácidos clorogênicos, que foram associados à redução de marcadores inflamatórios e ao aumento da saciedade em consumidores. Esses resultados sugeriram o potencial dos resíduos de café para aumentar o valor nutricional de produtos alimentícios e promover benefícios à saúde (BEVILACQUA, CRUZAT, *et al.*, 2023).

Um exemplo de estudo que abordou as propriedades prebióticas e a digestibilidade dos resíduos de café foi o artigo "*Potential uses of spent coffee grounds in the food industry*". Este estudo destacou que a borra de café contém fibras alimentares insolúveis que podem atuar como prebióticos, promovendo o crescimento de bactérias benéficas no intestino. Além disso, a pesquisa analisou o impacto da inclusão de resíduos de café na digestibilidade de rações animais, indicando melhorias na eficiência de absorção de nutrientes em modelos experimentais (FRANCA, OLIVEIRA, 2022).

5.1.3.4 Tecnologias

A Figura 17 apresenta as principais tecnologias utilizadas no aproveitamento dos resíduos de café na indústria de alimentos de acordo com os artigos científicos analisados.

Figura 17 - Distribuição das principais tecnologias utilizadas em artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

Como foi evidenciado na Figura 17, a análise dos 92 artigos, dos quais 61 abordaram tecnologias relacionadas ao aproveitamento dos resíduos de café na indústria alimentícia, revelou uma predominância na pesquisa sobre processos de extração e caracterização de compostos bioativos, que representaram 61,5% dos estudos. Essa ênfase sugere uma tendência global em busca de novos ingredientes naturais para alimentos funcionais, impulsionada pela demanda crescente por produtos que promovam a saúde e pela necessidade de inovação

contínua na indústria alimentícia. O artigo de PETTINATO, BOLLA, et al. (2023) discutiu como tecnologias avançadas, como a extração assistida por ultrassom e a extração com fluidos supercríticos, estão sendo desenvolvidas para maximizar a recuperação de compostos bioativos de resíduos de café.

A digestão *in vitro*, que foi abordada em 21,5% dos artigos, permite entender como os compostos bioativos dos resíduos de café se comportaram no organismo humano. A validação dos benefícios desses compostos por meio de simulações da digestão humana tornou-se crucial. Essa técnica possibilita a avaliação da biodisponibilidade e eficácia dos ingredientes extraídos, garantindo sua aplicação segura e eficiente em produtos alimentícios (FRANCA, OLIVEIRA, 2022).

A fermentação, explorada em 17,0% dos estudos, surge como uma área promissora para a transformação sustentável dos resíduos de café em novos ingredientes. Embora ainda menos abordada, oferece grande potencial em futuros desenvolvimentos (CHOI, RIM, et al., 2019).

Um exemplo de artigo que abordou a tecnologia de extração foi "*The potential solvent for tannin extraction as a feed additive made of coffee husk (*Coffea canephora*) using Soxhlet Method*". Este estudo investigou a extração de taninos da casca de café robusta utilizando os solventes metanol, etanol e acetona pelo método *Soxhlet*. Os resultados demonstraram que o etanol foi o solvente mais eficiente em termos de rendimento e qualidade do extrato. A pesquisa destacou a relevância de tecnologias avançadas de extração para o aproveitamento de subprodutos do café, com aplicações potenciais na alimentação animal e em aditivos funcionais (KUSUMA, WULANDARI, et al., 2022).

Outro exemplo artigo foi "*Evaluation of nutritional and economic feed values of spent coffee grounds and Artemisia princeps residues as a ruminant feed*", que abordou a digestão *in vitro* para avaliar o uso de resíduos de café como alternativa na alimentação de ruminantes. A pesquisa concluiu que os resíduos de café eram substitutos eficazes e econômicos para ingredientes convencionais, contribuindo para a eficiência nutricional e promovendo a viabilidade econômica no setor agrícola (SEO, JUNG, et al., 2015).

Por fim, o artigo "*Innovative technologies used to convert spent coffee grounds into new food ingredients*", explorou o uso da fermentação como tecnologia promissora para transformar resíduos de café em novos ingredientes alimentícios. O estudo revelou que a fermentação aumentou a produção de compostos bioativos, como ácidos lácticos e fenólicos, melhorando a digestibilidade e o valor nutricional dos produtos resultantes. Esses achados reforçaram o papel da fermentação na valorização sustentável de resíduos alimentares (CAVANAGH, BROOKS, et al., 2023).

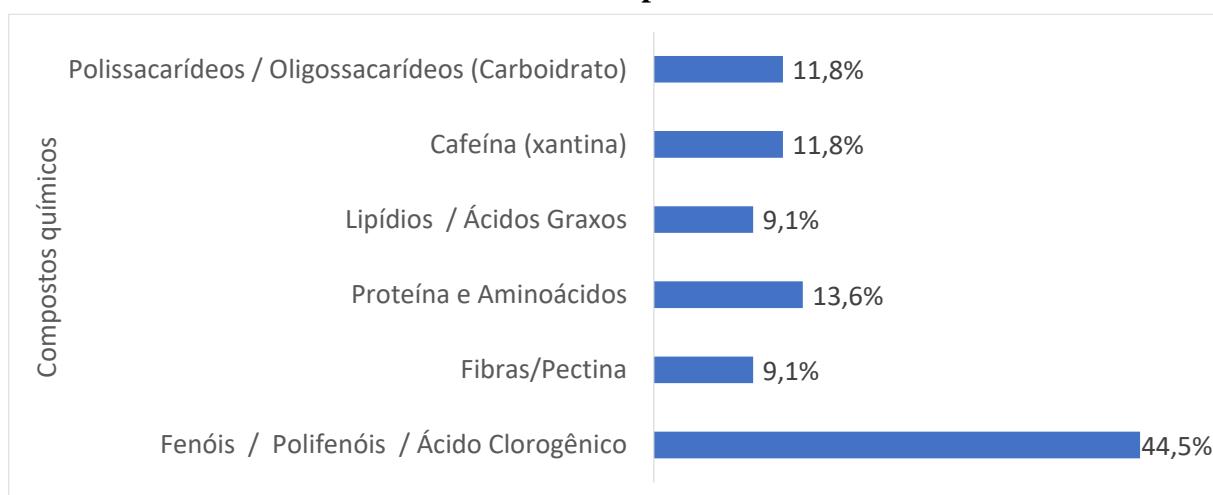
5.1.3.5 Compostos Químicos

Resíduos de café são ricos em compostos funcionais que ofereceram grande potencial para aplicações na indústria alimentícia. Estudos recentes destacaram que esses resíduos podem ser aproveitados tanto como ingredientes alimentares quanto na fabricação de materiais compostos para embalagens, contribuindo para uma abordagem mais sustentável e eficiente na utilização de recursos (PETTINATO, BOLLA, et al., 2023).

No artigo "*Potential uses of spent coffee grounds in the food industry*", os autores exploraram as diversas possibilidades de aproveitamento das borras de café (do inglês, SCG *Spent Coffee Grounds*) na indústria alimentícia. O estudo enfatizou que as SCG são ricas em compostos bioativos, como polissacarídeos, proteínas e compostos fenólicos, que têm potencial para aplicações em diversos produtos alimentares. Além disso, o artigo discute o uso das SCG na produção de materiais compostos para embalagens alimentícias, aproveitando suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas (FRANCA, OLIVEIRA, 2022).

A Figura 18 destaca as porcentagens de diferentes compostos químicos presentes nos resíduos de café. Cerca de 44,5% dos compostos nos resíduos de café foram fenóis, polifenóis e ácido clorogênico, destacando o potencial antioxidante do café (PETTINATO, BOLLA, et al., 2023).

Figura 18 – Compostos químicos presentes nos resíduos de café nos artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

Proteínas e aminoácidos, que representaram 13,6% da composição, mostraram potencial para uso em suplementos proteicos e alimentos enriquecidos. Isso se alinhou com a crescente demanda por alternativas sustentáveis em dietas vegetarianas e veganas, além de reforçar o

desenvolvimento de alimentos funcionais de alto valor nutricional (SAN MARTIN, IBARRURI, *et al.*, 2023).

Cafeína, polissacarídeos e oligossacarídeos, que representaram 11,8%, destacaram-se por sua relevância como estimulantes naturais e fontes de energia prebiótica. Essa importância baseou-se na capacidade da cafeína de atuar como um estimulante cognitivo e metabólico, enquanto os polissacarídeos e oligossacarídeos contribuíram para o equilíbrio do microbioma intestinal, promovendo benefícios à saúde digestiva (PRIOLLI, MAZZAFERA, *et al.*, 2008).

Fibras, pectina, lipídios e ácidos graxos, ambos presentes em 9,1%, foram identificados como componentes essenciais devido ao seu papel no suporte à saúde cardiovascular e na manutenção da funcionalidade digestiva (BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2007). Além disso, a presença de fibras ajudou a melhorar a saciedade, enquanto os ácidos graxos contribuíram para a regulação inflamatória (SOARES, CHRISTEN, *et al.*, 2000).

No entanto, houve uma disparidade clara na presença de fenóis e polifenóis em relação a outros compostos, destacando sua importância predominante nos resíduos de café. Esses compostos, reconhecidos por suas propriedades antioxidantes, são essenciais na proteção contra estresse oxidativo e na promoção da saúde celular (SOARES, CHRISTEN, *et al.*, 2000).

Um exemplo de artigo que explorou as propriedades antioxidantes dos resíduos de café é o estudo "*antioxidant activity of spent coffee ground extracts toward soybean oil and fish oil*". Ele demonstrou que extratos de borra de café, especialmente o obtido com acetona, têm atividade antioxidante significativa, comparável ou superior ao BHT (Butil-Hidroxitolueno) em óleo de soja. O estudo evidencia o potencial dos compostos fenólicos da borra de café como antioxidantes naturais, destacando sua viabilidade para substituir antioxidantes sintéticos em óleos comestíveis (HWANG, WINKLER-MOSER, *et al.*, 2019).

Outro exemplo de artigo, explorou o uso de proteínas e aminoácidos nos resíduos de café é o estudo "*Antioxidant dietary fiber isolated from spent coffee (*Coffea arabica L.*) grounds improves chronotype and circadian locomotor activity in young adults*". O documento demonstrou que biscoitos enriquecidos com fibras antioxidantes extraídas da borra de café, que contêm proteínas e aminoácidos, podem melhorar a atividade circadiana em adultos jovens, destacando o potencial desses resíduos como ingredientes funcionais em alimentos sustentáveis (OSEGUERA-CASTRO, MADRID, *et al.*, 2019).

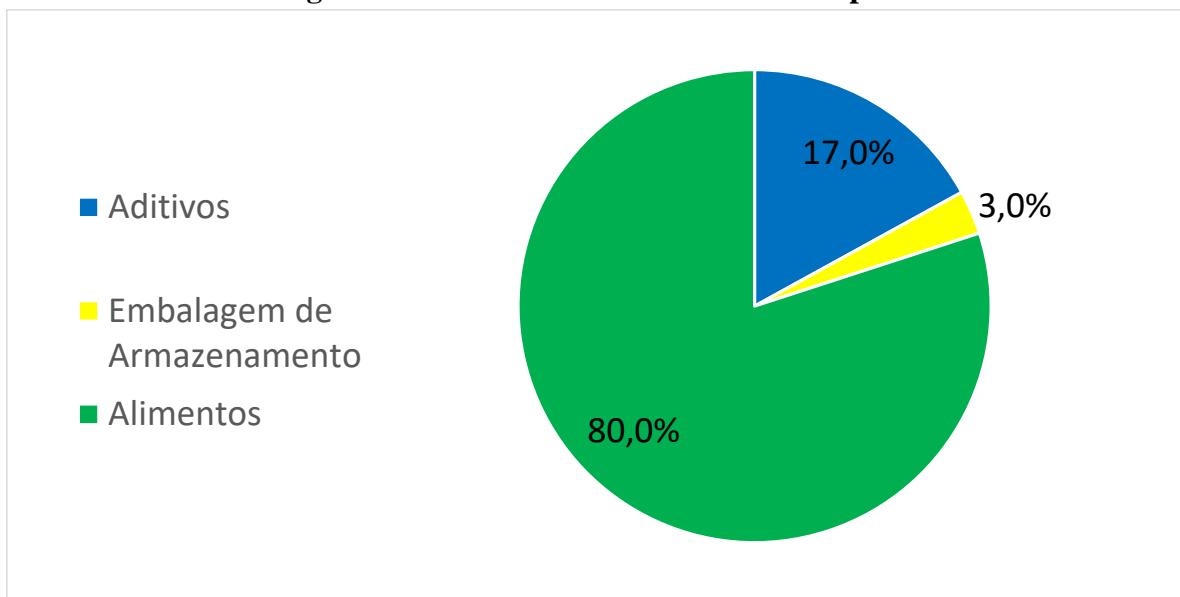
Mais um exemplo de artigo, explorou a presença de cafeína nos resíduos de café foi o estudo "*Evaluation of fatty acids, phenolics and bioactivities of spent coffee grounds prepared from Vietnamese coffee*". O artigo mostrou que a cafeína permanece nos resíduos de café, especialmente em torrefações mais leves, sugerindo que esses resíduos podem ser uma fonte

viável de cafeína natural para a indústria alimentícia destacando seu potencial sustentável (VU, VU, et al., 2021).

5.1.3.6 Aplicações na indústria alimentícia

Considerando as diferentes propriedades, tecnologias e compostos químicos presentes nos resíduos de café, foi fundamental analisar como estes subprodutos podem ser aplicados na indústria alimentícia. Para maior clareza, essa análise foi organizada em duas categorias: Micro I e Micro II. A Figura 19 destaca a recorrência das aplicações Micro I mais comuns nos artigos analisados.

Figura 19 – Distribuição das aplicações Micro I dos resíduos de café na indústria alimentícia nos artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

A aplicação majoritária de 80,0% dos resíduos de café na categoria de alimentos refletiu o grande potencial desses resíduos como ingredientes nutritivos e funcionais. A alta porcentagem sugere que a indústria já reconhecia e explorava amplamente os benefícios dos compostos presentes nos resíduos de café, utilizando-os para enriquecer produtos alimentares e desenvolver novos itens de consumo.

A presença dos resíduos de café em 17,0% na categoria de aditivos indicou que esses materiais também eram valorizados por suas propriedades químicas, como antioxidantes ou conservantes naturais. Essa utilização reforçou o papel dos resíduos de café como elementos que podiam melhorar a qualidade e a durabilidade dos alimentos, além de agregar valor aos produtos.

Por outro lado, a baixa utilização dos resíduos de café na categoria de embalagens de armazenamento, com apenas 3,0%, sugere que essa área ainda está em estágio inicial de desenvolvimento. Apesar do potencial identificado para a utilização de resíduos de café como materiais biodegradáveis, ainda persistem desafios técnicos e econômicos que precisavam ser superados para viabilizar e ampliar a adoção dessa aplicação. Essa realidade destaca uma oportunidade para inovações, onde esforços de pesquisa e desenvolvimento podem concentrar-se em explorar formas de expandir o uso desses resíduos em soluções sustentáveis para a indústria de embalagens (PETTINATO, BOLLA, *et al.*, 2023).

A subdivisão de Micro I para Micro II reflete a transição dos usos gerais dos resíduos de café para aplicações mais específicas na indústria alimentícia. Em Micro I, as categorias abrangem usos principais como aditivos, embalagens e alimentos. Já em Micro II, essas categorias se desdobraram em aplicações concretas: os resíduos são usados para preservação de alimentos, sabor, alimentação animal, ingredientes funcionais e bebidas, conforme mostrado na Quadro 14.

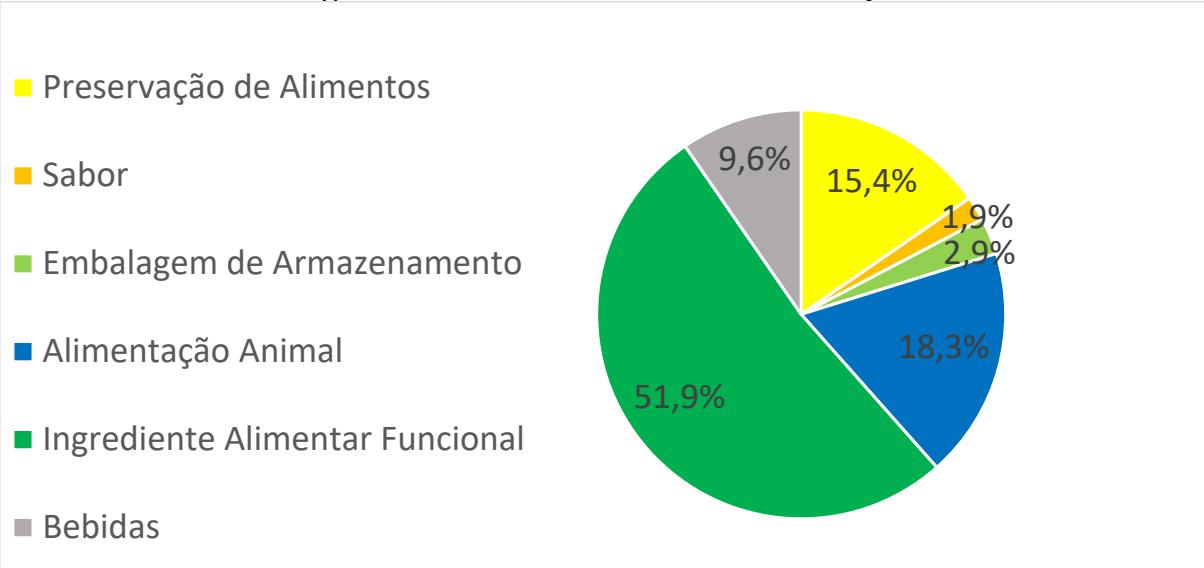
Quadro 14 - Subdivisão Micro II de aplicações dos resíduos de café na indústria alimentícia em artigos científicos e patentes selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.

Taxonomias Micro I	Taxonomias Micro II
Aditivos	Preservação de alimentos
	Sabor
Embalagem de armazenamento	Embalagem de armazenamento
Alimentos	Alimentação animal
	Ingrediente alimentar funcional
	Bebidas

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 20 destaca a recorrência das aplicações Micro II mais comuns nos artigos analisados.

Figura 20 – Distribuição das aplicações Micro II dos resíduos de café na indústria alimentícia nos artigos científicos selecionados na faixa temporal de 1984 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

Os dados apresentados na Figura 20 mostram que a maior parte dos resíduos de café foi utilizada como ingrediente funcional ou alimentício, representando 51,9% do total, seguida por 18,3% na categoria de alimentação animal e 15,4% na preservação de alimentos. Outras áreas de aplicação incluíram bebidas (9,6%), embalagens de armazenamento (2,9%) e, em menor escala, sabor com 1,9 %. Esses resultados destacam a versatilidade dos resíduos de café na indústria alimentícia, com ênfase no uso como ingrediente funcional.

A aplicação majoritária dos resíduos de café como ingrediente funcional ou alimentício reflete o reconhecimento da indústria quanto ao potencial nutricional e funcional desses compostos. A alta porcentagem sugere que os resíduos de café são amplamente explorados para enriquecer alimentos e produtos funcionais, aproveitando suas propriedades bioativas e valor agregado.

A significativa presença de resíduos de café na categoria de alimentação animal, com 18,3%, indica que esses materiais são valorizados como fonte nutritiva para alimentação animal. Essa utilização não só contribui para a sustentabilidade, ao reutilizar subprodutos, mas também potencializa a nutrição animal, mostrando que os resíduos de café são um recurso valioso em diferentes setores.

A utilização dos resíduos de café para preservação de alimentos, representando 15,4%, destaca a importância de suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Essas características são essenciais para prolongar a vida útil dos produtos, reduzindo o desperdício e melhorando a qualidade dos alimentos, aspectos cruciais em um mercado competitivo.

(CASTALDO, LOMBARDI, *et al.*, 2021). A aplicação em bebidas (9,6%) também evidencia que os resíduos de café são reconhecidos por sua capacidade de enriquecer produtos líquidos, seja como ingrediente principal ou como aditivo para melhorar sabor e valor nutricional. Embora menor que outras aplicações, essa área apresenta boas perspectivas de crescimento, especialmente com a demanda crescente por bebidas funcionais (CASTALDO, LOMBARDI, *et al.*, 2021).

A baixa utilização dos resíduos de café em embalagens de armazenamento (2.9%) sugere que essa área ainda estava em fase inicial. Apesar do potencial para materiais biodegradáveis, desafios técnicos e econômicos precisam ser superados, tornando essa categoria uma oportunidade promissora para inovação e desenvolvimento sustentável (NGUYEN, M.N, *et al.*, 2023). A categoria de sabor, com 1.9%, reflete dados baseados em apenas dois artigos encontrados. Apesar dessa limitação, a área foi mencionada por seu potencial de desenvolvimento, especialmente em aplicações para melhorar o sabor e o aroma de produtos (FRANCA, OLIVEIRA, 2022).

O artigo “*Fruity flavour production by Ceratocystis fimbriata grown on coffee husk in solid-state fermentation*” focou na produção de compostos de sabor a partir de resíduos de café. A pesquisa investigou a geração de aromas frutados, como abacaxi e banana, utilizando casca de café como substrato em fermentação em estado sólido com adição de glicose. O estudo destacou a capacidade do fungo *Ceratocystis fimbriata* de produzir compostos voláteis, como acetaldeído e etil acetato, que são responsáveis pelos aromas característicos, revelando o potencial dos resíduos de café para a criação de sabores naturais na indústria alimentícia (SOARES, Marlene, CHRISTEN, *et al.*, 2000).

Exemplificando a taxonomia "Ingrediente Funcional/Alimentício", o estudo intitulado "*Spent coffee grounds improve the nutritional value and technological properties of gluten-free cookies*" avaliou como a adição de borra de café pode enriquecer *cookies* sem glúten tanto em valor nutricional quanto em propriedades tecnológicas. O artigo analisou a incorporação de diferentes porcentagens de borra de café, demonstrando melhorias no teor de fibras e em aspectos tecnológicos como volume específico e textura dos cookies. A pesquisa concluiu que a adição de até 20% de borra de café permitiu obter cookies classificados como "fonte de fibras" sem comprometer a aceitação sensorial, destacando o potencial dos resíduos de café na formulação de alimentos funcionais para dietas celíacas ou voltadas para a saúde (OLIVEIRA BATISTA, CAR CORDEIRO, *et al.*, 2023).

O estudo intitulado "*Antioxidant effect of extracts from the coffee residue in raw and cooked meat*" exemplo da taxonomia “Preservação de alimentos” investigou o potencial

antioxidante dos extratos de resíduos de café. Este artigo explorou o uso desses resíduos como fonte de compostos antioxidantes para prevenir a oxidação lipídica em sistemas de carne crua e cozida. Além disso, a pesquisa demonstrou que os extratos de café, especialmente os obtidos com etanol, mostraram-se eficazes em reduzir a oxidação lipídica, evidenciando seu uso potencial na indústria alimentícia como antioxidantes naturais para prolongar a vida útil e melhorar a qualidade de produtos cárneos (KIM, AHN, *et al.*, 2016).

Como exemplo da taxonomia "Alimentação Animal", o estudo intitulado "*A note on the nutritive value of dried instant coffee residue for broiler chickens and turkey poults*" avaliou o valor nutricional dos resíduos de café instantâneo seco em dietas para frangos de corte e perus. Este artigo explorou a inclusão gradual desses resíduos na alimentação das aves, analisando seus efeitos sobre o ganho de peso, consumo de ração e eficiência de conversão alimentar. Os resultados mostraram que, embora os resíduos de café tenham um valor nutricional limitado para frangos de corte, eles demonstraram potencial como fonte de energia em dietas para perus, desde que sejam superados problemas relacionados ao odor e à textura do produto (WISEMAN, 1984).

Como exemplo da taxonomia "Embalagem de armazenamento", o estudo intitulado "*Antifungal activity of crude extracts of coffee and spent coffee ground on areca palm leaf sheath (*Areca catechu*) based food packaging*" avaliou a atividade antifúngica de extratos de café e resíduos de café em embalagens alimentícias feitas de bainha de folha de palmeira de areca. Este artigo investigou a eficácia desses extratos na inibição do crescimento de fungos, com o objetivo de prolongar a vida útil das embalagens biodegradáveis. Os resultados da pesquisa demonstraram que os extratos de resíduos de café podem aumentar significativamente o tempo de conservação dos produtos embalados, mostrando seu potencial como uma solução natural para melhorar a durabilidade de embalagens sustentáveis (NONTHAKAEW, MATAN, *et al.*, 2015).

Como exemplo da taxonomia "Bebidas", o estudo intitulado "*Increasing the sustainability of the coffee agro-industry: spent coffee grounds as a source of new beverages*" investigou o processo de produção de bebidas fermentadas e destiladas a partir de borra de café. Este artigo explorou a extração de compostos fenólicos antioxidantes da borra de café, seguida de fermentação com *Saccharomyces cerevisiae* e destilação do caldo fermentado. Além disso, a pesquisa demonstrou que as bebidas resultantes apresentaram um perfil químico e sensorial que as tornou adequadas para consumo humano, evidenciando o potencial de valorização dos resíduos de café na criação de novas bebidas alcoólicas (MACHADO, MUSSATTO, *et al.*, 2018).

5.2 ANÁLISE DE PATENTES

Os números de documentos de patente encontrados em cada busca realizada são apresentados na Tabela 3. Foi observada uma redução no número de patentes selecionadas conforme o avanço das etapas. A aplicação de critérios de seleção específicos, como a exclusão de patentes que não abordavam diretamente o aproveitamento de resíduos de café na indústria alimentícia, foi fundamental para refinar os resultados e concentrar a análise nas patentes mais relevantes. Ao final de uma primeira avaliação, foram identificadas 35 patentes relevantes, todas com foco no aumento do valor agregado dos resíduos de café para a indústria alimentícia, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados da pesquisa de patentes sobre a utilização de resíduos de café na indústria alimentícia na base Patentscope no período de 1971 a 2023.

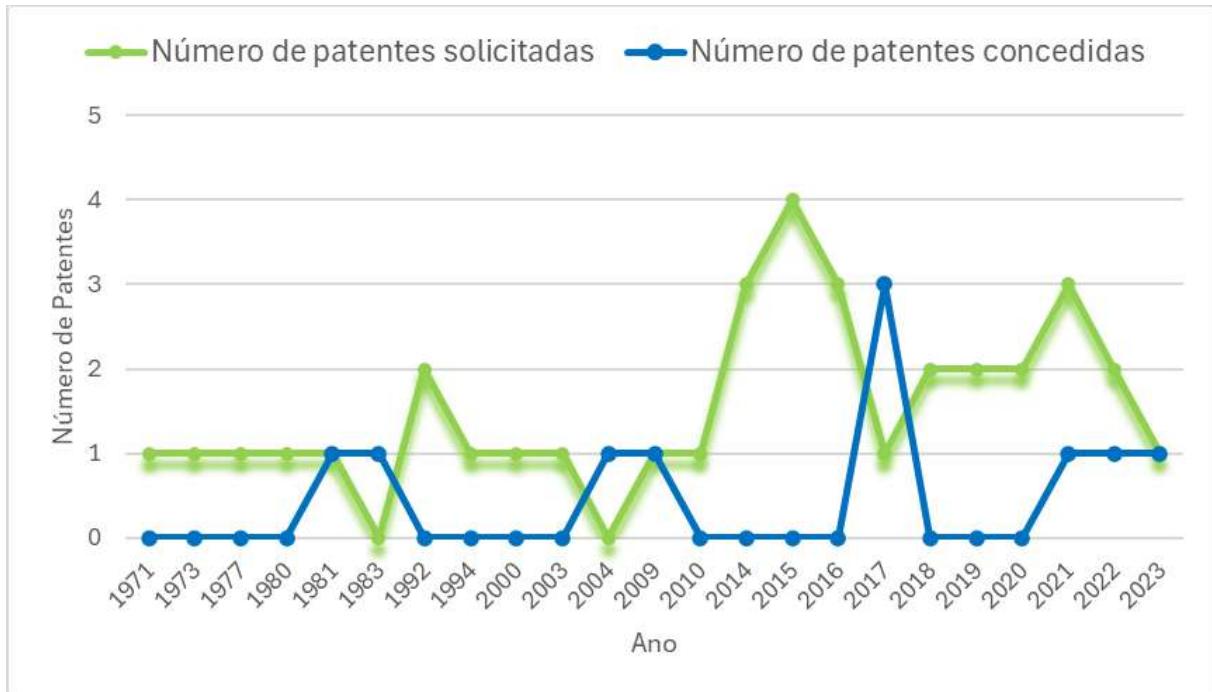
Estratégia de busca	Número de Patentes Encontradas	Número de Patentes Selecionadas
Etapa 1: Resíduo de café +		
Produtos Alimentícios	58	11
Específicos		
Etapa 2: Resíduo de café +		
Nutrição e Saúde	37	8
Etapa 3: Resíduo de café +		
Tecnologia e Processamento	88	7
de Alimentos		
Etapa 4: Resíduo de café +		
Alimentação animal	37	6
Etapa 5: Resíduo de café +		
Embalagem e Conservantes	9	3
Alimentares		
Total	229	35

Fonte: Elaboração própria.

5.2.1 Análise Macro

A Figura 21 ilustra a evolução anual dos pedidos e concessões de patentes relacionadas ao uso de resíduos de café na indústria alimentícia. Dos 35 pedidos identificados, apenas 10 foram concedidos. Essa diferença pode ser explicada pelo tempo médio de análise, que varia de 2 a 5 anos, e fatores como a complexidade da tecnologia, a qualidade e clareza do pedido, e o cumprimento dos critérios de novidade segundo a (WIPO, 2023). Pedidos mal redigidos ou com escopo amplo podem enfrentar atrasos ou rejeições, contribuindo para o menor número de concessões (USPTO, 2021).

Figura 21 - Evolução temporal das patentes solicitadas e concedidas sobre utilização de resíduos de café pela indústria alimentícia na faixa temporal de 1971 a 2023.



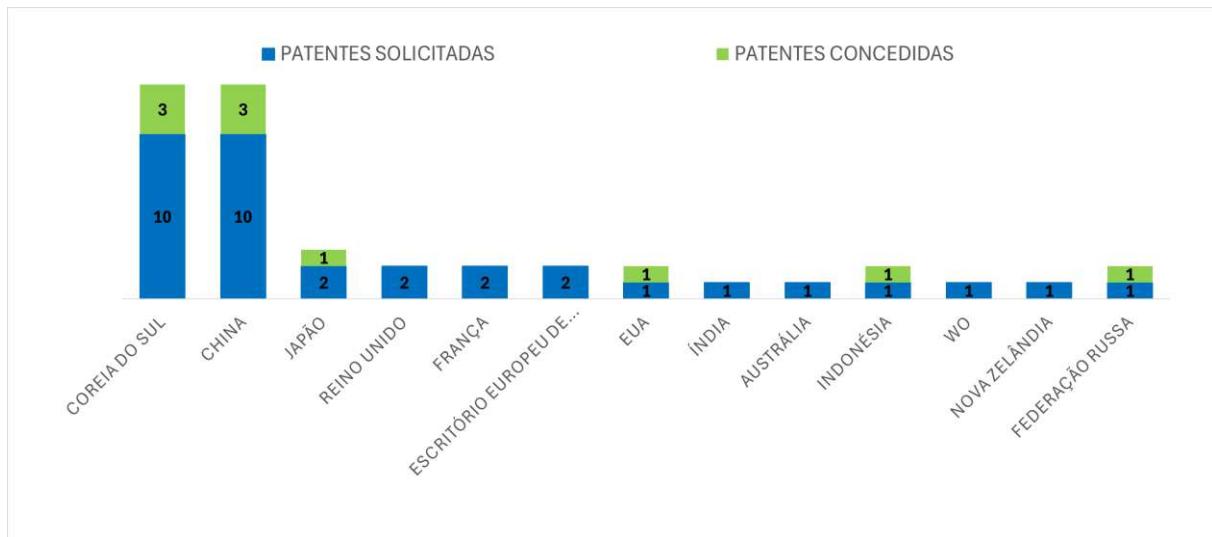
Fonte: Elaboração própria.

É observado um crescimento no número de patentes solicitadas e concedidas, especialmente no período de 2014 a 2023, com 23 solicitações e 6 concessões de patentes no total. O ano de 2015 se destaca com o maior número de pedidos de patentes, quatro no total, e o ano de 2017 apresenta o maior número de concessões, com três no total. Esse aumento pode ser relacionado ao crescente interesse no desenvolvimento de produtos sustentáveis, incluindo o aproveitamento de resíduos de café. O Acordo de Paris (2015) e a "Agenda 2030" da ONU, com seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, também incentivaram práticas ecológicas e promoveram a conscientização sobre o uso de resíduos. Após 2017, as solicitações

estabilizaram-se, enquanto as concessões de uma patente por ano aconteceram entre 2021 e 2023, refletindo um amadurecimento do setor e o esforço contínuo para proteger inovações alinhadas aos objetivos globais de sustentabilidade (UNEP, 2021).

A Figura 22 apresenta a distribuição de patentes solicitadas e concedidas por país. A Coreia do Sul e a China se destacam como os líderes em inovação na área, com 10 patentes solicitadas e três concedidas cada. Outros países como Japão, Reino Unido e França apresentaram menor número de solicitações. Quanto a concessão de patentes, somente Japão, EUA, Indonésia e Rússia possuem um documento, além da Coreia do Sul e China.

Figura 22 - Distribuição de patentes solicitadas e concedidas por países no período de 1971 a 2023.



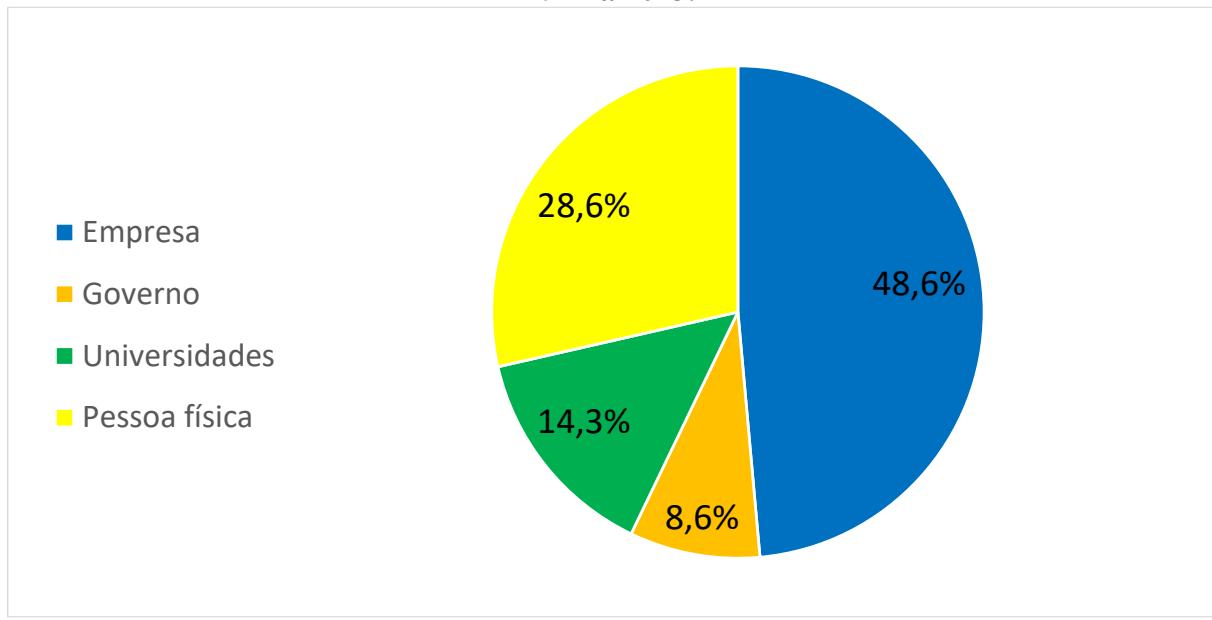
Fonte: Elaboração própria.

A predominância asiática na inovação tecnológica e nas patentes pode ser resultado de fatores culturais, econômicos e políticos. Países como Coreia do Sul, China e Japão valorizaram fortemente a educação e a pesquisa científica, formando uma força de trabalho altamente qualificada (OECD, 2019). Economicamente, a China lançou, em maio de 2015, o plano "*Made in China 2025*", com fortes subsídios e incentivos para setores de alta tecnologia, enquanto a Coreia do Sul promoveu inovação por meio de gigantes como a Samsung e políticas como o "*Creative Economy*" (KOREA MINISTRY OF STRATEGY AND FINANCE, 2016). Além disso, ambos os países receberam de seus governos investimentos de bilhões em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e criaram zonas de inovação com incentivos fiscais. Esse apoio, somado à crescente competitividade global e à demanda por soluções tecnológicas, mantiveram a Ásia na liderança em patentes no tema (WEF, 2020).

Nesta análise de acordo com a WIPO (2023), a ausência de grandes produtores e consumidores de café, como Brasil, Vietnã e Colômbia, pode ser atribuída ao foco histórico desses países na produção agrícola. Nesses países, o investimento em P&D ainda não foi tão expressivo quanto em países como China e Coreia do Sul, que possuíam políticas de inovação mais consolidadas. De acordo com o relatório da OECD *Organisation for Economic Co-operation and Development* (2019), essas nações em desenvolvimento tiveram a oportunidade de expandir seu papel em registros de propriedade intelectual, especialmente à medida que aumentaram os incentivos para inovação tecnológica.

A Figura 23 apresenta a classificação dos requerentes dos pedidos de patentes analisados. É observado que as empresas privadas dominaram as solicitações de patentes relacionadas ao uso de resíduos de café na indústria alimentícia, correspondendo a 48,6% dos pedidos, o que refletiu o foco do setor em soluções sustentáveis. Pessoas físicas representaram 28,6% dos pedidos, indicando a participação de inventores independentes em busca de novas oportunidades. As universidades, com 14,3%, demonstraram o papel da pesquisa acadêmica na inovação, enquanto governos e institutos de pesquisa tiveram a menor participação, cerca de 8,6%, refletindo um envolvimento público mais limitado, mas ainda relevante.

Figura 23 - Distribuição dos requerentes das patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

Entre patentes de empresas, cita-se a patente solicitada pela “Nestlé SA”, nomeada “Food Product Powder”, registrada sob o número 94810743 (1994) e publicada como 722671 (1996), com concessão pelo Escritório Europeu de Patentes. A patente referiu-se a um processo

de produção de "pó de matéria alimentar" a partir de materiais fibrosos e úmidos, incluindo borra de café. O pó resultante pode ser utilizado como aditivo alimentar, sendo rico em proteínas e fibras, além de desodorizado. A patente demonstrou a aplicação inovadora de resíduos de café na indústria alimentícia, contribuindo para o desenvolvimento de aditivos que reaproveitaram subprodutos do processo de extração do café.

Entre os requerentes pessoa física, cita-se a patente solicitada por Balleix Roger, nomeada "*Ruminant Feed Compositions*", registrada sob o número 7714235 (1977), publicada como 2390109 (1978) e concedida em 1983 pelo escritório da França. A patente descreveu uma composição alimentar para ruminantes que utilizava resíduos de cervejarias na composição, mencionando o uso de borra de café como um dos materiais absorventes. Esse material ajudou a reduzir a umidade, contribuindo para a consistência, transporte e conservação da ração.

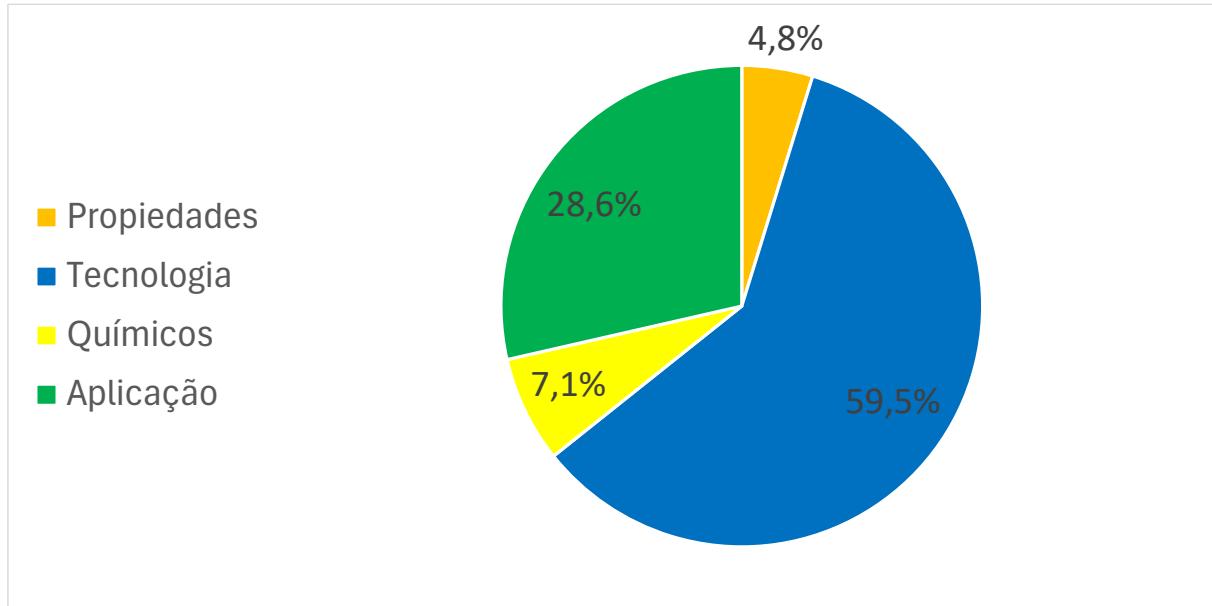
Entre as universidades, destacou-se a patente solicitada pela "*Kunming University of Science and Technology*", nomeada "*Preparation method of coffee leaf tea*", registrada sob o número 202310682836.3 (2023) e publicada como 116636571 (2023) pelo escritório da China. A patente descreveu um método de preparo de chá de folhas de café que envolveu fermentação controlada, incluindo etapas detalhadas de secagem e fermentação para transformar as folhas de café em um produto consumível na forma de chá.

Entre os requerentes governamentais, destacou-se a patente do Instituto de Pesquisa de Alimentos da Coreia do Sul, intitulada "*Method for utilizing novel microorganism cryoprotectant using coffee residue*", registrada sob o número 1020210010862 (2021) e publicada como 102364057 (2022) pelo Escritório Europeu de Patentes. A patente descreveu o uso de borra de café como crioprotetor para preservar probióticos, como lactobacilos, durante o congelamento e liofilização. Esse processo foi relevante para a produção de alimentos fermentados, como iogurtes e queijos, contribuindo para a preservação sustentável de probióticos na indústria alimentícia.

5.2.2 Análise Meso

Na análise Meso das patentes depositadas e concedidas, observou-se um comportamento similar ao encontrado nos artigos, com todos os documentos avaliados sendo enquadrados nas cinco taxonomias definidas neste estudo anteriormente. Dessa forma, foram identificados o "Resíduo do processamento de café", os "Tipos de café" utilizados, as "Propriedades" nutricionais e funcionais exploradas, as "Tecnologias" aplicadas e os "Químicos" de interesse como apresentado na Figura 24.

Figura 24 - Distribuição do foco das patentes relacionadas a resíduos de café por categoria na faixa temporal de 1971 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

A predominância de patentes com foco em "Tecnologia" (59,5%) evidencia um direcionamento das reivindicações para o desenvolvimento de processos inovadores e métodos de produção eficientes que maximizem o aproveitamento dos resíduos de café. Já o foco expressivo em "Aplicação" (28,6%) também reflete a busca por integrar os resíduos de café em produtos e processos industriais, ampliando as oportunidades de inovação nas áreas de alimentação.

Por outro lado, o baixo percentual relacionado a "Propriedades" (4,8%) e "Químicos" (7,1%) nas reivindicações das patentes sugere que essas áreas podem estar suficientemente exploradas ou que não eram o principal foco das inovações atuais. A ausência de foco na "Variedade" do café reforçou que o objetivo das patentes estava na aplicação generalizada dos resíduos, independentemente do tipo de café, evidenciando uma abordagem mais ampla.

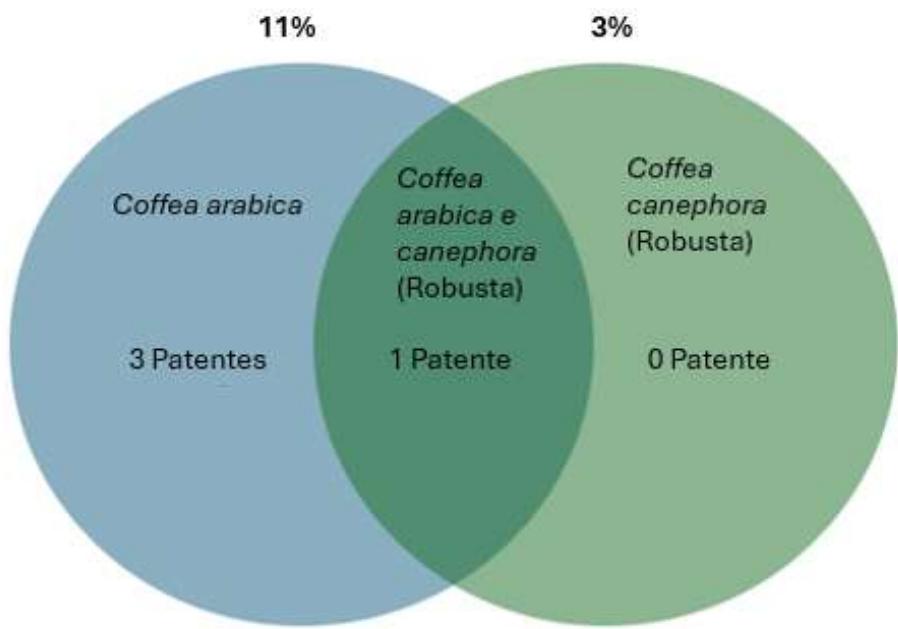
Uma patente relevante que focou na tecnologia de produção foi a intitulada "*Simple and quick method for manufacturing coffee leaf tea*", solicitada por Park, Deok Sin sob o número 1020190122957 (2019) e publicada como 102324590 (2021), com concessão pela Coreia do Sul. Essa patente descreveu um método simplificado para fabricar chá de folhas de café, eliminando etapas dispendiosas, como cozimento a vapor e secagem, substituindo-as por torra e mistura. O processo otimizado preservou os compostos ativos das folhas e garantiu alta qualidade sensorial.

5.2.3 Análise Micro

5.2.3.1 Variedades de Café

A Figura 25 apresenta o percentual de patentes referentes a cada variedade de café. Do total de 35 patentes, apenas 4 documentos especificaram a variedade de café utilizada. A Figura 25 demonstra que 11% mencionaram a variedade arábica e 3% a robusta. A não especificação da variedade de café utilizada, indica que, para muitas das tecnologias descritas, a distinção entre arábica e robusta não era relevante. No entanto, a presença de arábica em maior percentual está possivelmente relacionada ao fato de essa variedade ter representado entre 60-70% da produção mundial, o que pode explicar sua predominância entre as poucas patentes que mencionaram a variedade de café (OIC, 2023).

Figura 25 - Distribuição de espécies de café entre *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (Robusta) em patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.



Das 35 patentes selecionadas, 4 categorizaram e 31 não categorizaram de acordo com a espécie
Fonte: Elaboração própria.

Um exemplo de patente que mencionou as duas variedades de café, sendo a única a citar a robusta, é intitulada "Saponification treatment of spent coffee grounds", de número de publicação 4293581, solicitada em 1980 pela "Societe d'Assistance Technique Pour Produits Nestle S.A." e concedida pelo Escritório de Patentes dos Estados Unidos. O objetivo da patente foi desenvolver um processo para produzir um componente de ração animal a partir de borras

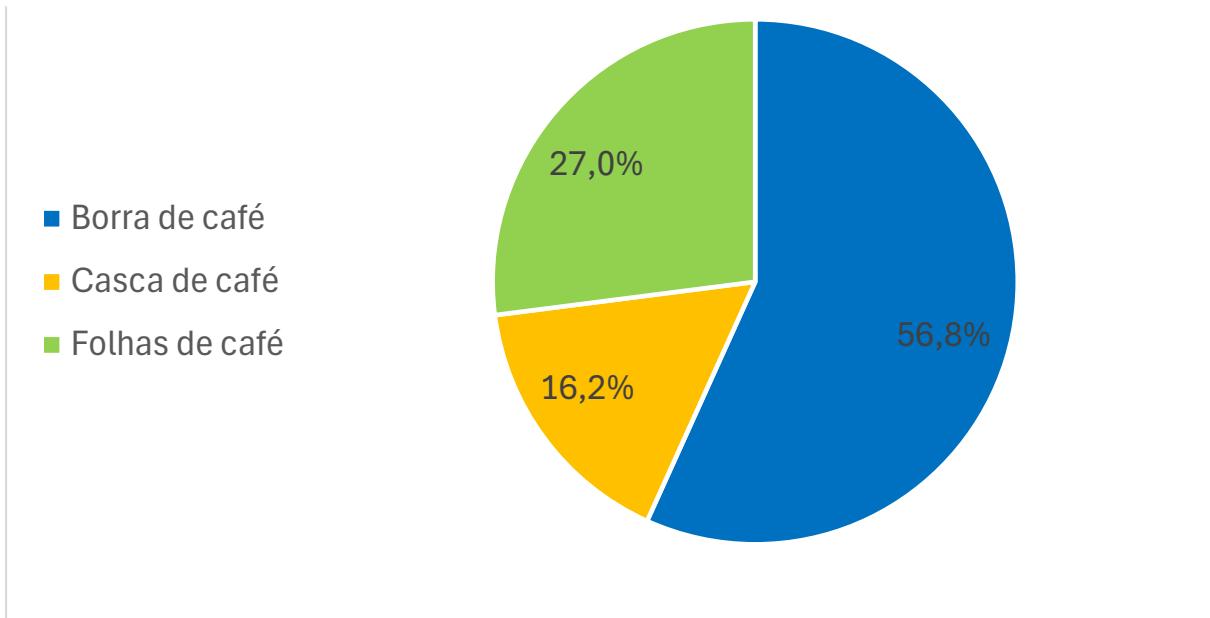
de café usadas (*spent coffee grounds*), abrangendo tanto a variedade arábica quanto a robusta. O método descrito envolveu o tratamento de saponificação das borras para remover óleos residuais, que, em concentrações elevadas, poderiam ser prejudiciais. Esse tratamento tornou o material mais seguro e adequado para uso na alimentação animal.

Por outro lado, uma patente que mencionou exclusivamente a variedade arábica foi a intitulada "*Fermentation process of arabica coffee husk waste (Coffea arabica L.) by Lactobacillus casei and Saccharomyces cerevisiae as alternative feed for tilapia fish (Oreochromis niloticus)*", de número de solicitação S00202208145. Solicitada em 2022 pela "UIN Sunan Gunung Djati Bandung" e concedida pelo Escritório de Patentes da Indonésia, a patente descreveu um processo de fermentação da casca de café arábica (*Coffea arabica L.*) para produzir uma ração alternativa para peixes tilápia (*Oreochromis niloticus*). O método resultou na redução dos teores de fibra bruta, cinzas, gordura e matéria seca, enquanto aumentou o teor de água e proteína, tornando a casca de café fermentada uma opção mais nutritiva e adequada para uso na aquicultura.

5.2.3.2 Resíduo do processamento de café

A Figura 26 apresenta a distribuição dos resíduos de café que aparecem nas patentes analisadas. Essa análise revela que a borra de café é o resíduo mais utilizado em patentes da indústria alimentícia, assim como nos artigos científicos, representando 56,8% do total, seguida pelas folhas de café com 27% e a casca de café com 16,2%. Resíduos como a película prateada do café, borra de café instantâneo e borra de café expresso não apareceram em nenhuma patente analisada. Isso indicou que esses resíduos ainda não foram amplamente explorados em escala industrial, possivelmente representando oportunidades para futuras inovações e aplicações na indústria.

Figura 26 - Distribuição dos tipos de resíduos de café utilizados nas patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

Um exemplo de patente que utilizou a borra de café é a "*Food formulation comprising spent coffee grounds*", registrada sob o número de publicação 070062 e solicitada pelo Escritório Internacional da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (*World Intellectual Property Organization – WIPO*), essa patente descreveu o uso de borra de café na formulação de alimentos funcionais voltados para pessoas com necessidades nutricionais específicas, como celíacos, diabéticos e indivíduos em dietas de controle de peso. A borra de café, rica em fibra dietética insolúvel e antioxidantes, foi incorporada em produtos como pães, biscoitos e cereais matinais.

Um exemplo de patente que utilizou a casca de café é a intitulada "*Method of manufacturing wine by using coffee husk*", registrada sob o número de publicação 1020160100528, solicitada em 2015 por Kim Ji-hoon e Kim Young-han da CNBLUE Co., Ltd., e publicada pelo Escritório de Patentes da Coreia do Sul. A patente descreveu um método para produzir vinho a partir da casca do fruto do café (*Coffea arabica L.*), transformando esse subproduto, geralmente considerado resíduo, em um vinho rico em antioxidantes, com excelente aparência e aroma. O processo incluiu etapas de separação, secagem, imersão e fermentação da casca de café, com adição de açúcar e levedura. Além disso, o vinho recebeu coloração vermelha por meio de pó ou suco de cacto *baeknyeoncho* (*Opuntia ficus-indica*).

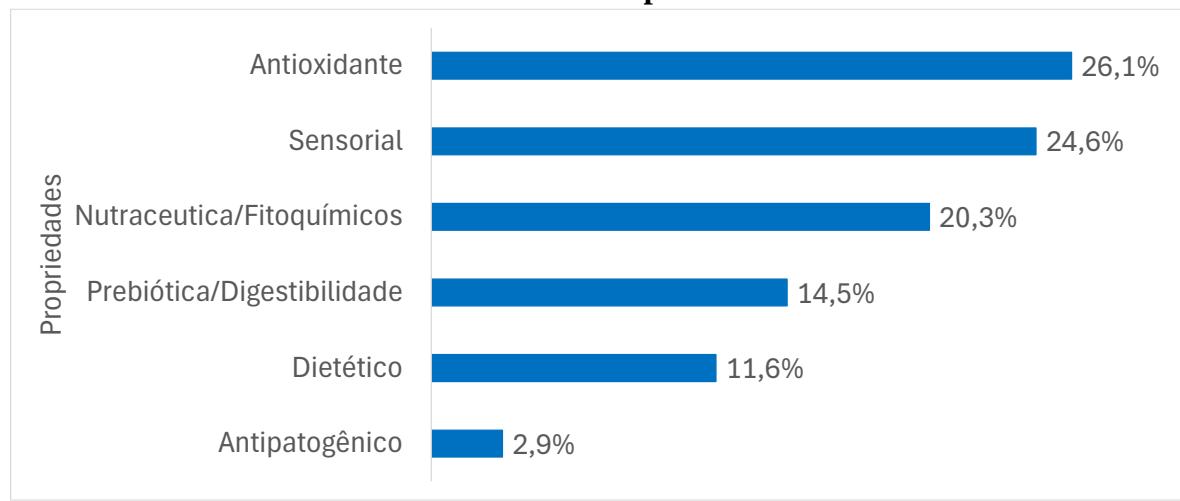
Um exemplo de patente que utilizou folhas de café é a intitulada "*Feed for promoting growth and development of broilers and preparation method thereof*", registrada sob o número

de publicação 104431535 e solicitada em 2014 por Ye Hong, com concessão pelo Escritório de Patentes da China. A patente descreveu o desenvolvimento de uma ração para frangos de corte, formulada com ingredientes naturais, incluindo folhas de café, com o objetivo de promover crescimento e desenvolvimento eficientes. Essa formulação foi projetada para solucionar problemas relacionados à nutrição inadequada, que frequentemente resultavam em crescimento lento e altos custos de produção. As folhas de café, incorporadas à ração, contribuíram para melhorar o perfil nutricional e oferecer uma alternativa sustentável e economicamente viável para a alimentação de frangos.

5.2.3.3 Propriedades

A Figura 27 mostra a frequência em que diferentes propriedades dos resíduos de café são citadas nas patentes. A partir desta análise, é possível observar que as propriedades antioxidantes e sensorial foram as mais citadas nas patentes, com 26,1 e 24,6%, respectivamente, indicando um foco no uso de resíduos de café para melhorar a qualidade sensorial e os benefícios à saúde dos produtos alimentícios. As propriedades nutracêuticas/fitoquímicas também foram relevantes (20,3%), enquanto as características prebióticas/digestibilidade e dietéticas apareceram com menor frequência (14,5 e 11,6%, respectivamente). Já as propriedades antipatogênicas foram as menos citadas, com apenas 2,9%, sugerindo que essa área foi pouco explorada.

Figura 27 - Distribuição das propriedades estudadas nos resíduos de café nas patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

Um exemplo de patente que explorou a propriedade antioxidante e antipatogênica dos resíduos de café é a intitulada "Processo para Preparação de Conservante Natural de Alimentos com Resíduo de Café", registrada sob o número de publicação 1019940003500 e solicitada em

1992 pela “Dongsuh Food Co.”, com concessão pelo Escritório de Patentes da Coreia do Sul. A patente descreveu um processo que incluiu a secagem de resíduos de café com alta umidade, extração com metanol, purificação com carvão ativado e concentração do extrato sob condições controladas. O produto apresentou propriedades antioxidantes e antimicrobianas, oferecendo uma solução inovadora para prolongar a vida útil dos alimentos e protegê-los contra patógenos e degradação oxidativa.

Outra patente de destaque, relacionada à exploração da propriedade sensorial especificamente relacionada ao sabor, foi a patente solicitada pela "Nestlé S.A.", intitulada "*Beef Flavour*", publicada sob o número 318460 (1973) e concedida pelo escritório do Reino Unido. A patente descreveu um agente de sabor de carne bovina, cuja invenção incluiu o uso de resíduos de café, como cascas ou borra, que foram hidrolisados para gerar os açúcares necessários no processo de criação de sabores.

Um exemplo de patente que explorou tanto as propriedades prebióticas/digestibilidade quanto dietéticas é a patente "*A Process for production of fructooligosaccharides (FOS)*", solicitada pelo “*Council of Scientific & Industrial Research*” da Índia, sob o número de publicação 521/DEL/2003 publicada pelo escritório da Índia. A patente descreveu um processo para a produção de frutooligossacarídeos (FOS), utilizando subprodutos da produção de café e chá. Os FOS são ingredientes funcionais reconhecidos por suas propriedades prebióticas, promovendo a saúde digestiva. Além disso, têm baixo valor calórico e são não-cariogênicos, características que os tornaram apropriados para produtos dietéticos.

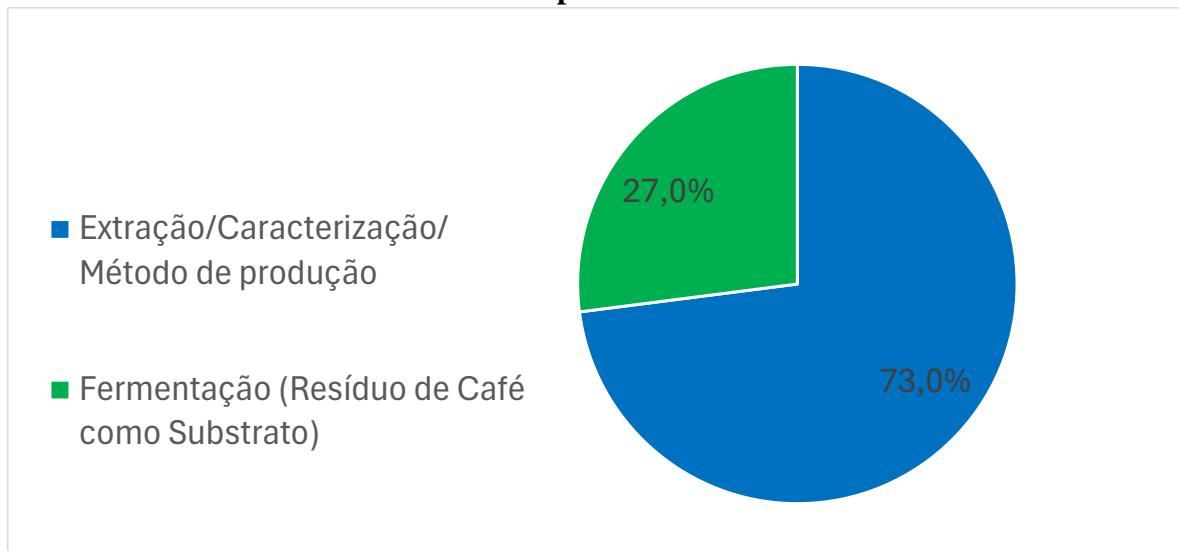
Por fim, uma patente notável que explora a propriedade nutracêutica/fitoquímica é a patente intitulada "*Carbonated beverage and preparation method thereof*", publicada no escritório da China sob o número 202211009997.8. A patente descreve o desenvolvimento de uma bebida carbonatada que utiliza subprodutos do café, como a casca do café. O objetivo principal é criar uma bebida que oferece benefícios nutricionais, incluindo a prevenção de osteoporose, anemia por deficiência de ferro e promoção da digestão.

5.2.3.4 Tecnologias

A Figura 28 indica as tecnologias abordadas nas patentes e indica que o foco principal das patentes analisadas esteve em métodos de produção, extração e caracterização, com 73,0% das patentes relacionadas aos métodos de obtenção de produtos a partir de resíduos de café voltados para a indústria alimentícia. Outros 27,0% envolveram o uso de fermentação, utilizando os resíduos como substrato para a criação de produtos com valor agregado, como

prebióticos. Apenas 4 patentes não mencionaram tecnologia alguma, o que evidenciou que a grande maioria das inovações envolveu algum tipo de processo tecnológico específico, reforçando o caráter técnico das patentes. Nenhuma patente citou a digestão *in vitro*, deixando espaço para futuras pesquisas nesse campo.

Figura 28 - Distribuição das principais tecnologias utilizadas em patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

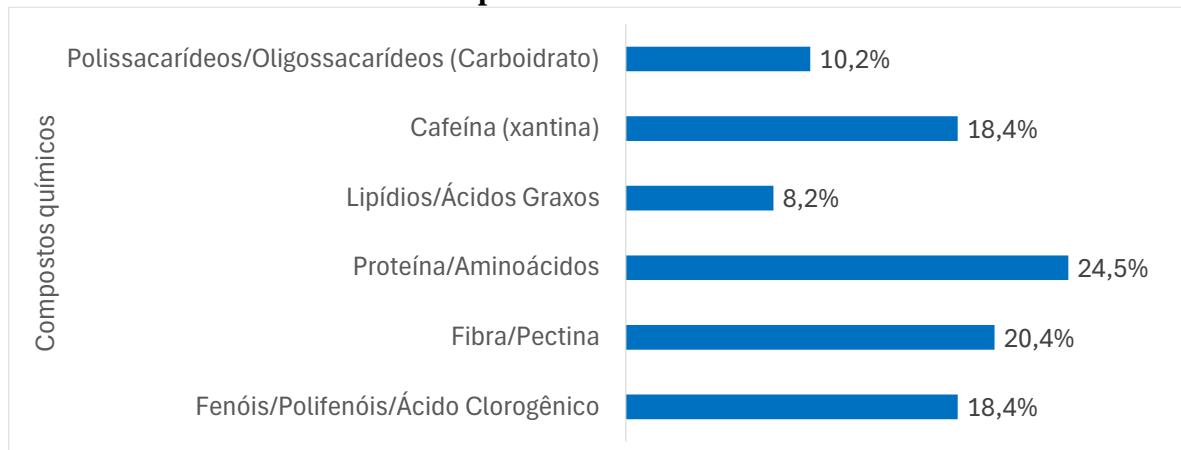
Um exemplo de patente que utilizou a tecnologia de fermentação foi a intitulada "*Feed composition using coffee residual products and manufacturing method thereof*", registrada sob o número 1020150178948 pelo Escritório de Patentes da Coreia do Sul. A patente descreveu a fabricação de ração animal com resíduos de café fermentados, nos quais microrganismos úteis decompuseram materiais fluorados e sintetizaram proteínas microbianas. O método aumentou a palatabilidade e o valor nutricional da ração, além de promover o reaproveitamento sustentável dos resíduos de café, reduzindo a poluição ambiental e trazendo benefícios econômicos aos pecuaristas.

Um exemplo de patente que explorou o uso de métodos de produção foi a intitulada "*Selenium-rich herbal coffee leaf tea and preparation method thereof*", com número de publicação 111685204, solicitada pela "Changde Zhongwang Agriculture CO., LTD." e concedida pelo escritório na China, em 2019. Essa patente descreveu o processo de produção de chá de folhas de café enriquecido com selênio, utilizando técnicas específicas para preservar e melhorar os compostos benéficos das folhas de café. O método de produção incluiu seleção, secagem e aquecimento por infravermelho, garantindo a retenção dos nutrientes e compostos ativos das folhas, resultando em um produto com alto valor nutricional e sensorial.

5.2.3.5 Compostos Químicos

A Figura 29 apresenta a frequência em que os compostos químicos aparecem nas patentes. É possível observar o crescente interesse da indústria alimentícia em aproveitar resíduos de café como fonte de compostos funcionais. Proteínas e aminoácidos lideraram as menções, com 24,5% das patentes, seguidos por fibras e pectinas com 20,4% e compostos antioxidantes, como fenóis, polifenóis e ácido clorogênico, e cafeína, ambos com 18,4%. Polissacarídeos e oligossacarídeos foram citados em 10,2% das patentes, enquanto gorduras, lipídios e ácidos apresentaram menor destaque, com 8,2% das menções.

Figura 29 - Químicos presentes nos resíduos de café nas patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

Um exemplo de patente que explorou os lipídios e ácidos graxos presentes nos resíduos de café foi a "*method for producing clarified oil from coffee grounds and from whole and/or damaged beans*", depositada no Escritório Europeu de Patentes sob o número 18819628. Essa patente descreveu um processo para a obtenção de óleo clarificado a partir de borras de café ou grãos de café inteiros e/ou deteriorados, utilizando macromicetos (fungos) para remover a cor marrom característica do óleo de café. O resultado foi um óleo com características organolépticas adequadas, que pode ser utilizado na indústria alimentícia, proporcionando uma fonte de gorduras de qualidade explorada em diferentes formulações.

A patente "*Coffee pectose and making method thereof*", registrada sob o número 104719585 pelo Escritório de Patentes da China, descreveu a criação do "café pectina", um doce produzido a partir da pectina extraída dos resíduos gerados durante o descascamento e despolpamento mecânico dos frutos do café. O método transformou a mucilagem da casca, normalmente descartada, em um alimento de valor agregado. O "café pectina" destacou-se

como uma solução sustentável para o reaproveitamento de subprodutos do café, resultando em um doce nutritivo e com sabor único.

Um exemplo de patente que explorou Fenóis/Polifenóis/Ácido Clorogênico foi a "*Method for utilizing novel microorganism cryoprotectant using coffee residue*", concedida no Escritório da Coreia do Sul sob o número 1020210010862. Essa invenção descreveu um método de uso de resíduos de café, particularmente a borra, como crioprotetor para a preservação de probióticos durante o congelamento e liofilização. Os polifenóis extraídos dos resíduos de café, como o ácido clorogênico e o ácido cafeeiro, foram componentes-chave que auxiliaram na proteção dos microrganismos, promovendo a viabilidade durante o armazenamento.

Um exemplo de patente que explorou Proteínas/Aminoácidos foi a patente intitulada "*Converting vegetable waste into animal feedstuffs*", registrada no Escritório da França sob o número 7344701. A patente descreveu um processo para valorizar resíduos vegetais, como as cascas de café e de cacau, transformando-os em produtos de alto valor nutricional, especialmente como fonte de proteína para alimentação animal. O método utilizou composições biológicas naturais, como enzimas, para tratar os resíduos vegetais, melhorando seu valor nutritivo.

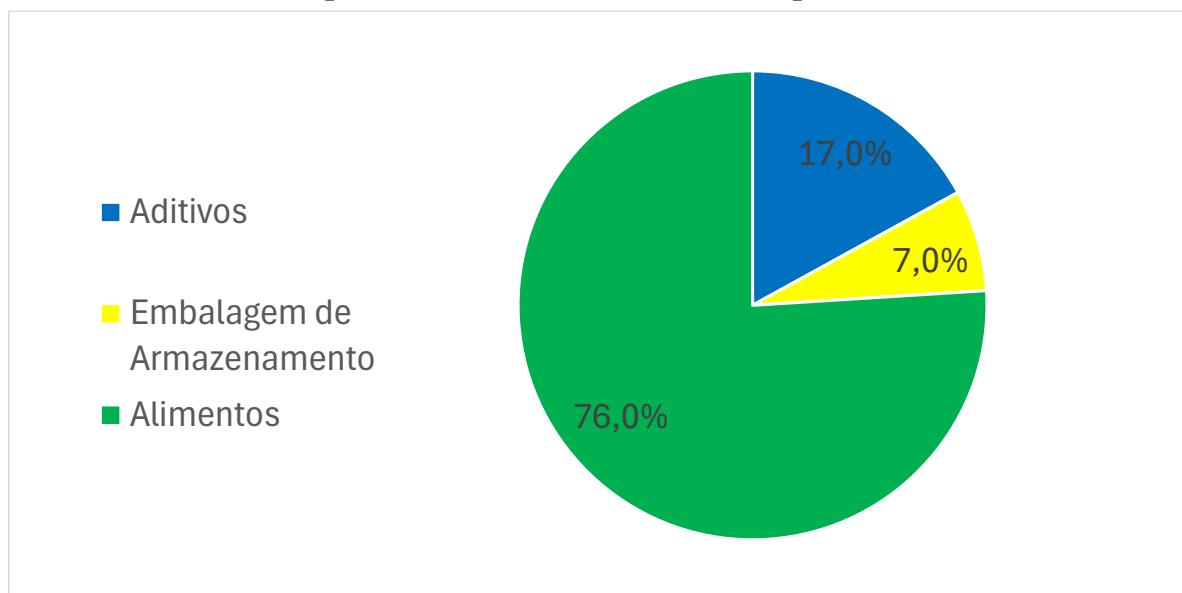
Um exemplo de patente que explorou Cafeína (xantina) e Polissacarídeos/Oligossacarídeos (Carboidrato) foi a "*Coffee mix-type feed additive for relieving stress of livestock and manufacturing method thereof*", concedida no Escritório da Coreia do Sul sob o número 102591548. A patente descreveu o desenvolvimento de um aditivo para ração animal feito com café em pó descartado, que ajudou a reduzir o estresse em suínos, bovinos e aves, além de melhorar a palatabilidade da ração. A cafeína atuou na redução do estresse, enquanto os polissacarídeos melhoraram o valor nutricional. O aditivo foi utilizado em proporções variáveis, conforme a espécie animal, promovendo ganho de peso e produtividade.

5.2.3.6 Aplicações na indústria alimentícia

A classificação das patentes de acordo com as taxonomias Micro I, descritas anteriormente, também foi realizada e é apresentada na Figura 30. Das patentes analisadas, 76% utilizaram resíduos de café para a produção de alimentos, destacando o potencial desses resíduos como ingredientes funcionais e nutricionais. Esse dado reflete o grande interesse da indústria em aproveitar compostos bioativos, como fibras, proteínas e antioxidantes, para criar produtos alimentícios mais saudáveis e sustentáveis. Comparando com os artigos,

observou-se uma aplicação semelhante de 80,0% para alimentos, indicando uma convergência no reconhecimento do valor dos resíduos de café nesse setor.

Figura 30 - Distribuição das aplicações Micro I dos resíduos de café na indústria alimentícia nas patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023



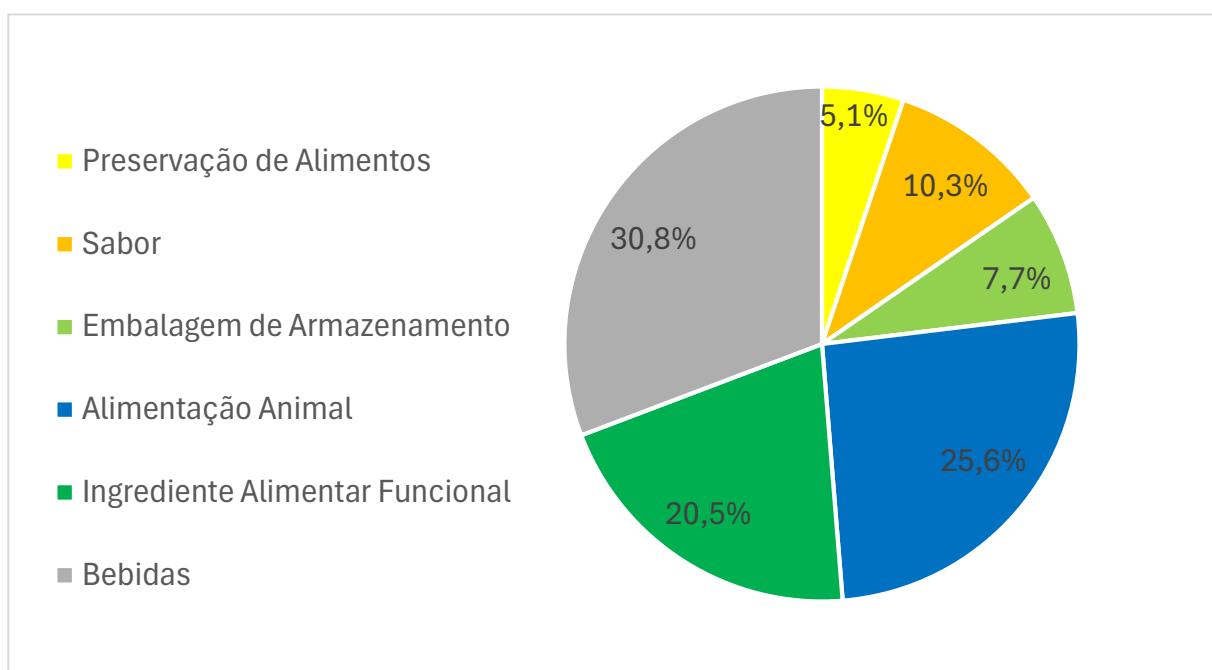
Fonte: Elaboração própria.

Por outro lado, 17,0% das patentes exploraram os resíduos como aditivos, enquanto, nos artigos, também foi observado o mesmo percentual, sugerindo que esta área esteve em crescimento e já é amplamente reconhecida. No que diz respeito às embalagens, 7,0% das patentes investigaram o uso de resíduos de café para essa finalidade, em comparação com apenas 3% nos artigos, apontando que a indústria parece estar mais avançada na exploração de embalagens sustentáveis com resíduos de café.

A diferença entre os estágios de desenvolvimento observados entre a academia e a indústria no uso de resíduos de café para embalagens sustentáveis pode ser explicada pelo foco de cada setor. A pesquisa acadêmica muitas vezes se concentra em testar a viabilidade de novos materiais, investigando propriedades físicas, químicas e ambientais de biocompósitos, como os derivados de resíduos de café (COSTA et al., 2020). Por outro lado, a indústria tende a avançar para a implementação prática e a produção em larga escala somente após esses materiais serem suficientemente testados e demonstrados como viáveis e rentáveis, o que explica por que a indústria pode estar mais adiantada na exploração de embalagens sustentáveis (SILVA, 2021).

A Figura 31 apresenta a classificação das patentes de acordo com as taxonomias Micro II referentes a aplicação, também descritas anteriormente. Essa análise demonstra que a maior parte dos resíduos de café é aplicada na produção de bebidas (30,8%), refletindo o uso intenso dos compostos bioativos desses resíduos para criar formulações. A alimentação animal aparece em seguida com 25,6%, o que indica que os resíduos de café são amplamente valorizados como componentes nutricionais. A categoria de ingredientes alimentares funcionais, com 20,5%, mostrou o uso de compostos como fibras e antioxidantes para enriquecer alimentos.

Figura 31 - Distribuição das aplicações Micro II dos resíduos de café na indústria alimentícia nas patentes selecionadas na faixa temporal de 1971 a 2023.



Fonte: Elaboração própria.

Embalagem de armazenamento (7,7%) sugere um interesse emergente no uso de resíduos de café para criar embalagens biodegradáveis. Enquanto sabor (10,3%) aponta para o uso dos resíduos para aprimorar ou modificar sabores em produtos alimentícios. Por último, a preservação de alimentos (5,1%) destaca o potencial dos antioxidantes presentes nos resíduos para aumentar a vida útil dos alimentos.

Comparando com os artigos científicos, algumas tendências emergiram. Enquanto as patentes destacaram mais o uso de resíduos em alimentação animal e bebidas, os artigos priorizaram o uso dos resíduos como ingredientes alimentares funcionais, com 51,9%, indicando uma abordagem acadêmica mais focada no potencial nutricional. Além disso, os artigos mostraram uma maior ênfase na preservação de alimentos (15,4%), enquanto a indústria

parece mais avançada na exploração de embalagens sustentáveis, como refletem os 8% das patentes contra apenas 2,9% nos artigos.

Em resumo, enquanto a indústria alimentícia focou em aplicações mais práticas e de maior escala, como bebidas e alimentação animal, o meio acadêmico explorou mais o potencial nutricional dos resíduos de café como ingredientes funcionais. Dois exemplos citados anteriormente de patentes que exploraram a preservação de alimentos e sabor foram a "*Process for preparing natural food preservative with coffee residue*", registrada na Coreia do Sul sob o número 1019920014692, que descreveu a preparação de um conservante natural de alimentos a partir de resíduos de café, aproveitando suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes, e a patente "*Beef Flavour*", registrada no Escritório do Reino Unido sob o número 4554671, que detalhou um processo para criar um agente de sabor de carne bovina, utilizando proteínas hidrolisadas e hidrolisados de carboidratos, incluindo resíduos de café como matéria-prima.

Um exemplo de patente que explora a aplicação de bebidas foi a patente intitulada "Uma bebida aromática com novo sabor", solicitada no escritório do Japão sob o número 1992273631, descreveu a criação de uma bebida inovadora que combina extratos de folhas de chá, como chá preto ou chá *oolong*, com extratos de folhas de café. O objetivo da patente foi desenvolver uma bebida que ofereça um sabor e aroma únicos, distintos dos produtos tradicionais. O processo envolveu a extração dos compostos aromáticos e de sabor das folhas de chá e café, que foram misturados para produzir uma bebida com um perfil de sabor novo.

Um exemplo de patente que explorou a aplicação de resíduos de café em embalagens é a "*Preparation method of PET composite material for package bottles*", solicitada pelo escritório da China sob o número 102016000644516. Essa patente descreveu um método de fabricação de um material compósito de PET para garrafas de embalagem, utilizando resíduos de café como um componente chave. O processo envolveu a modificação química do pó de café que sobra após a extração da bebida, transformando-o em fibras de café. Essas fibras foram então combinadas com resinas e aditivos no PET, o que resultou em um material com melhor resistência ao envelhecimento e maior resistência ao fogo.

Um exemplo de patente que explorou ingredientes funcionais é a "*Food additive containing a coffee extract residue, and functional food containing thereof*", solicitada pelo escritório da Coreia do Sul sob o número 1020100034738. Esta patente descreveu o uso a borra de café, para a produção de aditivos alimentares e alimentos funcionais. Esses resíduos foram transformados em ingredientes naturais que podem ser utilizados em produtos de panificação, como pães, cookies, muffins e bolos.

Um exemplo de patente que explorou a aplicação em alimentação animal foi a "*Feed for promoting growth and development of broilers and preparation method thereof*", solicitada pelo escritório da China sob o número 201410756422.1. A patente descreveu uma ração para frangos de corte formulada para promover o crescimento eficiente e resolver problemas de nutrição inadequada, que resultaram em crescimento lento e altos custos de produção. A composição da ração utilizou ingredientes naturais, incluindo folhas de café, que foram incorporadas para melhorar a digestão, absorção de nutrientes e o apetite dos frangos, contribuindo para o aumento de peso, a redução de doenças e mortalidade, e a otimização dos custos de criação.

5.3 PRINCIPAIS RESULTADOS DO ESTUDO PROSPECTIVO

A seguir, apresenta-se o Quadro 15, que resume os principais resultados obtidos na prospecção tecnológica do aproveitamento dos resíduos de café na indústria de alimentos.

Quadro 15 - Quadro resumo da prospecção tecnológica do aproveitamento dos resíduos de café na indústria de alimentos

Aspectos Avaliados	Principais tendencias em Artigos	Principais tendencias em Patentes
Variedade de café	49% especificam quanto a variedade do café. Com destaque de variedade Arábica	Não há especificação sobre a variedade de café apenas 11% especificam quanto a variedade. Com destaque a variedade Arábica
Resíduo de Café	Borra de café e de forma secundaria a casca de café são exploradas principalmente em estudos acadêmicos.	Borra de café e de forma secundaria as folhas de café são mais frequentes em patentes.
Propriedades	Propriedade Antioxidante é a mais explorada em artigos científicos seguida secundariamente pelas propriedades nutracêutica/fotoquímicas.	Propriedade antioxidante é a mais explorada em patentes, porém as propriedades sensoriais são quase igualmente exploradas.
Foco Tecnológico	Estudos centrados em extração de compostos bioativos , como antioxidantes.	Desenvolvimento de formulação e tecnologias de produção para bebidas e embalagens com ênfase em produtos.
Compostos químicos	Os compostos químicos mais explorado são os fenóis, polifenóis e ácido clorogênico , destacando o potencial antioxidant do café	Os compostos químicos mais explorado são proteínas e aminoácidos seguido por fibra e pectina .
Aplicação	Ingrediente funcional alimentar é explorado em mais da metade dos artigos científicos.	Bebidas funcionais e Alimentação animal se destacam nas patentes

Fonte: Elaboração própria.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo analisou o aproveitamento de resíduos de café como uma estratégia inovadora para a indústria alimentícia, destacando seu potencial na promoção de uma economia circular. Por meio de uma prospecção técnico-científica, as principais rotas de processamento, tecnologias emergentes e aplicações industriais dos resíduos de café foram identificadas.

Observou-se que, a partir de 2013, houve um aumento significativo na produção científica e tecnológica sobre o tema, possivelmente impulsionado por políticas globais como a "Agenda 2030" da ONU. No entanto, a análise temporal também revelou oscilações na publicação de artigos e no registro de patentes, indicando desafios relacionados à implementação prática das inovações. Países como Espanha, Brasil, maior produtor mundial de café, e Itália destacaram-se em publicações científicas, enquanto os escritórios de patentes da Coreia do Sul e China lideraram o registro de documentos, refletindo diferenças no foco de investimento e desenvolvimento tecnológico.

Os resultados evidenciaram o interesse de empresas e universidades no aproveitamento de resíduos de café, consolidando esforços conjuntos para o desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis.

As universidades destacaram-se na produção de artigos científicos sobre o aproveitamento de resíduos de café, com destaque para a Mahidol University, a Universidad de Antioquia e a Sapienza Università di Roma, que contribuíram significativamente para o avanço das pesquisas nessa área. Por outro lado, empresas como a *UCC Ueshima Coffee Co. Ltd.*, a *Kanebo Ltd.* e a *Fanchang County Danyun E-Commerce Co., Ltd.* lideraram na produção de patentes inovadoras, consolidando esforços conjuntos para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e reforçando a relevância econômica e estratégica dessa temática no cenário industrial.

Entre os subprodutos analisados, a borra de café emergiu como o resíduo mais versátil, sendo amplamente explorada tanto em artigos científicos quanto em patentes. Em artigos, o foco principal foi a extração de compostos bioativos, como antioxidantes, enquanto as patentes destacaram o desenvolvimento de formulações para bebidas e tecnologias de produção de embalagens. A variedade de café foi especificada em 49% dos artigos, com destaque para a Arábica, enquanto nas patentes, apenas 11% mencionaram a variedade, também com prevalência da Arábica. As propriedades antioxidantes foram as mais exploradas em ambos os

tipos de documentos, seguidas pelas propriedades nutracêuticas e fotoquímicas em artigos, e pelas propriedades sensoriais em patentes. Compostos químicos como fenóis, polifenóis e ácido clorogênico destacaram-se nos artigos, enquanto proteínas, aminoácidos, fibras e pectina foram os mais frequentes em patentes. Quanto às aplicações, ingredientes funcionais alimentares predominaram nos artigos, enquanto bebidas funcionais e alimentação animal foram mais frequentes nas patentes, demonstrando o amplo potencial de aproveitamento sustentável dos resíduos de café.

Por fim, A análise realizada destacou a relevância da prospecção tecnológica como uma estratégia fundamental para identificar tendências. Motivado pelo destaque econômico do café como uma commodity mundial, pelos impactos ambientais gerados pelos resíduos de sua cadeia produtiva e pelo potencial de transformá-los em produtos de alto valor agregado, este estudo evidenciou a possibilidade de reaproveitar matérias-primas na indústria alimentícia. O levantamento de artigos científicos e patentes, realizado nas bases *Scopus* e *Patentscope*, contribuiu para identificar as matérias-primas mais utilizadas, as tecnologias empregadas e as aplicações comerciais promissoras. Além disso, o mapeamento dos principais atores envolvidos – incluindo empresas, instituições acadêmicas e parcerias – demonstrou a importância de um ecossistema colaborativo para viabilizar inovações sustentáveis. Assim, os resultados confirmam que os resíduos de café representam um recurso estratégico, cuja valorização pode transformar paradigmas produtivos, consolidando a indústria alimentícia em um modelo mais sustentável e inovador, minimizando impactos ambientais e agregando valor econômico a toda a cadeia produtiva dessa commodity global.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base no levantamento preliminar de informações sobre o aproveitamento de resíduos de café na indústria alimentícia, sugere-se a criação de roadmaps tecnológicos para identificar as principais tendências de mercado ao longo do tempo. Essas ferramentas permitem mapear os principais agentes do setor e os segmentos industriais de maior relevância, fornecendo subsídios para a tomada de decisão e o planejamento estratégico de empresas interessadas em desenvolver soluções sustentáveis e inovadoras para o setor alimentício.

Referências

ABIC, A. B. da I. de C. **Indicadores da Indústria de Café | 2023 -Desempenho da Produção e do Consumo Interno.** 2023.

BALLESTEROS, L. F., RAMIREZ, M. J., ORREGO, C. E., *et al.* "Optimization of autohydrolysis conditions to extract antioxidant phenolic compounds from spent coffee grounds", **Journal of Food Engineering**, v. 199, p. 1–8, 1 abr. 2017. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2016.11.014. .

BALZANO, M., LOIZZO, M. R., TUNDIS, R., *et al.* "Spent espresso coffee grounds as a source of anti-proliferative and antioxidant compounds", **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 59, 1 jan. 2020. DOI: 10.1016/j.ifset.2019.102254. .

BELAN, L., DE ALMEIDA REGO, F. C., DE CASTRO, F. A. B., *et al.* "Replacing oat hay with coffee husk in the feed of finishing lambs", **Semina: Ciencias Agrarias**, v. 40, n. 4, p. 1653–1662, 1 jul. 2019. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n4p1653. .

BENINCÁ, D. B., DO CARMO, L. B., GRANCIERI, M., *et al.* "Incorporation of spent coffee grounds in muffins: A promising industrial application", **Food Chemistry Advances**, v. 3, 1 dez. 2023. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100329. .

BEVILACQUA, E., CRUZAT, V., SINGH, I., *et al.* **The Potential of Spent Coffee Grounds in Functional Food Development. Nutrients.** [S.l.], MDPI, , 1 fev. 2023

BHANDARKAR, N. S., MOUATT, P., GONCALVES, P., *et al.* "Modulation of gut microbiota by spent coffee grounds attenuates diet-induced metabolic syndrome in rats", **FASEB Journal**, v. 34, n. 3, p. 4783–4797, 1 mar. 2020. DOI: 10.1096/fj.201902416RR. .

BORSCHIVER, S., SILVA, A. L. R. **Technology Roadmap - planejamento estratégico para alinhar mercado-produto-tecnologia.** Rio de Janeiro, RJ, [s.n.], 2016.

BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, R. "Balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana em novilhas leiteiras alimentadas com casca de café em substituição à silagem de milho", v. 36, n. 5, p. 1691–1698, 2007. Disponível em: www.sbz.org.br.

BRESSANI, E. **Guia do barista: Da Origem do Café ao Espresso Perfeito.** 5. ed. São Paulo, SP, Bookman, 2020.

CASTALDO, L., LOMBARDI, S., GASPARI, A., *et al.* "In vitro bioaccessibility and antioxidant activity of polyphenolic compounds from spent coffee grounds-enriched cookies", **Foods**, v. 10, n. 8, 1 ago. 2021. DOI: 10.3390/foods10081837. .

CASTRO, A. C. C. M., ODA, F. B., ALMEIDA-CINCOTTO, M. G. J., *et al.* "Green coffee seed residue: A sustainable source of antioxidant compounds", **Food Chemistry**, v. 246, p. 48–57, 25 abr. 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.10.153. .

CAVANAGH, Q., BROOKS, M. S. L., RUPASINGHE, H. P. V. **Innovative technologies used to convert spent coffee grounds into new food ingredients: Opportunities, challenges, and prospects.** **Future Foods.** [S.l.], Elsevier B.V. , 1 dez. 2023

CHEN, X., DING, J., JI, D., *et al.* "Optimization of ultrasonic-assisted extraction conditions for bioactive components from coffee leaves using the Taguchi design and response surface methodology", **Journal of Food Science**, v. 85, n. 6, p. 1742–1751, 1 jun. 2020. DOI: 10.1111/1750-3841.15111. .

CHOI, Y., RIM, J., LEE, H., *et al.* "Effect of fermented spent instant coffee grounds on milk productivity and blood profiles of lactating dairy cows", **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 7, p. 1007–1014, 2019. DOI: 10.5713/ajas.18.0846. .

CONAB. **Presidente da República Ministro do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar.** . Brasília, DF, [s.n.], jan. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 23 nov. 2024.

DAVIS FLS, A. P., GOVAERTS, R., FLS, D. M. B., *et al.* **An annotated taxonomic conspectus of the genus Coffea (Rubiaceae).** **Botanical Journal of the Linnean Society.**

London, [s.n.], jul. 2006. Disponível em:
<https://academic.oup.com/botlinnean/article/152/4/465/2420564>.

DURÁN, C. A. A., TSUKUI, A., SANTOS, F. K. F., *et al.* "Coffee: General aspects and its use beyond drink", **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 107–134, 1 jan. 2017. DOI: 10.21577/1984-6835.20170010. .

ESQUIVEL, P., JIMÉNEZ, V. M. "Functional properties of coffee and coffee by-products", **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 488–495, maio 2012. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.05.028. .

EUROPEAN COMMISSION. **Horizon 2020: The EU Framework Programme for Research and Innovation.** 2014. Disponível em:
<https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>. Acesso em: 19 dez. 2024.

FRANCA, A. S., OLIVEIRA, L. S. **Potential Uses of Spent Coffee Grounds in the Food Industry. Foods.** [S.l.], MDPI, , 1 jul. 2022

FREITAS, B. F. de, CASTRO, C. S., ALVES, E. L., *et al.* "O USO DOS OPERADORES COMO ESTRATÉGIA DE BUSCA EM REVISÕES DE LITERATURA CIENTÍFICA O uso dos operadores como estratégia de busca em revisões de literatura científica", **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 5, n. 3, jun. 2023. DOI: 10.36557/2674-8169.2023v5n3p652-654. Disponível em: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2023v5n3p652-654>.

HOSEINI, M., COCCO, S., CASUCCI, C., *et al.* "Coffee by-products derived resources. A review", **Biomass and Bioenergy**, v. 148, 7 fev. 2021. DOI: 10.1016/j.biombioe.2021.106009. .

HWANG, H. S., WINKLER-MOSER, J. K., KIM, Y., *et al.* "Antioxidant Activity of Spent Coffee Ground Extracts Toward Soybean Oil and Fish Oil", **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 121, n. 4, 1 abr. 2019. DOI: 10.1002/ejlt.201800372. .

JANISSEN, B., HUYNH, T. **Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review.** *Resources, Conservation and Recycling*. [S.l.], Elsevier B.V. , 2018

KIM, J. H., AHN, D. U., EUN, J. B., *et al.* "Antioxidant effect of extracts from the coffee residue in raw and cooked meat", **Antioxidants**, v. 5, n. 3, 1 set. 2016. DOI: 10.3390/antiox5030021. .

KOREA MINISTRY OF STRATEGY AND FINANCE. "Creative Economy Action Plan", 2016. Disponível em: <https://english.moef.go.kr>. Acesso em: 1 dez. 2024.

KUSUMA, S. B., WULANDARI, S., NURFITRIANI, R. A., *et al.* "The potential solvent for tannin extraction as a feed additive made of coffee husk (Coffea canephora) using Soxhlet Method". 980, 15 fev. 2022. **Anais** [...] [S.l.], IOP Publishing Ltd, 15 fev. 2022. DOI: 10.1088/1755-1315/980/1/012024.

LAVAZZA. HOMEPAGE. Disponível em: <https://www.lavazza.com/en>. [S.d.]. Disponível em: <https://www.lavazza.com/en>. Acesso em: 18 nov. 2024.

MACHADO, E., MUSSATTO, S. I., TEIXEIRA, J., *et al.* "Increasing the sustainability of the coffee agro-industry: Spent coffee grounds as a source of new beverages", **Beverages**, v. 4, n. 4, 1 dez. 2018. DOI: 10.3390/beverages4040105. .

MARTINS, A. L. **História do café**. São Paulo, [s.n.], 2012.

MAZZAFERA, P., CARVALHO, A. **Breeding for low seed caffeine content of coffee (Coffea L.) by interspecific hybridization.** *Euphytica*. Netherlands, [s.n.], 24 jan. 1992.

MURTHY, P. S., MADHAVA NAIDU, M. **Sustainable management of coffee industry by-products and value addition - A review.** *Resources, Conservation and Recycling*. [S.l: s.n.], set. 2012

NGUYEN, V. H. T., M.N, P., LEE, D. W., *et al.* "Films derived from thermoplastic starch/alginate/spent coffee grounds for food packaging applications", **Journal of Polymer Research**, v. 30, n. 6, 1 jun. 2023. DOI: 10.1007/s10965-023-03565-1. .

NONTHAKAEW, A., MATAN, N., AEWSIRI, T., *et al.* "Antifungal Activity of Crude Extracts of Coffee and Spent Coffee Ground on Areca Palm Leaf Sheath (Areca catechu) Based Food Packaging", **Packaging Technology and Science**, v. 28, n. 7, p. 633–645, 1 jul. 2015. DOI: 10.1002/pts.2132. .

OIC, ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. "Relatório sobre o mercado de café", out. 2023. Disponível em: <http://www.icocoffee.org/>. Acesso em: 23 nov. 2024.

OLIVEIRA BATISTA, J., CAR CORDEIRO, C., KLOSOSKI, S. J., *et al.* "Spent Coffee Grounds Improve the Nutritional Value and Technological Properties of Gluten-free Cookies", **Journal of Culinary Science and Technology**, v. 21, n. 6, p. 994–1004, 2023. DOI: 10.1080/15428052.2022.2026266. .

ONU. **Relatório Anual 2021.** . [S.l: s.n.], 2021.

OSEGUERA-CASTRO, K. Y., MADRID, J. A., MARTÍNEZ MADRID, M. J., *et al.* "Antioxidant dietary fiber isolated from spent coffee (*Coffea arabica* L.) grounds improves chronotype and circadian locomotor activity in young adults", **Food and Function**, v. 10, n. 8, p. 4546–4556, 1 ago. 2019. DOI: 10.1039/c9fo01021a. .

PANUSA, A., ZUORRO, A., LAVECCHIA, R., *et al.* "Recovery of natural antioxidants from spent coffee grounds", **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 17, p. 4162–4168, 1 maio 2013. DOI: 10.1021/jf4005719. .

PETTINATO, M., BOLLA, M., CAMPARDELLI, R., *et al.* "Potential Use of PLA-Based Films Loaded with Antioxidant Agents from Spent Coffee Grounds for Preservation of Refrigerated Foods", **Foods**, v. 12, n. 22, 1 nov. 2023. DOI: 10.3390/foods12224167. .

PIRES, E. A., RIBEIRO, N. M., QUINTELLA, C. M. "Sistemas de Busca de Patentes: análise comparativa entre Espacenet, Patentscope, Google Patents, Lens, Derwent Innovation Index e Orbit Intelligence", **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 1, p. 13, 27 mar. 2020a. DOI: 10.9771/cp.v13i1.35147. .

PIRES, E. A., RIBEIRO, N. M., QUINTELLA, C. M. "Sistemas de Busca de Patentes: análise comparativa entre Espacenet, Patentscope, Google Patents, Lens, Derwent Innovation Index e Orbit Intelligence", **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 1, p. 13, 27 mar. 2020b. DOI: 10.9771/cp.v13i1.35147. .

PRIOLLI, R. H. G., MAZZAFERA, P., SIQUEIRA, W. J., *et al.* **Caffeine inheritance in interspecific hybrids of Coffea arabica x Coffea canephora (Gentianales, Rubiaceae)**. . [S.l: s.n.], 2008. Disponível em: www.sbg.org.br.

ROMANO, R., DE LUCA, L., BASILE, G., *et al.* "The Use of Carbon Dioxide as a Green Approach to Recover Bioactive Compounds from Spent Coffee Grounds", **Foods**, v. 12, n. 10, 1 maio 2023. DOI: 10.3390/foods12101958. .

SAN MARTIN, D., IBARRURI, J., LUENGO, N., *et al.* "Evaluation of Valorisation Strategies to Improve Spent Coffee Grounds' Nutritional Value as an Ingredient for Ruminants' Diets", **Animals**, v. 13, n. 9, 1 maio 2023. DOI: 10.3390/ani13091477. .

SANTOS, É. M. dos, MACEDO, L. M. de, TUNDISI, L. L., *et al.* "Coffee by-products in topical formulations: A review", **Trends in Food Science and Technology**, v. 111, p. 280–291, 1 maio 2021. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.064. .

SEO, J., JUNG, J. K., SEO, S. "Evaluation of nutritional and economic feed values of spent coffee grounds and Artemisia princeps residues as a ruminant feed using in vitro ruminal fermentation", **PeerJ**, v. 2015, n. 10, 2015. DOI: 10.7717/peerj.1343. .

SEVERINI, C., CAPORIZZI, R., FIORE, A. G., *et al.* "Reuse of spent espresso coffee as sustainable source of fibre and antioxidants. A map on functional, microstructure and sensory effects of novel enriched muffins", **LWT**, v. 119, 1 fev. 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108877. .

SEVERINI, C., DEROSSI, A., FIORE, A. G. "Ultrasound-assisted extraction to improve the recovery of phenols and antioxidants from spent espresso coffee ground: a study by response surface methodology and desirability approach", **European Food Research and Technology**, v. 243, n. 5, p. 835–847, 1 maio 2017. DOI: 10.1007/s00217-016-2797-7. .

SOARES, L. de S., MORIS, V. A. da S., YAMAJI, F. M., *et al.* "Use of waste coffee grounds and sawdust in briquettes molding and evaluation of properties", **Revista Materia**, v. 20, n. 2, p. 550–560, 8 jul. 2015. DOI: 10.1590/S1517-707620150002.0055. .

SOARES, M., CHRISTEN, P., PANDEY, A., *et al.* **Fruity flavour production by Ceratocystis fimbriata grown on coffee husk in solid-state fermentation. Process Biochemistry**. [S.l: s.n.], 2000. Disponível em: www.elsevier.com/locate/procbio.

SUDARMAN, A., LISTIAWAN, G. B., KHODIJAH, L. "The Use of Coffee Husk as Napier Grass Substitution and Its Effect on Madura Cattle Performance", **Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner**, v. 24, n. 4, p. 166, 31 dez. 2019. DOI: 10.14334/jitv.v24i4.2006. .

TAVARES, A. S., BORSCHIVER, S. "Elaboração de Roadmap Tecnológico e de Modelo de Negócios de Economia Circular", **Cadernos de Prospecção**, v. 14, p. 810–823, 22 set. 2021. DOI: 10.9771/cp.v14i3.39052. .

TEIXEIRA, L. P. "Prospecção Tecnológica: importância, métodos e experiências da Embrapa Cerrados", **Embrapa Cerrados**, 2013. Disponível em: http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/versaomodelo/html/2013/doc/doc_317.shtml.

TINÔCO, D., BORSCHIVER, S., COUTINHO, P. L., *et al.* "Technological development of the bio-based 2,3-butanediol process", **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 15, n. 2, p. 357–376, 1 mar. 2021. DOI: 10.1002/bbb.2173. .

TORRES, G. A. L., CAMPOS, C. N., SALOMON, M. V., *et al.* "Coffea arabica L: History, phenology and climatic aptitude of the state of São Paulo, Brazil", **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 88, p. 1–12, 2021. DOI: 10.1590/1808-1657000602020. .

UNEP. **Líderes mundiais se reúnem no maior fórum ambiental da ONU para discutir políticas e soluções inovadoras visando o consumo e a produção sustentáveis.** . [S.l: s.n.], 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/press-release/lideres-mundiais-se-reunem-no-maior-forum-ambiental-da-onu>. Acesso em: 1 dez. 2024.

USDA, U. S. D. of A. **Coffee: World Markets and Trade**. . [S.l: s.n.], jun. 2024. Disponível em: <https://public.govdelivery.com/accounts/USDAFAS/subscriber/new>.

USPTO. **Performance and Accountability Report 2021.** . Alexandria, VA, [s.n.], 2021. Disponível em: <https://www.uspto.gov/about-us/performance-and-planning>. Acesso em: 31 mar. 2024.

VEGRO, C. L. R., CARVALHO, F. C. de. **DISPONIBILIDADE E UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSAMENTO AGROINDUSTRIAL DO CAFÉ.** 1994.

VU, D. C., VU, Q. T., HUYNH, L., *et al.* "Evaluation of fatty acids, phenolics and bioactivities of spent coffee grounds prepared from Vietnamese coffee", **International Journal of Food Properties**, v. 24, n. 1, p. 1548–1558, 2021. DOI: 10.1080/10942912.2021.1977657.

WEF. **Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation?** . Geneva, [s.n.], 2020. Disponível em: Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/global-innovation-index-2020>. Acesso em: 1 dez. 2024.

WIPO. **Relatório sobre Indicadores Mundiais de Propriedade Intelectual: Recorde no número de pedidos de patentes depositados em todo o mundo em 2022.** . Genebra, [s.n.], 2023. Disponível em: https://www.wipo.int/pressroom/pt/articles/2023/article_0013.html. Acesso em: 1 dez. 2024.

WISEMAN, J. A NOTE ON THE NUTRITIVE VALUE OF DRIED INSTANT COFFEE RESIDUE FOR BROILER CHICKENS AND TURKEY POULTS. *Animal Feed Science and Technology*. [S.l: s.n.], 1984.