



LUCIANA DE BIASI GUIMARÃES SERAPIÃO

**A INFLUÊNCIA DO PROCESSO FERMENTATIVO NA
QUALIDADE DO CAFÉ: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

**LAVRAS - MG
2023**

LUCIANA DE BIASI GUIMARÃES SERAPIÃO

**A INFLUÊNCIA DO PROCESSO FERMENTATIVO NA QUALIDADE DO CAFÉ:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Engenharia de
Alimentos, para a obtenção do título de
Bacharel.

Prof(a). Dr(a). Roberta Hilsdorf Piccoli
Orientadora

Matheus de Souza Cruz
Coorientador

**LAVRAS - MG
2023**

LUCIANA DE BIASI GUIMARÃES SERAPIÃO

**A INFLUÊNCIA DO PROCESSO FERMENTATIVO NA QUALIDADE DO CAFÉ:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

**THE INFLUENCE OF THE FERMENTATION PROCESS ON COFFEE QUALITY:
A SYSTEMATIC REVIEW**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Engenharia de
Alimentos, para a obtenção do título de
Bacharel.

Aprovado em 08 de dezembro de 2023.
Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli DCA/UFLA
Msc. Matheus de Souza Cruz DCA/UFLA
Dra. Michelle Carlota Gonçalves DCA/UFLA

Prof(a). Dr(a). Roberta Hilsdorf Piccoli
Orientadora

Matheus de Souza Cruz
Coorientador

**LAVRAS - MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela minha vida e por ter conseguido enfrentar todas as dificuldades até aqui.

A minha família que sempre me apoiou e me incentivou, principalmente a minha mãe Fernanda que é meu porto seguro e minha inspiração. Ao meu irmão Antônio e ao meu avô José Carlos que sempre estiveram presentes e torcendo por mim.

Ao meu namorado João Pedro por todo companheirismo, amor e cuidado durante esses anos.

A todas as amigas que fiz durante os anos de graduação, principalmente as que estão ao meu lado desde o início, eu não teria conseguido sem vocês!

As minhas companheiras de república que se tornaram uma família, em especial a Thalyta que me acolheu quando mais precisei e se fez presente em momentos difíceis.

As amigas de São Sebastião do Rio Verde, Débora, Maria Júlia e Natalie, agradeço pelo companheirismo, carinho e compreensão.

Ao PET Engenharia de Alimentos por tudo que vivi e aprendi ao lado de pessoas incríveis.

Ao Matheus Cruz, sou muito grata pela disponibilidade e paciência que teve comigo para a realização deste trabalho!

Aos professores do Departamento de Ciências dos Alimentos por todo conhecimento compartilhado, em especial a minha orientadora Roberta Hilsdorf Piccoli, por ter me orientado neste trabalho e por ter despertado meu interesse em microbiologia!

Agradeço a Universidade Federal de Lavras, pelo aprendizado e pela oportunidade de viver experiências inexplicáveis!

RESUMO

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo, sendo um dos maiores *commodities* do Brasil. Duas espécies predominam no mercado mundial: *Coffea arabica* (arábica) e *Coffea canephora* robusta. A qualidade da bebida café, que se individualiza pelo sabor e aroma, é influenciada por fatores durante o manejo da cultura que resultam na fórmula final da qualidade do produto. Nos últimos anos, ocorreu um aumento no interesse pela fermentação que ocorre durante o processamento dos grãos de café, por elevar a qualidade da bebida do café e aumentar seu valor comercial. Este trabalho teve como objetivo levantar as principais informações a respeito da fermentação em grãos de café e como promovem uma melhoria na qualidade da bebida do café, a partir de microrganismos espontâneos ao uso de culturas *starters*. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, nas plataformas Google Acadêmico e SciELO, utilizando as palavras-chaves: “café”, “fermentação”, “qualidade” e “bebida”. Foram analisados 18 artigos para o estudo, português e inglês, realizados no Brasil. A revisão sistemática demonstrou que a utilização de processos fermentativos promove melhorias na qualidade da bebida do café, elevando as notas globais e sensoriais. Os trabalhos com uso de fermentação no processamento do café são recentes quando comparados a outras aplicações da fermentação, o que sugere a necessidade de mais estudos para compreensão dos processos envolvidos a fim de promover melhorias para a cafeicultura.

Palavras-chave: Fermentação. Leveduras. Bactérias lácticas. Microrganismos espontâneos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO	9
2.1 Objetivo geral	9
2.2 Objetivos específicos	9
3. REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1 Origem e história do café no Brasil	10
3.2 Produção do café	11
3.3 Composição química e qualidade da bebida café	12
3.4 Processamento do café e o uso da fermentação	16
3.5 A fermentação no processamento do café	19
3.6 Microrganismos utilizados no processo fermentativo do café	20
4. METODOLOGIA	22
4.1 Elaboração da pergunta	22
4.2 Coleta de dados	22
4.3 Critérios de seleção	22
4.4 Análise dos artigos selecionados	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 Tipo de fermentação	28
5.2 Tipo de café	28
5.3 Análise sensorial	28
5.4 Principais microrganismos utilizados no processo de fermentação	29
5.5 Tempo de fermentação	29
5.6 Efeito da fermentação na qualidade do café	30
6. CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas não alcoólicas mais consumidas no mundo, sendo um dos maiores commodities do Brasil. Entre suas espécies, duas lideram no mercado mundial: *Coffea arabica* (arábica) e *Coffea canephora* (robusta ou conilon) (FREITAS, 2018; KALSCHNE *et al.*, 2018).

Segundo dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (BRASIL, 2023), o Brasil responde por cerca de um terço da produção do café mundial. Por mais de 150 anos o *status* de maior produtor do mundo se mantém. Sendo assim, com toda a história do café e o sucesso da produção do grão, o país solidificou-se no mercado mundial cafeeiro, isso gerou grande responsabilidade em manter a qualidade e investimentos em melhorias para benefício do grão.

A qualidade da bebida café, que se individualiza pelo sabor e aroma, é influenciada por fatores pré e pós-colheita que garantem a fórmula final da qualidade do produto. Dentre os fatores pré-colheita destacam-se a espécie, as variedades do grão, o local do cultivo, a maturação, a incidência de microrganismos e os efeitos das adubações. Em relação aos fatores de pós-colheita, destacam-se as fermentações enzimáticas e microbianas, os processos de armazenamento do café beneficiado, os *blends* (misturas de grãos arábica e canefora) e a torração dos grãos (CHALFOUN; FERNANDES, 2013).

Há três formas distintas de realizar a fermentação do café. Por via seca, também denominada de café natural, via úmida (descascado e desmucilado) e via semisseca (despolpado) (BRESSANI, 2017). Independentemente da fermentação realizada, irá ocorrer alterações físico-químicas nos grãos, tais como redução no teor de água e açúcares e a formação de precursores de aroma e de sabor (VAAST *et al.*, 2005).

Para a *Specialty Coffee Association of America* (SCAA), um café considerado especial deve ser cultivado em regiões e climas ideais, além de apresentar aromas e sabores característicos sem a presença de defeitos. Assim, a produção dos cafés especiais necessita de um trabalho conjunto e harmonioso de toda a cadeia de produção, uma vez que a qualidade do café é moldada desde o plantio até os processamentos pós-colheita (PEREIRA, L. *et al.*, 2019).

Nos últimos anos, ocorreu um aumento no interesse pela fermentação que ocorre durante o processamento dos grãos de café, por proporcionar melhorias na qualidade da bebida, resultando na elevação da pontuação como café especial e no incremento dos valores comerciais do grão. Diante disso, este trabalho tem como objetivo levantar as principais

informações a respeito da fermentação em grãos de café e como promovem uma melhoria na qualidade da bebida do café, a partir de microrganismos espontâneos ao uso de culturas *starters*.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo analisar a influência do processo fermentativo na qualidade da bebida do café, através de uma revisão sistemática com base em dados da literatura.

2.2 Objetivos específicos

Realizar uma revisão sistemática a fim de:

- a) levantar as principais informações a respeito da origem e história do café;
- b) apresentar as etapas do processo de produção do café;
- c) identificar como a fermentação pode promover uma melhoria na qualidade da bebida do café;
- d) exemplificar os efeitos da fermentação nos grãos a partir de microrganismos espontâneos ao uso de culturas *starters*.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Origem e história do café no Brasil

Desde que as cabras da região da Etiópia, comeram os frutos amarelo-avermelhados de uma planta desconhecida, o café vem invadindo as civilizações, recebendo preparativos diversos para atender a variedade de gostos e se adaptar às diferentes culturas regionais. Os etíopes alimentavam-se do fruto do cafeeiro, de sua polpa doce, a qual era macerada ou misturada em banha nas refeições. Desde o início do consumo do café, ele é conhecido por sua propriedade estimulante, a qual é benéfica se consumida com moderação (ABIC, 2021).

De acordo com Pereira (2017) e Ukers (1935), porém existem relatos científicos que apontam que a origem do café se deu na Abissínia, e que os Árabes foram os responsáveis pela descoberta e propagação do cafeeiro pelo mundo, induzindo sua produção e consumo. Dessa forma, contradizem a crença na lenda mitológica de Kaldi, de que o café teve sua origem na África.

A origem da planta no território brasileiro ocorreu no ano de 1727, as primeiras mudas de café foram trazidas da Guiana Francesa por Francisco de Mello Palheta, um militar luso-brasileiro. A planta se adaptou ao clima tropical e logo ganhou destaque na economia nacional (UKERS, 1935). No Brasil, o café teve grande importância para o desenvolvimento socioeconômico, com a queda nas exportações de alguns produtos que sustentavam a economia brasileira como a cana de açúcar, o algodão e o cacau, encontrou-se no café uma oportunidade de sucesso.

O cultivo do café no Brasil teve início na cidade de Belém do Pará e expandiu-se para os estados vizinhos em pequenas lavouras. No ano de 1774, o café foi levado do Nordeste para o Rio de Janeiro, então, os cafezais foram ganhando cada vez mais espaço na região sudeste do país. Ao chegar no Vale do Paraíba, por volta de 1820, houve a grande expansão dos cafezais, a região de “terra roxa” proporcionou um grande crescimento das plantações, com isso, o café predominou nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo e Paraná (MATIELLO *et al.*, 2005).

Com a expansão da cafeicultura, a região Sudeste tornou-se o principal centro econômico e político do Brasil. Consequentemente, os lucros obtidos nesse período auxiliaram no desenvolvimento industrial da região (SILVA, 1976). O elemento principal do país durante o século XIX foi o café. A bebida já era apreciada mundialmente e o Brasil tinha destaque nesse mercado (PEREIRA, 2017; SIMONSEN, 2005).

3.2 Produção do café

O café pertence à família *Rubiaceae*, a produção de grãos se origina do gênero *Coffea* que possui mais de 100 espécies descritas. No entanto, duas variedades de café predominam no mercado mundial, são elas o *Coffea arabica* (arábica) e *C. canephora* (robusta ou conilon), essas são responsáveis por quase todo café produzido e consumido no mundo (DAVIS *et al.*, 2011; APARECIDO, 2021).

O café arábica apresenta grãos com coloração esverdeada, aromas finos e requintados e diversidade em sabores, o que representa uma maior qualidade sensorial (ROSSETTI, 2007), quando comparado ao café robusta, o qual possui um sabor amargo e adstringente, um nível maior de cafeína e sólidos solúveis, além de uma baixa acidez (BORÉM; REINATO, 2006; RUBAYIZA; MEURENS, 2005).

Figura 1 - Grãos de café arábica e grãos de café robusta.



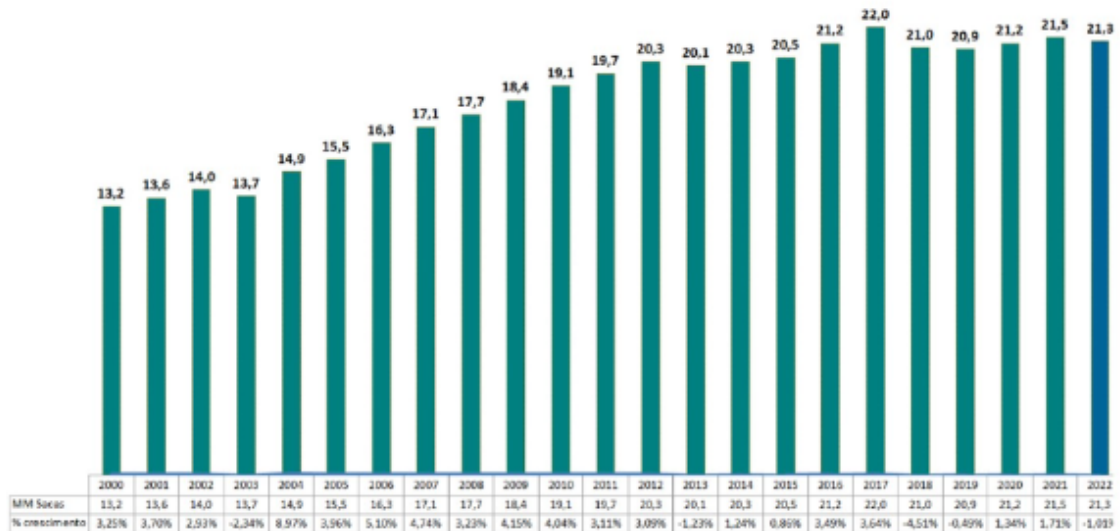
Fonte: Agnoletti *et al.*, (2019).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023), atualmente, a área destinada à cafeicultura (arábica e conilon) no Brasil é de 2,26 milhões de hectares e a produção brasileira de café pode atingir 54,94 milhões de sacas do grão beneficiado. Além de ser o maior produtor e exportador de café do mundo, o Brasil ainda é o segundo maior consumidor da bebida.

No Gráfico 1 pode-se observar a evolução do consumo interno de café no Brasil, segundo a Associação Brasileira de Indústria de Café (ABIC, 2022). Os dados são do período de novembro de 2021 até outubro de 2022, assim, foram consumidas 21,3 milhões de sacas, houve uma queda de 1,01% em relação ao mesmo período do ano anterior. O volume de sacas

consumidas no Brasil representa 41,8% da safra de 2022, que foi de 50,9 milhões de sacas, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a partir desses dados o Brasil se destaca como o maior consumidor dos cafés nacionais.

Gráfico 1 - Evolução do consumo interno de café no Brasil (milhões de sacas/ano).



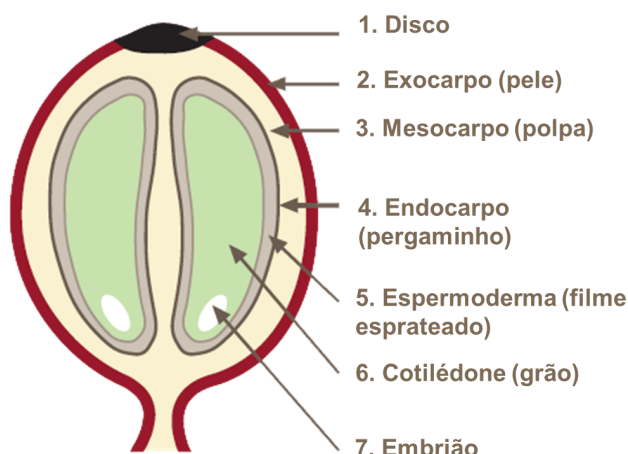
Fonte: ABIC (2022).

A produção de cafés especiais vem ganhando destaque nos últimos anos, esta pode ser vantajosa, pois promove uma maior valorização do café, já que o preço do café é influenciado por essa classificação. Atualmente, a classificação é a principal forma de avaliação no mercado mundial, os cafés especiais podem ser comercializados por US\$ 20/kg, enquanto o café commodity em grão apenas US\$ 2,5/kg. (FERREIRA *et al.*, 2023).

3.3 Composição química e qualidade da bebida café

Os frutos do café são formados por seis partes principais, são elas: o embrião, a casca (epicarpo), a polpa (endocarpo/pergaminho), a mucilagem (mesocarpo), a película prateada (espermoderma) e a semente (endosperma) (VILELA, 2011). O café possui em sua composição carboidratos, óleos, proteínas e ácidos. Diversos fatores podem influenciar essa composição, entre eles as etapas de colheita e pós colheita, o processamento, a altitude, o clima, a umidade e a variedade do café (CARVALHO; CHAGAS, 1997).

Figura 2 - Esquema do fruto do café.



Fonte: Brasil (2020).

O sabor e aroma da bebida café resulta de uma complexa combinação com vários constituintes químicos voláteis e não voláteis, como: ácidos, aldeídos, cetonas, açúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, compostos fenólicos e a ação de enzimas que podem gerar reações e compostos que interferem no sabor final na prova de xícara (CHALFOUN; FERNANDES, 2013). Na Tabela 1 são descritos os principais componentes químicos presentes no café.

Tabela 1 - Composição química de grãos de café arábica e robusta (g/100 g) após a colheita.

COMPONENTES		GRÃOS DE CAFÉ (g/100 g)	
		ARÁBICA	ROBUSTA
Macronutrientes	Carboidratos solúveis	9 – 12,5	6 – 11,5
	Proteína	9,8	9,5
	Lipídeos	16,5	10
	Água	8 – 12	8 – 12
	Fibras	46 – 53	35 – 44
Micronutrientes	Minerais	4,2	4,4
Ácidos e Fenóis	Ácidos Quínicos	0,4	0,4
	Ácido Clorogênico	6,5	10
	Ácidos alifáticos não voláteis	2 – 2,9	1,3 – 2,2
Outros compostos bioativos	Aminas bioativas	0,011	0,002
	Cafeína	0,8 – 1,4	1,7 – 4
	Caveol	0,7 – 1,1	n.d.
	Trigonelina	0,6 – 1,2	0,3 – 0,9

Legenda: n.d. – não detectado.

Fonte: Adaptado de Wu *et al.* (2022).

Além disso, é importante ressaltar que o fruto do café é considerado um produto essencialmente de *terroir*, ou seja, é o resultado dos recursos e condições ambientais do local que se encontra inserido, como temperatura, umidade, altitude, latitude, radiação solar, água e solo, fatores genéticos, microbioma do solo, da planta e do fruto, fatores tecnológicos como a fertilidade do solo, controle de pragas e doenças, métodos de manejo, tecnologias de pós-colheita, processos de fermentação, secagem e armazenamento, conservação e o controle de qualidade dos grãos. Cada um destes fatores pode influenciar individualmente a qualidade da bebida na xícara (BRESSANI *et al.* 2021a).

A saber, para um lote de café ser classificado como especial, os grãos passam por avaliações que seguem o método de classificação SCA (*Specialty Coffee Association*), em que devem passar por três inspeções: 1) avaliação dos grãos crus, 2) avaliação dos grãos torrados, e 3) avaliação sensorial (SCA, 2021). As avaliações sensoriais são um dos parâmetros essenciais a serem avaliados pela degustação da bebida, que leva em consideração diversos atributos sensoriais, como: a fragrância e o aroma, a uniformidade, a ausência de defeitos (fermentações indesejáveis, amargor indesejável), a doçura, o sabor, a acidez, o corpo, o equilíbrio (interação entre sabor, corpo e acidez) e uma avaliação geral (SCA, 2021; COSTA, 2020). Ao final, são considerados 110 sabores que variam dos desejáveis (frutados, florais, nozes, cacau, cítricos, especiarias, outros) aos indesejáveis (queimado, mofado, papel, outros).

Figura 3 - Planilha de avaliação sensorial “SCAA”.

AValiação Sensorial de Café

Nome: _____
Data: _____

Qualidade do Café

95 - *Exceptional* 75 - *Muito Bom*
 90 - *Bom* 70 - *Bom*
 80 - *Especial* 65 - *Bom*

Amostra No	Fragrância Aroma	Uniformi- dade	Ausência Defeitos	Doçura	Sabor	Acidez	Corpo	Finalização	Equilíbrio	Final	Total
Ponto de Torra	Seco	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Quebra										
	10										
	9										
	8										
	7										
	6										
Notas:											
		2 pontos-xícara	2 pontos-xícara	2 pontos-xícara		Intensidade Baixa Alta HHH	Nível Diluído Dens HHH				Defeitos (subtrair) Leve=2 Forte=4 Qtd Intensd [] X [] = [] Pontuação Final []

Fonte: SCAA (2009).

Segundo a *Specialty Coffee Association of America* (SCAA), para um café ser considerado especial ele deve ser cultivado em regiões e climas ideais, além de apresentar aromas e sabores característicos com ausência de grãos com impurezas e defeitos (grãos pretos, verdes, ardidos e quebrados), a bebida deve ser limpa e doce, corpo e acidez equilibrados, que qualificam sua bebida acima dos 80 pontos na análise sensorial realizada

por analistas certificados (FIGURA 4) (BRESSANI *et al.* 2021b; CRUZ, 2023). Segundo Brito e Silva (2021) os cafés especiais diferenciam-se por um alto padrão de qualidade, nos cuidados durante a colheita, os aspectos dos grãos, no tipo de preparo, na origem dos plantios, as cultivares e a história. Podem também incluir parâmetros que diferenciam e se relacionem à sustentabilidade econômica, ambiental e social da produção, de modo a promover maior equidade entre os elos da cadeia produtiva.

Figura 4 - Classificação dos tipos de café após avaliação dos parâmetros de qualidade da bebida de café seguindo os critérios da *Specialty Coffee Association of America*.



Fonte: SCAA (2009).

De acordo com a Instrução Normativa N° 8 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003), um café classificado como estritamente mole é aquele que apresenta, em conjunto, todos os requisitos de aroma e sabor “mole”, porém mais acentuado; um café classificado como mole é o que apresenta aroma e sabor agradável, brando e adocicado; um café classificado como apenas mole apresenta sabor levemente doce e suave, mas sem adstringência ou aspereza de paladar; já o café classificado como duro apresenta sabor acre, adstringente e áspero, todavia, sem paladares estranhos.

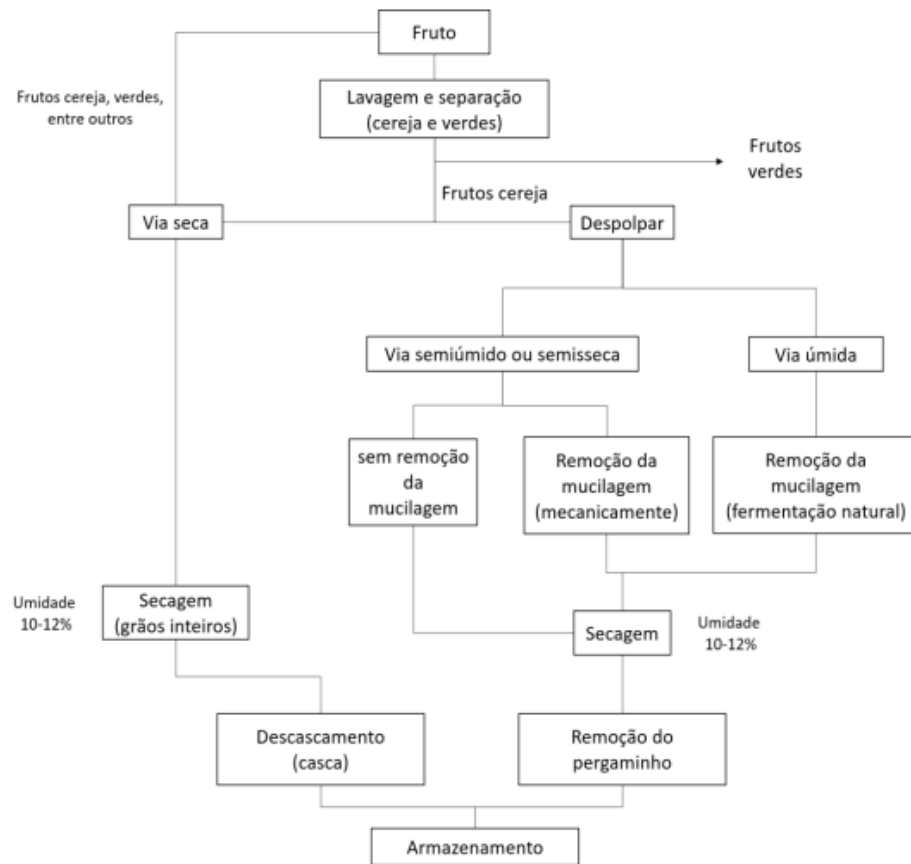
3.4 Processamento do café e o uso da fermentação

O processamento do café começa logo após a colheita dos frutos, com o objetivo de converter os frutos do café em grãos verdes. Esse processo reduz a umidade da fruta e remove as coberturas protetoras externas (casca, polpa, mucilagem e pele) ao redor do par de grãos para torná-los mais estáveis e adequados para armazenamento, transporte e processo de torrefação (HAMEED *et al.*, 2018).

Sabe-se que o método de processamento do café influencia os fatores metabólicos endógenos no fruto do café e os fatores exógenos, como a ecologia microbiana e as condições de fermentação, resultando em alterações na composição bioquímica do café (LEE *et al.*, 2015; PEREIRA *et al.*, 2021). Portanto, o tipo de processamento tem forte influência na qualidade do café, desde mudanças nos sabores e aromas do café até a taxa de dominância desses atributos na bebida final. O tipo de processamento empregado depende da área de produção, da infraestrutura da fazenda, das condições climáticas, do solo e das características genéticas das diferentes variedades de cultivares implantadas em cada propriedade (FERREIRA *et al.*, 2023).

Segundo Chalfoun e Fernandes (2013) o processamento ou fermentação possui a finalidade de remoção da mucilagem para reduzir o conteúdo de água até alcançar umidade entre 10% e 12% e deve ser realizado após a colheita para evitar fermentações indesejáveis que estimulam a produção de ácidos butírico e propiônico, onde comprometem a qualidade da semente.

Figura 5 - Fluxograma do processamento pós-colheita do café.



Fonte: Durán *et al.* (2017).

No mercado internacional, o café é classificado de acordo com a tecnologia de processamento pós-colheita usado, sendo o 'café natural', produzido a partir de grãos de café processados na fazenda pelo método simples de secagem ao sol, conhecido como processamento por via seca; e o "café lavado", produzido a partir de grãos de café que passam por uma série relativamente complexa de etapas, incluindo despulpamento, fermentação e secagem ao sol, conhecido como processamento por via úmida. E um método alternativo, conhecido como processamento semisseco, as cerejas despulpadas são secas ao sol e moídas para liberar os grãos verdes. O café originado do processamento semisseco é denominado "natural descascado" (VALE, 2019).

No processamento por via seca, os frutos são secos com todas as partes que os constituem, dando origem aos cafés denominados coco, de terreiro ou natural (ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012; SILVA *et al.*, 2013). Ribeiro (2018) esclarece que este método é o mais antigo e simples de processamento do café, sendo que este processamento implica que o fruto do café seja seco íntegro (polpa, pergaminho e grão). Nos países como Brasil, Etiópia, Haiti,

Indonésia, Paraguai, Índia e Equador em que as chuvas são escassas, com longos períodos de estiagem e sol utilizam este método em 95% do café arábica (HAMEED *et al.*, 2018). A qualidade dos cafés produzidos através da via seca requer condições naturais favoráveis, como a temperatura, umidade, precipitações além dos detalhes que possibilitam um bom manejo de processamento (BRITO; SILVA, 2021).

O processamento por via úmida é muito utilizado para o café arábica na Colômbia, América Central e no Havaí, neste tipo de processamento ocorre a retirada total da casca e da polpa, e a remoção parcial da mucilagem. As sementes são submetidas ao processo de fermentação realizado em tanques com grandes volumes de água para a retirada do restante da mucilagem que ficou aderida ao pergaminho. São necessárias etapas de lavagem, despulpamento, fermentação (eliminação da mucilagem), lavagem e secagem em terreiro e/ou secadores rotativos. A mucilagem residual é degradada através da fermentação, que geralmente ocorre em até 48 horas (HAMEED *et al.*, 2018; BRITO; SILVA, 2021). Segundo Vale (2019) a limitação na fermentação úmida é que no campo o processo ocorre em tanques abertos de cimento facilitando a contaminação por uma microbiota natural não desejada.

O processamento semiseco se originou no Brasil nos anos 90. A utilização do café cereja despulpado foi uma alternativa para resolver o problema da mistura de frutos maduros e imaturos encontrados no processamento natural e agilizar a etapa de secagem. O processamento semiseco visa a separação de cafés cereja maduros dos imaturos quando não é feita a colheita seletiva. Os frutos de café são despulpados e a fermentação ocorre diretamente sob o sol em terreiro e/ou secadores. Os frutos são descascados e a mucilagem pode ou não ser removida. O resultado deste processo consiste em uma bebida com corpo mais acentuado e perfil sensorial semelhante a fermentação natural (BRITO; SILVA, 2021).

Segundo Ferreira *et al.* (2023) a etapa de fermentação pode ser considerada uma etapa independente, pois as etapas que envolvem o processamento do café incluem colheita, limpeza e separação, tratamento do café, fermentação e secagem. A primeira etapa é a colheita, que pode ser realizada manualmente ou mecanicamente. Após a colheita, os frutos do café podem ser lavados e separados das impurezas (pau, pedras e folhas). Como existem diferenças no nível de maturidade dos frutos de café de um mesmo cafeeiro, utiliza-se o processo de lavagem para separá-los de acordo com o estágio de maturação com base na densidade dos frutos (imaturos, cerejas e uvas-passas/passas). Depois disso, cada tipo de fruto do café é processado separadamente, pois a seleção do nível adequado de maturidade cereja é importante para a qualidade do processo de fabricação do café. Na etapa seguinte, o café pode ser utilizado de três formas diferentes. Uma delas são as frutas inteiras, que são chamadas de

café natural. As outras formas são o café descascado e o café desmucilado, que são obtidos após dois tratamentos diferentes. A remoção mecânica da casca e parte da mucilagem dá origem ao café despulpado, e a remoção de toda a mucilagem por lavagem do café despulpado dá origem ao café desmucilado.

No passado, a fermentação era considerada apenas no processamento úmido (LEE *et al.*, 2015). Como os frutos do café são ricos em umidade e açúcares, principalmente na mucilagem, é possível afirmar que todos os frutos do café passarão por algum processo de fermentação, dada a ação de microrganismos epifíticos junto com o processamento (PEREIRA *et al.*, 2021). Devido à alta disponibilidade do substrato a fermentação pode ocorrer simultaneamente com a secagem ou na fermentação induzida, feita antes da secagem em etapa separada.

3.5 A fermentação no processamento do café

A fermentação é o processo catabólico de oxidação de substâncias orgânicas, principalmente açúcares, que são transformados em energia e compostos mais simples como etanol, ácido acético, ácido lático e ácido butírico, por bactérias e leveduras (PEREIRA *et al.*, 2021). No processamento do café, a palavra “fermentação” foi generalizada para todo metabolismo microbiano que ocorre durante o processamento usando o mesocarpo como fonte de energia. A fermentação dos frutos do café ocorre naturalmente independentemente do método de processamento e é um processo complexo que envolve o desenvolvimento de diferentes microrganismos que podem melhorar ou reduzir a qualidade do café (FERREIRA *et al.*, 2023). O objetivo inicial da fermentação é remover a camada mucilagínosa, que é rica em polissacarídeos (pectina) (VALE *et al.*, 2019; PEREIRA, G. *et al.*, 2019), e pode ser usada para modificar a composição dos grãos de café e desenvolver precursores de sabor (LEE *et al.*, 2015).

Os microrganismos naturais do café são chamados de epífitos e são principalmente mesófilos, pois o processo é conduzido à temperatura ambiente, principalmente em países tropicais (BASTIAN *et al.*, 2021). A diversidade de comunidades microbianas encontradas no café durante o processamento pós-colheita é influenciada pelo método de processamento aplicado que podem favorecer o desenvolvimento dos microrganismos desde a colheita até a secagem (FERREIRA *et al.*, 2023). Além disso, os frutos do café fornecem substratos para o desenvolvimento de bactérias, leveduras e fungos filamentosos, fornecendo-lhes fontes de

carbono e nitrogênio, pois possuem perda de celulose, hemicelulose, pectina, açúcares redutores, sacarose, amido, óleos, proteínas, ácidos e cafeína (PEREIRA *et al.*, 2021).

Durante a fermentação, os microrganismos podem produzir diferentes enzimas e utilizar diferentes compostos para sobreviver: polissacarídeos são hidrolisados em açúcares simples e usados para produzir álcool, manitol, glicerol e ácidos; as proteínas são hidrolisadas em aminoácidos e podem ser metabolizadas em álcoois fúsel, aldeídos, compostos sulfurosos; os lipídios são hidrolisados em ácidos graxos e podem formar metabólitos secundários como ésteres, metil cetonas, álcoois e lactonas; os ácidos clorogênicos podem ser hidrolisados em ácidos fenólicos (FERREIRA *et al.*, 2023; BRAGA *et al.*, 2023). Por fim, o crescimento do microrganismo e a produção de metabólitos são dependentes do tipo de metabolismo celular que pode ser aeróbico ou anaeróbico, de acordo com a disponibilidade de oxigênio (PEREIRA *et al.*, 2021).

Por fim, o processo de fermentação é realizado pelo monitoramento de diversos fatores, como: temperatura, pH, °Brix, concentração de carboidratos e etanol, nível de oxigênio e CO₂ no ambiente de fermentação (SOUZA, 2021).

3.6 Microrganismos utilizados no processo fermentativo do café

Em muitas etapas da cadeia produtiva, vários microrganismos são incorporados aos frutos do café, provenientes da região geográfica e da manipulação dos grãos (solo, ar, equipamentos, pessoas e tudo o mais que entra em contato físico com os frutos). A fermentação pode ser conduzida como fermentação espontânea quando é promovida à microbiota epifítica. Porém, o uso de culturas iniciadoras para melhoria da qualidade da bebida e como ferramenta de controle no processo fermentativo tem sido amplamente estudado (PEREIRA *et al.*, 2021).

Os microrganismos são endofíticos ou epifíticos, e a sua diversidade e dominância durante a fermentação são variáveis. Segundo Ferreira *et al.* (2023) os microrganismos epifíticos e a microbiota dominante podem ser afetados por variações nas condições de processamento como temperatura, pH, aeração, homogeneização, variedade de café, região, altitude e tratamento do café (natural ou descascado), sendo observado a presença de algumas cepas especificamente em determinados países ou regiões. Os principais grupos monitorados durante a fermentação são bactérias mesófilas, bactérias ácido lácticas (BAL) e leveduras. Segundo o mesmo autor, as atividades enzimáticas de leveduras e bactérias para degradar

macromoléculas são muito importantes, devido às suas atividades pectinolíticas, celulolíticas, proteolíticas e amilase.

Além da fermentação espontânea, outra opção é a aplicação de culturas iniciadoras na fermentação do café, sendo uma alternativa economicamente viável para obter um café diferenciado, com valor adjunto ao produto, ao qual mantém o controle e padronização sobre a fermentação (BRITO; SILVA, 2021). Como culturas iniciadoras temos as leveduras e as BAL, que são microrganismos pré-selecionados, basicamente compostos por uma ou múltiplas culturas microbianas com alta concentração celular, capazes de colonizar o produto e dominar a alta população de microrganismos naturalmente presentes no meio ao longo do processo fermentativo (FERREIRA *et al.*, 2023; BRAGA *et al.*, 2023). A estratégia mais comum é selecionar e usar uma única levedura ou bactéria como cultura inicial.

As BAL é um grupo microbiano de importância econômica substancial, amplamente utilizado na produção de alimentos fermentados, sendo classificadas baseando-se pela formação de mais de 50% de ácido láctico como produto final da utilização de carboidratos, gram-positivas, não móveis e não formadoras de esporos com morfologia de cocobacilos ou bastonetes (MATHUR; BERESFORD; COTTER, 2020). Pertencem a ordem Lactobacillales, subdivididos em seis famílias e onze gêneros (*Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* e *Weissella*), de acordo com as suas sequências do gene 16S rRNA (VALE, 2019). Alguns metabólitos derivados de BAL, como ésteres, cetonas, álcoois superiores e aldeídos, podem atribuir notas sensoriais com diferentes percepções florais, frutadas e amanteigadas (VALE *et al.*, 2019).

As leveduras são fungos, que têm um papel milenar na produção de pão e bebidas alcoólicas. O processo de fermentação realizado por leveduras ocorre a partir da quebra dos açúcares, seguida da descarboxilação do ácido pirúvico, gerando dióxido de carbono (CO₂) e acetaldeído, que é reduzido à etanol. No caso do café, os açúcares presentes na mucilagem do fruto fornecem substrato para a ação destes microrganismos, foram relatados em trabalhos as espécies *Pichia guilliermondii*, *P. anomala*, *Kluyveromyces marxianus*, *Saccharomyces cerevisiae* e *Torulaspora delbrueckii* (VILELA *et al.*, 2010; EVANGELISTA *et al.*, 2014; LEONG *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2017; RIBEIRO *et al.*, 2017; PEREIRA, L. *et al.*, 2019). O uso de leveduras forneceu notas de amêndoa com sabor de chocolate e uma bebida não adstringente (RIBEIRO *et al.*, 2017).

4. METODOLOGIA

O estudo consiste de uma revisão sistemática que foi realizada de acordo com as diretrizes de Liberati *et al.* (2009). Para a sua efetivação, foram feitas as seguintes etapas: formulação de uma pergunta, coleta de dados (identificação), seleção (exclusão) e análise das evidências selecionadas.

4.1 Elaboração da pergunta

A pergunta foi elaborada seguindo a estratégia PICO, em que P= Participantes (Microrganismos que realizam a fermentação), I= Intervenção (Qualidade da bebida do café), C= Comparação (Cafés com qualidade sensorial) e O= Outcomes/ resultados (resposta/desfecho) (Liberati *et al.*, 2009). Desse modo, chegou-se a pergunta: “Como o processo fermentativo influencia na qualidade do café?”.

4.2 Coleta de dados

O estudo foi realizado no período de junho a setembro de 2023. Para a pesquisa, foram coletados dados disponíveis de forma gratuita, utilizando as informações disponíveis no Periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), utilizando a SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) e a plataforma Google Acadêmico. As palavras-chaves utilizadas na busca foram: “café”, “coffee”, “coffee fermentation”, “fermentação”, “fermentation”, “qualidade” e “bebida”. Restringiu-se a selecionar os artigos em português e inglês, realizados no Brasil, publicados entre 2014 e 2023, com disponibilidade na íntegra e de forma gratuita. Foram descartados os artigos que não se encaixavam nos critérios de inclusão..

4.3 Critérios de seleção

Como critério de exclusão, as seguintes características serão utilizadas: (I) artigos de revisão bibliográfica; (II) livros, resumos simples ou expandido publicados em congresso e/ou conferência; (III) artigos incompletos que não apresentavam o texto, autores ou/e título completo; (IV) Falta de informações sobre o tipo de fermentação realizada e ausência de análise sensorial. Como critério de aceitação o artigo precisava conter: (I) etapa de fermentação com a utilização de culturas starters ou microrganismos espontâneos com a

realização de análise sensorial e/ou a presença de pontuação que classifica o café; (II) escrita em inglês e português.

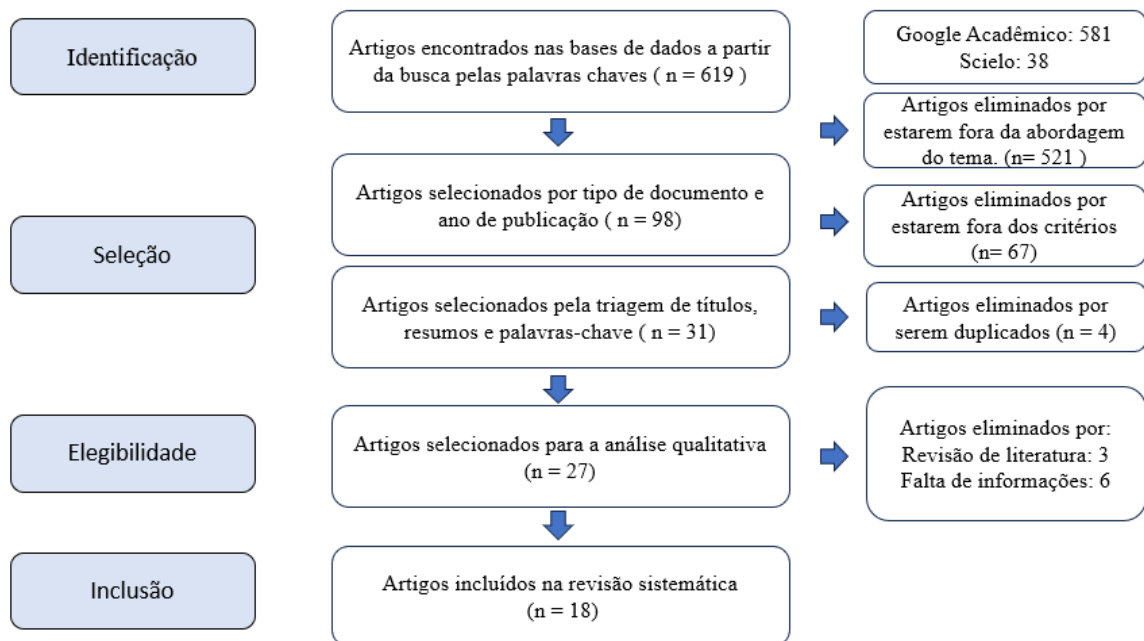
4.4 Análise dos artigos selecionados

Os seguintes dados foram extraídos dos artigos aceitos: tipo do processo de fermentação, tipo de café, inóculo, tempo de fermentação, resultados obtidos na análise sensorial, pontos obtidos na avaliação, outros dados que tiveram interferência na qualidade e ano de publicação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da busca realizada nos bancos de dados, verificou-se mais de 12.000 trabalhos entre teses, dissertações, capítulos de livros e artigos. Ao selecionar apenas por artigos, a busca retornou 619 resultados, mas somente 18 artigos foram válidos para o estudo. Os trabalhos foram selecionados de acordo com o critério estabelecido na metodologia e as etapas foram feitas conforme o esquema da Figura 6.

Figura 6 - Esquema de seleção dos artigos.



Fonte: Do autor (2023).

Diante dos 18 trabalhos analisados nesta revisão sistemática, um resumo dos principais resultados obtidos pelos pesquisadores e seus colaboradores foram descritos na Tabela 2.

Tabela 2 -Resultados obtidos após diferentes processos fermentativos empregados nas pesquisas analisadas neste trabalho (continua).

PROCESSO DE FERMENTAÇÃO	TIPO DE CAFÉ	INÓCULO	TEMPO (h)	RESULTADOS OBTIDOS			REFERÊNCIA
				Sensorial	Pontos	Outros	
Fermentação úmida	Café cereja descascado	L		Frutado, doce e caramelo.			Alves <i>et al.</i> , 2020
Fermentação úmida	Café cereja descascado	L	12 – 24		82		Rodrigues, G. <i>et al.</i> , 2020
Fermentação úmida	Café cereja descascado	L/BAL		Amêndoa, frutado, vinho, licor, floral, outros.	82	Para altitude de 900 m	Rodrigues, S. <i>et al.</i> , 2020
Fermentação úmida	Café cereja descascado	L/BAL	36 - 144		83	Tendência de estabilidade da qualidade e notas globais	Filete <i>et al.</i> , 2020
Fermentação seca	Café cereja natural				80 - 83	positivas	
Fermentação seca	Café cereja descascado	L/BAL			84 - 87	Aumento da qualidade global com o tempo de fermentação	
Fermentação seca	Café cereja natural				81 - 86	Aumento da concentração de proteínas	
Fermentação seca	Café cereja despulpado	L				Manutenção do teor inicial das proteínas	Bressani <i>et al.</i> , 2020
Fermentação seca	Café cereja natural					Aumento da concentração de proteínas	
Fermentação seca	Café cereja despulpado	L	16		81	Ácidos, pirazinas e piridinas foram os principais compostos voláteis	Martinez <i>et al.</i> , 2017
Fermentação seca	Café cereja despulpado	L	72 - 96		78 – 81	A nota global aumenta com o tempo de fermentação, com aplicação de levedura.	Pereira, L <i>et al.</i> , 2019
Fermentação úmida	Café cereja natural				79		
Fermentação úmida	Café cereja despulpado	L	24	Caramelo, açúcar mascavo, herbáceo e mel.	79 - 82		Martins <i>et al.</i> , 2019

Tabela 2 -. Resultados obtidos após diferentes processos fermentativos empregados nas pesquisas analisadas neste trabalho (continua).

PROCESSO DE FERMENTAÇÃO	TIPO DE CAFÉ	INÓCULO	TEMPO (h)	RESULTADOS OBTIDOS			REFERÊNCIA
				Sensorial	Pontos	Outros	
Fermentação seca	Café cereja despolpado Café cereja natural	CME	24		85 – 86 84 - 86	Obtenção de acidez acentuada com as cerejas naturais.	Alixandre <i>et al.</i> , 2023
Fermentação semisseca	Café cereja descascado	L			73 - 82	A adição de <i>starter</i> destacou a acidez e melhorou sensorialmente.	Ribeiro <i>et al.</i> , 2017
Fermentação seca Fermentação semisseca	Café cereja natural Café cereja despolpado	CME	24		79 – 84 82 - 87	Há uma interação entre o genótipo e o tipo de processamento pós-colheita para todos os atributos sensoriais.	Barbosa <i>et al.</i> , 2019
Fermentação seca	Café cereja natural	L	36	Morango, cereja, amora, romã, vinho, licor, outros.	85 - 88		Dorta <i>et al.</i> , 2023
Fermentação úmida	Café cereja natural	BAL	48	Doce, chá-mate, chocolate, caramelo, outros.	79 - 81	A adição de BAL resultou no aumento de leveduras no processo.	Dorta <i>et al.</i> , 2021
Fermentação seca Fermentação úmida	Café cereja natural Café cereja descascado	CME		Amadeirado, herbáceo e frutado.		A fermentação anaeróbica autoinduzida impacta positivamente a microbiota.	Pereira <i>et al.</i> , 2022
Fermentação úmida	Café cereja natural	L / BAL	72	Caramelo, frutadas e especiarias	70 - 89	Inoculadas isoladamente e em co-cultivo, foram essenciais para melhorar a qualidade da bebida e obter cafés com perfis sensoriais diferenciados	de Jesus Cassimiro <i>et al.</i> , 2023

Tabela 2 -. Resultados obtidos após diferentes processos fermentativos empregados nas pesquisas analisadas neste trabalho (conclusão).

PROCESSO DE FERMENTAÇÃO	TIPO DE CAFÉ	INÓCULO	TEMPO (h)	RESULTADOS OBTIDOS			REFERÊNCIA
				Sensorial	Pontos	Outros	
Fermentação úmida	Café cereja natural	CME		Frutado, doçura, outros.	81 - 85		Braga <i>et al.</i> , 2023
Fermentação semisseca	Café cereja natural	CME	0 - 144	Amêndoas, caramelo, achocolatado, floral, frutado e herbal.	84 - 88	A fermentação promoveu, no tempo de 72 h, as notas mais altas, em todas as características sensoriais	Lacerda <i>et al.</i> , 2020
Fermentação seca	Café cereja natural	L		Caramelo, ervas e frutado.	73 - 77	A lavagem do fruto antes do processo de fermentação influenciou positivamente na qualidade do produto final.	Evangelista <i>et al.</i> , 2014

Legenda: L - leveduras, BAL – bactérias lácticas, CME - comunidade microbiana espontânea.

Fonte: Do autor (2023).

5.1 Tipo de fermentação

Entre os artigos selecionados pode-se observar a utilização dos três tipos de fermentação, por via seca, por via úmida e por via semisseca. Segundo Chalfoun e Fernandes (2013), existem diferenças comuns que interferem nos atributos sensoriais dos cafés processados por via úmida e por via seca. O processamento por via úmida, gera uma bebida com sabor mais suave, com menos corpo e elevada acidez, já os cafés que passam pela secagem natural apresentam uma bebida com mais corpo, adstringência e uma menor acidez.

No trabalho de Pereira *et al.*, 2022 concluiu-se que a utilização da fermentação com anaerobiose autoinduzida impactou positivamente a comunidade microbiana espontânea quando comparada à fermentação aeróbica. Em Filete *et. al* (2020), a fermentação realizada em ambiente anaeróbico e sem adição de água, indicou que a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, promoveu melhoras na qualidade sensorial da bebida do café.

5.2 Tipo de café

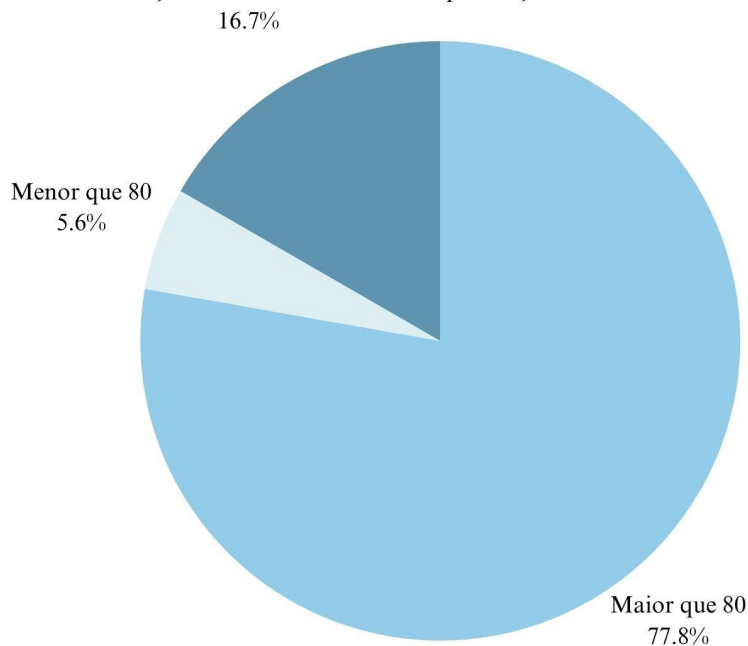
Ao analisar os trabalhos, nota-se que foi utilizado somente o café no ponto de cereja, o qual é o estágio ideal de colheita. Contudo, houve variações entre o café cereja natural, o café cereja descascado e o café cereja despulpado. Tais variações no tipo de café tem influência na fermentação e consequentemente na qualidade da bebida. A utilização do café cereja natural no processamento via seca com comunidade microbiana espontânea resultou em uma acidez mais acentuada em relação ao café cereja despulpado que foi submetido às mesmas condições (Alixandre *et al.*, 2023).

5.3 Análise sensorial

A maioria dos trabalhos, aproximadamente 78 %, obtiveram notas acima de 80 pontos, classificando-os como cafés especiais, que resulta em elevação do padrão de qualidade da bebida, da oferta de diferentes produtos no mercado e de agregação de valor ao produto final. (GRÁFICO 2). Alguns trabalhos, 38,8%, obtiveram pontuações entre 85 a 89 pontos, classificados como cafés de altíssima qualidade (FILETE *et al.*, 2020; LACERDA *et al.*, 2020; DORTA *et al.*, 2023; DE JESUS CASSIMIRO *et al.*, 2023).

Gráfico 2 - Pontuação obtida pelos cafés dos artigos analisados.

Artigos com informações da análise sensorial sem pontuação



Fonte: Do autor (2023).

5.4 Principais microrganismos utilizados no processo de fermentação

Entre os trabalhos que utilizaram uma cultura *starter*, predomina-se principalmente o uso de leveduras (72%), destacando as espécies *Saccharomyces cerevisiae* e *Torulaspota delbrueckii*. A utilização desses microrganismos proporcionou maior acidez, bem como a nota global da bebida e a adição de notas caramelizadas a bebida (EVANGELISTA *et al.*, 2014; MARTINS *et al.*, 2019; ALVES *et al.*, 2020; DORTA *et al.*, 2023). É importante ressaltar, que tanto as leveduras como as BAL têm influência na melhoria da qualidade da bebida do café.

5.5 Tempo de fermentação

Além das diversas possibilidades de microrganismos iniciadores, pode-se observar divergências quanto ao tempo de fermentação. Muitos trabalhos indicam melhorias na nota global da bebida com tempo mínimo de fermentação de 24 h para leveduras e microrganismo espontâneos, mas excelentes resultados foram obtidos com 36 h (MARTINS *et al.*, 2019; RODRIGUES *et al.*, 2020; DORTA *et al.*, 2023) e 72 h (LACERDA *et al.*, 2020; DE JESUS CASSIMIRO *et al.*, 2023). Para as bactérias lácticas, Dorta *et al.* (2021) indicam 48 h.

5.6 Efeito da fermentação na qualidade do café

Apesar da utilização de culturas *starter* no processo fermentativo e diversos trabalhos reconhecerem que sua aplicação favorece a fermentação e podem uniformizar o processo, os trabalhos de Barbosa *et al.* (2019), Lacerda *et al.* (2020), Pereira *et al.* (2022), Braga *et al.* (2023) e Alixandre *et al.* (2023) utilizaram a comunidade microbiana espontânea obtendo excelentes resultados e notas mais altas ao compararmos com os trabalhos que usaram culturas *starter*. Estas observações, endossam o quanto os microrganismos utilizados, o ambiente, o manejo da cultura podem influenciar a bebida do café. Todos os trabalhos ressaltam a importância de mais estudos, para que possam elucidar o que ocorre no processo fermentativo e seus subprodutos que conferem mudanças no sabor e agregam diversas notas sensoriais.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados desse estudo, foi possível concluir que o café é uma das bebidas mais populares no mundo e que existe uma busca crescente para aperfeiçoar os métodos de processamento do grão a fim de melhorar a qualidade da bebida e, conseqüentemente, o seu valor no mercado.

Por fim, pode-se concluir que a utilização de processos fermentativos promove melhorias na qualidade da bebida do café, elevando as notas globais e sensoriais sejam por culturas *starter* ou microrganismos espontâneos. Todavia, o resultado de um processo de fermentação depende de um conjunto de fatores que devem ser controlados para que ocorram as alterações desejadas.

REFERÊNCIAS

- ABIC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. Tudo de café. 2021. Disponível em: <<https://www.abic.com.br/categorias-tudo-de-cafe/cafe-e-saude/>>. Acesso em: 30 de junho de 2023.
- ABIC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. Indicadores da Indústria de Café. 2022. Disponível em: <<https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2022/>> Acesso em: 9 de novembro de 2023.
- AGNOLETTI, Bárbara Z. et al. Discrimination of Arabica and conilon coffee from physicochemical properties allied to chemometrics. *Revista Virtual de Química*. v. 11. n. 3. p. 785–805. 2019.
- ALIXANDRE, R. D.; ZANDONADI, C.; DO AMARAL, J. F. T.; FORNAZIER, M. J.; GUARÇONI, R.; DIAS, R. D. S.; VENTURINI, C. F.; MACETTE, H. A.; ZANDONADI, C.U.; KROHLING, C. Physical and sensorial quality of arabica coffee cultivars submitted to two types of post-harvesting processing. *Coffee Science*, v. 18, p. e182081, 2023. <https://doi.org/10.25186/v18i.2081>
- ALVES, E.; de SOUZA, C. A.; ROCHA, R.; PEREIRA, L.; de LIMA, P. P.; LOURENÇO, J. Efeito da fermentação na qualidade da bebida de robustas amazônicas. *Revista Ifes Ciência*, v. 6, n. 3, p. 159-170, 2020. <https://doi.org/10.36524/ric.v6i3.875>
- APARECIDO. Camila Fernandes Ferreira. UTILIZAÇÃO DE SILÍCIO EM *Coffea arabica* L. E *Coffea canephora* Pierre CULTIVADOS EM DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS. 2021. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/204194>>.
- BARBOSA, I. D. P.; OLIVEIRA, A. C. B. D.; ROSADO, R. D. S.; SAKIYAMA, N. S.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. A. Sensory quality of *Coffea arabica* L. genotypes influenced by postharvest processing. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 19, n. 4, p. 428-435, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332019v19n4a60>
- BASTIAN, F.; HUTABARAT, O. S.; DIRPAN, A.; NAINU, F.; HARAPAN, H.; EMRAN, T. B.; SIMAL-GANDARA, J. From plantation to cup: Changes in bioactive compounds during coffee processing. *Foods*, v. 10, n. 11, p. 2827, 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/foods10112827>
- BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Conheça a história do café no mundo e como o Brasil se tornou o maior produtor e exportador da bebida. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/conheca-a-historia-do-cafe-no-mundo-e-como-o-brasil-se-tornou-o-maior-produtor-e-exportador-da-bebida>>. Acesso em: 10 de junho de 2023.
- BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e de café verde. Instrução Normativa n. 8 de 11/06/03. Brasília, 2003.

BRASIL, Yara. Glossário da cultura do café. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/glossario-da-cultura-do-cafe/>. Acesso em: 28 de novembro de 2023.

BORÉM, F. M.; REINATO, C. H. R. Qualidade do café despulpado submetidos a diferentes processos de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 9, p. 26-31, 2006.

BRAGA, A. V. U.; MIRANDA, M. A.; AOYAMA, H.; SCHMIDT, F. L. Study on coffee quality improvement by self-induced anaerobic fermentation: Microbial diversity and enzymatic activity. **Food Research International**, v. 165, p. 112528, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112528>

BRESSANI, A. P. P.; MARTINEZ, S. J.; BATISTA, N. N.; SIMÃO, J. B. P.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Co-inoculation of yeasts starters: A strategy to improve quality of low altitude Arabica coffee. **Food Chemistry**, v. 361, Article 130133, 2021a. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130133>

BRESSANI, A. P. P.; BATISTA, N. N.; FERREIRA, G.; MARTINEZ, S. J.; SIMÃO, J. B. P.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Characterization of bioactive, chemical, and sensory compounds from fermented coffees with different yeasts species. **Food Research International**, v. 150, Article 110755, 2021b. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110755>

BRESSANI, A. P. P.; MARTINEZ, S. J.; VILELA, L. D. F.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Coffee protein profiles during fermentation using different yeast inoculation methods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, p. e01159, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01159>

BRESSANI, Ana Paula Pereira. **Avaliação química e sensorial de café Catuaí amarelo fermentado pelo processamento por via seca com inoculação de leveduras**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

BRITO, Carina Corbes; SILVA, Lilian Faria Russo Gomes da. **Café fermentado**: revisão. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Tecnologia em Alimentos) – Fatec Estudante Rafael Almeida Camarinha, Marília, SP, 2021.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R. Duas espécies de café dominam o mercado mundial: Coffea arabica (arabica) e C. canephora. Fatores que afetam a qualidade do café. Informe Agropecuário, 18, 5-20, 1997.

CHALFOUN, S. M.; FERNANDES, A. P. Efeitos da fermentação na qualidade da bebida do café. **Visão Agrícola**, USP, p. 105-108, 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<http://dw.ceasa.gov.br/>>. Acesso em: 15 de julho de 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamento da Conab estima produção de café em 54,74 milhões de sacas na safra. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5003-levantamento-da-conab-estima-producao-de-cafe-em-54-74-milhoes-de-sacas-na-safra-2023>> Acesso em: 7 de novembro de 2023.

COSTA, Bruna De Ribeiro. **Brazilian specialty coffee scenario**. In: Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil. Woodhead Publishing, p. 51-64, 2020.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814721-4.00003-2>

CRUZ, Marcelo Antônio Duarte da. **Estudo do processo fermentativo e sua relação com a qualidade do café na região do cerrado mineiro**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2023.

DAVIS, A. P.; TOSH, J.; RCH, N.; FAYFLS, M. F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 167, n. 4, p. 357-377, 2011. <https://doi.org/10.47328/ufvcrp.2022.004>

DE JESUS CASSIMIRO, D. M.; BATISTA, N. N.; FONSECA, H. C.; NAVES, J. A. O.; COELHO, J. M.; BERNARDES, P. C.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Wet fermentation of *Coffea canephora* by lactic acid bacteria and yeasts using the self-induced anaerobic fermentation (SIAF) method enhances the coffee quality. **Food Microbiology**, 110, 104161, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104161>

DORTA, C.; PARDO, R. B.; FRANCESCHI, R.; MARTINS, A. N.; GIANNONI, J. A.; SHIGEMATSU, E.; FARINAZZI-MACHADO, F.M.V.; DE GÓES FAVONI, S. P. Leveduras autóctones e alóctones usadas como culturas iniciadoras na fermentação de café cereja (*Coffea arabica*) por processamento via seca. **Revista Foco**, 16(4), e1672-e1672, 2023. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n4-068>

DORTA, C.; PARDO, R. B.; OTOBONI, A. M. M. B.; JORGE, P. S.; TANAKA, A. Y.; FISCHER, H.; MARTINS, A. N. Fermentação de café via úmida com adição de culturas iniciadoras e a inclusão de características sensoriais na bebida. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 4(1), 579-589, 2021. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n1-050>

DURÁN, C. A. A.; TSUKUI, A.; SANTOS, F. K. F.; MARTINEZ, S. T.; BIZZO, H. R.; REZENDE, C. M. Café: Aspectos Gerais e seu Aproveitamento para além da Bebida. Revista virtual de química, v. 9, n. 1, p. 107-134, 2017. Disponível em:
<http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v9n1a10.pdf>. Acesso em: 10/06/2023

ESQUIVEL, P.; JIMENEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by-products. **Food research international**, v. 46, n. 2, p. 488-495, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028>

EVANGELISTA, S. R.; SILVA, C. F.; DA CRUZ MIGUEL, M. G. P.; DE SOUZA CORDEIRO, C.; PINHEIRO, A. C. M.; DUARTE, W. F.; SCHWAN, R. F. Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. **Food Research International**, 61, 183-195, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.033>

FERREIRA, L. J. C.; DE SOUZA GOMES, M.; DE OLIVEIRA, L. M.; SANTOS, L. D. Coffee fermentation process: A review. **Food Research International**, 112793, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112793>

FILETE, C. A.; DE SOUSA, L. H. B. P.; GUARÇONI, R. C.; JUNIOR, D. B.; MARCATE, J. P. P.; MORELI, A. P.; GOMES, W. S.; SIQUEIRA, E. A.; PEREIRA, L. L. Fermentação Anaeróbica no café arábica e seu impacto no perfil sensorial. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 3, p. 112-123, 2020. <https://doi.org/10.36524/ric.v6i3.859>

FREITAS, Valdeir Viana. **Avaliação da fermentação do café arábica com uso de culturas starters**. 2018. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/12457/Dissertacao_Valdeir%20Viana%20Freitas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HAMEED, A.; HUSSAIN, S. A.; IJAZ, M. U.; ULLAH, S.; PASHA, I.; SULERIA, H. A. R. Farm to Consumer: Factors Affecting the Organoleptic Characteristics of Coffee. II: Postharvest Processing Factors. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 5, p. 1184–1237, 2018. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12365>

KALSCHNE, Daneysa Lahis et al. Steam pressure treatment of defective *Coffea canephora* beans improves the volatile profile and sensory acceptance of roasted coffee blends. *Food Research International*, [S.l.], v. 105, p. 393-402, mar. 2018.

LACERDA, J. M. B.; BORGES, W. L.; PELUZIO, J. B. E.; OLIVEIRA PELUZIO, T. M.; PAVESI, J. B. S.; SOUZA, T. S. Efeito da fermentação natural em café arábica. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 3, p. 99-111, 2020. <https://doi.org/10.36524/ric.v6i3.808>

LEE, L. W.; CHEONG, M. W.; CURRAN, P.; YU, B.; LIU, S. Q. Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship. **Food Chemistry**, v. 185, p. 182–191, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>

LEONG, K. H.; CHEN, Y. S.; PAN, S. F.; CHEN, J. J.; WU, H. C.; CHANG, Y. C.; YANAGIDA, F. Diversity of lactic acid bacteria associated with fresh coffee cherries in Taiwan. **Current Microbiology**, Taiwan, v. 68, p. 440-447, 2014. <https://doi.org/10.1007/s00284-013-0495-2>

LIBERATI, A., ALTMAN, D. G., TETZLAFF, J., MULROW, C., GOTZSCHE, P. C., LOANNIDIS, J. P. A., MOHER, D. (2009). **The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration**. *PLoS Med*, 6(7), e1000100. doi: 10.3171/journal.pmed.1000100

MARTINS, P. M. M., RIBEIRO, L. S.; MIGUEL, M. G. D. C. P.; EVANGELISTA, S. R.; SCHWAN, R. F. Production of coffee (*Coffea arabica*) inoculated with yeasts: impact on quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 13, p. 5638-5645, 2019. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9820>

MARTINEZ, S. J.; BRESSANI, A. P. P.; MIGUEL, M. G. C. P.; DIAS, D. R.; SSHWAN, R. F. Different inoculation methods for semi-dry processed coffee using yeasts as starter cultures. **Food Research International**, v. 102, p. 333–340, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.096>

MATHUR, H.; BERESFORD, T. P.; COTTER, P. D. Health Benefits of Lactic Acid Bacteria (LAB) Fermentates. **Nutrients**, v. 12, p. 1679, 2020. <https://doi.org/10.3390/nu12061679>

MATIELLO, J. B., Santinato, R., Garcia, A. W. R., Almeida, S. R., Fernandes, D. R. (2005). *Cultura do Café no Brasil. Novo Manual de Recomendações*. Rio de Janeiro: Bom Pastor.

PEREIRA, G. V. M.; CARVALHO NETO, D. P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. I.; VÁSQUEZ, Z. S.; MEDEIROS, A. B. P.; VANDENBERGUE, L. P. S.; SOCOOL, C. R. Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans—A review. **Food chemistry**, v. 272, p. 441-452, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.061>

PEREIRA, L. L.; JÚNIOR, D. B.; SOUSA, L. H. B. P.; SANTOS GOMES, W.; CARDOSO, W. S.; GUARÇONI, R. C.; TEN CATEN, C. S. **Relationship Between Coffee Processing and Fermentation**. In: *Quality Determinants In: Coffee Production* / Editores Lucas Louzada Pereira e Taís Rizzo Moreira. Springer, p. 255-301, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-54437-9>.

PEREIRA, L. L.; MORELI, A. P.; BRIOSCHI JUNIOR, D., SOUSA, L. H. B. P.; MARCATE, J. P. P.; OLIVEIRA, G. F.; DEBONA, D. G.; GUARÇONI, R. C. Construção de perfil sensorial para o café conilon fermentado. **Revista IFES Ciência**, v. 5, n. 2, 2019. <https://doi.org/10.36524/ricv5i2.461>

PEREIRA, Lucas Louzada. **Novas abordagens para produção de cafés especiais a partir do processamento via-úmida**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

PEREIRA, T. S.; BATISTA, N. N.; PIMENTA, L. P. S.; MARTINEZ, S. J.; RIBEIRO, L. S.; NAVES, J. A. O.; SCHWAN, R. F. Self-induced anaerobiosis coffee fermentation: Impact on microbial communities, chemical composition and sensory quality of coffee. **Food Microbiology**, v. 103, 103962, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103962>

PEREIRA, V. M. G.; SOCCOL, V. T.; BRAR, S. K.; NETO, E.; SOCCOL, C. R. Microbial ecology and starter culture technology in coffee processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 2775-2788, 2017. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1067759>

RIBEIRO, L. S.; RIBEIRO, D. E. B.; EVANGELISTA, S. R.; MIGUEL, M. G. C. P.; PINHEIRO, A. C. M.; BORÉM, F. M. B.; SCHWAN, R. F. Controlled fermentation of semidry coffee (*Coffea arabica*) using starter cultures: A sensory perspective. **LWT – Food Science and Technology**, v. 82, p. 32-38, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.008>

RIBEIRO, Luciana Silva. **Application of microorganisms for coffee fermentation**. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

RODRIGUES, G. Z.; DA CUNHA, L. T.; ALMEIDA, G. R. R. Desenvolvimento e validação da fermentação controlada de frutos do café no pós-colheita em diferentes tempos. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, v. 2, n. 1, p. 45-52, 2020.

RODRIGUES, S. D.; COELHO, V. S.; FREITAS, V. V.; BRIOSCHI, A.; BRIOSCHI JÚNIOR, D.; GUARÇONI, R. C.; CARDOSO, W. S. Sensory q-grader evaluation of fermented arabica coffees by yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and lactic bacteria (*Pediococcus acidilactici*) cultures. **Coffee Science**, v. 15, 2020. <https://doi.org/10.25186/v15i.1690>

ROSSETTI, Renato Pierrotti. **Determinação de Fenóis Totais em Frutos do Café: Avaliações em Diferentes Fases de Maturação**. Dissertação (Mestrado acadêmico), Universidade de São Paulo, 2007. <https://doi.org/10.11606/D.75.2007.tde-27032008-091714>

RUBAYIZA, A. B.; MEURENS, M. Chemical discrimination of arabica and robusta coffees by fourier transform raman spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 4654-4659, 2005.

SCA - SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **SCA Coffee Standards**. 2021. Disponível em: <<https://sca.coffee/research/coffee-standards>>. Acesso em: 15 de setembro de 2023.

SCAA - SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **Metodologia SCAA de avaliação de cafés especiais: guia rápido - green coffee**. 2009. [S. l.]: p. 7, 2009. Disponível em: <http://coffeetraveler.net/wp-content/files/903-SCAACuppingMethod_RESUMO_3a.pdf>. Acesso em: 18 set. 2023.

SILVA, C. F.; VILELA, D. M.; SOUZA C.; C., DUARTE, W. F.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 29, n. 2, p. 235-247, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11274-012-1175-2>

SILVA, Sérgio. **Expansão cafeeira e origens da indústria no Brasil**. São Paulo: Alfa-Omega, cap. IV, pp. 77-115, 1976.

SIMONSEN, Roberto C. **História econômica do Brasil: 1500-1820**. 4. ed. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 2005. 589 p. Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/1111/749413.pdf?sequence=4&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

SOUZA, Antonio Sergio de. **Fermentação do café em diferentes tempos e processos**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 2021.

UKERS, William Harrison. **All about coffee**. Library of Alexandria, 1935.

VAAST, Philippe et al. **Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions**. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, [S.l.], v. 86, n. 2, p. 197-204, out. 2005.

VALE, A. S.; PEREIRA, G. V. M.; CARVALHO NETO, D. P.; RODRIGUES, C.; PAGNONCELLI, M. G. B.; SOCCOL, C. R. Effect of Co-Inoculation with *Pichia fermentans* and *Pediococcus acidilactici* on Metabolite Produced During Fermentation and Volatile Composition of Coffee Beans. **Fermentation**, v. 5, n. 3, p. 3–17, 2019. <https://doi.org/10.3390/fermentation5030067>

VALE, Alexander da Silva. **FERMENTAÇÃO DE CAFÉ COM O USO DE CULTURAS MISTA DE *Pichia Fermentans* E *Pediococcus Acidilactici***: IMPACTO NA FORMAÇÃO DE COMPOSTOS AROMÁTICOS. Dissertação (Mestrado acadêmico) - Universidade Federal do Paraná, 2019.

VILELA, Danielle Marques. SELEÇÃO IN VITRO DE CULTURAS INICIADORAS PARA FERMENTAÇÃO DE FRUTOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L .) PROCESSADOS VIA SECA E SEMI-SECA. Tese. p. 80. 2011.

VILELA, D. M.; PEREIRA, G. V.; SILVA, C. F.; BATISTA, L. R.; SCHWAN, R. F. Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi dry processed coffee (*Coffea arabica* L.). **Food Microbiology**, v. 27, p. 1128-1135, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.07.024>

WU, H.; GU, J.; BK, A.; NAWAZ, M. A.; BARROW, C. J.; DUNSHEA, F. R.; SULERIA, H. A. R. Effect of processing on bioaccessibility and bioavailability of bioactive compounds in coffee beans. **Food Bioscience**, 46, Article 101373, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101373>