INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA – CAMPUS BARREIRAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

CAFÉ CONILON: UMA REVISÃO ACERCA DOS ASPECTOS DE INTERESSE PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

FERNANDO OLIVEIRA SOUZA

Orientador: Profª. Dra. Alexandra Mara Goulart Nunes Mamede
Co-orientador: Me. Rafael Fernandes Almeida

Barreiras
Março, 2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA – CAMPUS BARREIRAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

CAFÉ CONILON: UMA REVISÃO ACERCA DOS ASPECTOS DE INTERESSE PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

FERNANDO OLIVEIRA SOUZA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, campus Barreiras como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Barreiras
Março, 2023

Dedico este trabalho a Deus, que foi meu alicerce e não me deixou desistir dessa jornada. A minha família, por me incentivarem, apoiarem e acreditarem no meu sonho.

AGRADECIMENTOS

Sou grato a Deus, por cada passo dado, cada batalha travada, sem Ele eu não sou nada.

Agradeço aos meus orientadores Alexandra Mara Goulart Nunes Mamede e Rafael Fernandes Almeida, por me conduzirem neste projeto de pesquisa.

A todos os docentes do IFBA – Campus Barreiras, pela disposição, cumplicidade e qualidade técnica dos ensinamentos passados.

Aos meus colegas de turma, em especial, a Suzanne de Souza Tiano Antunes, por ser minha parceira em todos os problemas, sem ela, não sei se chegaria ao término deste curso.

Aos meus amados pais, Elineide Assunção Oliveira Souza, e Joaquim Alberto de Souza. Meus exemplos de vida, as únicas pessoas que sorriram e choraram comigo a cada passo dado.

Aos meus irmãos, Flávio Oliveira Souza e Flauberth Bruno Oliveira Souza, por toda compreensão e apoio durante essa jornada.

À minha noiva, Ana Vitória Anjos Oliveira, que acreditou neste processo, sendo meu porto seguro e a quem eu me refugiava. Sei o quanto sonhamos com o fim deste ciclo.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte deste processo decisivo da minha vida.

CAFÉ CONILON: UMA REVISÃO ACERCA DOS ASPECTOS DE INTERESSE PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

A presente Monografia, apresentada em sessão pública realizada em 10 de Março de 2023, foi avaliada como adequada para obtenção do Grau de Engenheiro de Alimentos, julgada e aprovada em sua forma final pela Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, campus Barreiras.

Data da Aprovação: 10 de Março de 2023

BANCA EXAMINADORA

Alexandra M G N Mamede

Dra. Alexandra Mara Goulart Nunes Mamede

Orientador – IFBA Campus Barreiras

Rafael Fernandes Almeida

Eng. de Alimentos Rafael Fernandes Almeida

Co-orientador - UNICAMP

Fábia Silva de Oliveira Lima

Dra. Fábia Silva de Oliveira Lima

IFBA – Campus Barreiras

Maria Antonieta Santiago

Dra. Maria Antonieta Pereira de Almeida Santiago

IFBA – Campus Barreiras

RESUMO

Este estudo consiste em uma análise bibliométrica e revisão de literatura sobre o café conilon e seus aspectos relevantes para a indústria de alimentos, com foco em seus constituintes químicos, na aplicação da fermentação como processo de beneficiamento e no reaproveitamento dos resíduos gerados durante o processamento. Os artigos foram selecionados por meio de uma análise bibliométrica dos títulos armazenados no banco de dados da *Web of Science* (WoS) e do *Google* acadêmico. Os aspectos teóricos e práticos foram analisados criticamente, destacando os principais pontos de convergência e divergência entre os autores. Os resultados permitiram destacar os principais constituintes químicos do café conilon e notar o seu impacto na qualidade sensorial e bioativa do produto. Ficou evidenciado que a escolha das condições fermentativas modifica a caracterização sensorial do café, podendo beneficiar na nota global da bebida. A presente revisão mostra que os resíduos, por conterem compostos voláteis de grande valor comercial, podem ser submetidos a métodos de extração e posterior submissão a meios de preservação dos compostos. Dentre os métodos sustentáveis, a auto hidrólise é uma alternativa de extração dos compostos de interesse do café conilon, por não agredir o meio ambiente. Já a produção de micropartículas se mostrou um meio viável para preservação e posterior aplicação destes compostos. Este trabalho contribui para o aprofundamento do conhecimento sobre os desafios enfrentados pelo café conilon e a busca de alternativas que aumentem seu valor de mercado.

Palavras-chave: *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner; Contituintes químicos; Processo de Fermentação; Reproveitamento de resíduos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 7

2 OBJETIVOS 9

2.1 Objetivo Geral 9

2.2 Objetivos Específicos 9

3 METODOLOGIA DE PESQUISA DA LITERATURA 9

4 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA 10

4.1 Resultados bibliométricos gerais 10

4.2 Os periódicos mais influentes 13

4.3 Os Autores e Artigos mais citados 14

4.4 Análise de Palavra-chave 18

5 REVISÃO DE LITERATURA 20

5.1 Café conilon: Constituintes Químicos importantes na estrutura do fruto 20

5.1.1 Compostos Voláteis do café conilon 23

5.1.2 Compostos bioativos do café conilon 25

5.2 Fermentação do Café conilon 27

5.3 Aproveitamento dos resíduos de Café Conilon 38

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 42

7 REFERÊNCIAS 43

1 INTRODUÇÃO

A exploração comercial da cultura do café (*Coffea*) é uma das mais significantes atividades do setor agroindustrial global (Zinger et al., 2021). A importância desta cultura está evidenciada em seus altos números. Apenas para a safra 2022-2023, a Organização Internacional do Café prevê consumo superior a 170 milhões de sacas (60 kg) em todo o planeta, sendo o Brasil o principal produtor (ICO, 2023).

Embora existam diferentes espécies de café, duas são consideradas relevantes para as indústrias, pelo seu potencial econômico: *Coffea arabica* e *Coffea canephora.* Avaliações sensoriais têm indicado que cafés da espécie *C. arabica*, cultivados em regiões de alta altitude, são superiores em sabor, aroma, textura e doçura quando comparados aos da espécie *C. canephora*, cultivados em regiões de baixa altitude (Taveira et al., 2014; Pereira et al., 2018). Devido a isso, historicamente, os cafés do grupo *C. canephora* foram vistos como de qualidade inferior pelo mercado e frequentemente são usados como base para *blends* com *C. arabica* ou na produção de café solúvel e expresso por terem alto teor de sólidos solúveis (Gamboa-Becerra et al., 2019).

A espécie *C. canephora* é diferenciada por seu porte arbustivo e caule lenhoso, além de sua excelente resistência a condições adversas e altos níveis de cafeína e sólidos solúveis em seus grãos. Apesar de conhecido como café robusta, há dois grupos genéticos distintos de *C. canephora*: o guineense (Guiné e Costa do Marfim), representado pelo conilon; e o congolês (África Central), conhecido como robusta (Agnoletti et al., 2022a). Os cafés robusta e conilon possuem diferenças genéticas, físico-químicas e agronômicas. O café robusta é cultivado principalmente na Ásia e na África, enquanto o conilon é cultivado predominantemente no Brasil (Ferrão et al., 2019).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (2023), a produção de café conilon no Brasil é realizada exclusivamente por agricultores familiares. A região de maior cultivo é o estado do Espírito Santo, que responde por cerca de 70% da produção total. Os outros 30% são provenientes dos estados de Rondônia e Bahia (Conab, 2023; Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 2023). Em 2022, o Espírito Santo produziu 12,4 milhões de sacas de café conilon, enquanto Rondônia e Bahia produziram 2,8 e 2,2 milhões de sacas,

respectivamente (Brasil, 2022). O Espírito Santo possui 283 mil hectares de plantações de conilon, responsáveis por 20% da produção mundial de *C. canephora*. Em 63 municípios, há 40 mil fazendas rurais com 78 mil famílias produtoras. O café conilon gera 250 mil empregos diretos e indiretos, movimentando 37% do PIB agrícola do estado (Incaper, 2023).

Para valorizar o café conilon é importante explorar alternativas que melhorem suas características sensoriais. Ou seja, que reduzam o sabor amargo e áspero do produto, ao passo que promovam o desenvolvimento de aromas agradáveis e diferenciados. Isso requer conhecimento dos constituintes que promovem essas características, estudando tecnologias capazes de modificá-los, levando a uma maior valorização aumentando o seu espaço no mercado de cafés de alta qualidade. Uma das alternativas mais utilizadas para tais modificações é o processo de fermentação, realizado com o intuito de adicionar características sensoriais únicas à bebida (Filete et al., 2020). Desse modo, é imprescindível que se conheça as condições ideais do processo fermentativo do café conilon.

A constante procura pela diversificação da oferta de cafés, a demanda por novos tipos de cafés especiais e do aumento da qualidade do café arábica por meio da inserção de outras variedades, como as da *C. canephora*, têm gerado oportunidades em torno da melhoria da qualidade do café conilon, visando atender um mercado cada vez mais exigente. Neste sentido, diversas tecnologias vêm sendo empregadas nas lavouras e novos métodos têm sido aplicados para elevação da qualidade dos grãos. Estes avanços têm sido possíveis devido às pesquisas científicas.

O café robusta tem sido amplamente estudado, o que fica claro buscando o termo na base de dados *Web os Science,* onde foram encontradas 917 pesquisas sobre esta variedade, datadas entre 1958 e 2023, mostrando tendência de crescimento ao longo dos anos. Além disso, esta variedade de café já conta com 16 estudos de cunho revisional. Por sua vez, o café conilon representa apenas 15% do montante de pesquisas encontradas para o café robusta, além de não terem sido encontrados trabalhos que tenham revisitado as descobertas da literatura acerca da variedade conilon, tornando esta revisão inédita. Para ambas as variedades, praticamente todas as pesquisas estão voltadas para a área de Ciências Agrárias e Ciências biológicas. São poucos os estudos exclusivamente voltados para a área de

Ciência e Tecnologia de Alimentos. Resultados importantes para esta área devem ser exaustivamente procuradas nos trabalhos de áreas correlatas.

Diante da escassez de fontes que tenham reunido dados e informações relevantes do café conilon para a área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, que são necessários para a melhoria da qualidade dos produtos oriundos deste café e maximização da exploração do seu potencial alimentício, este estudo teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico com esta finalidade. O intuito desta revisão foi de explorar os resultados e observações dos estudos de áreas correlatas acerca das melhores condições de fermentação para o café conilon e suas implicações na qualidade sensorial do produto. Além disso, foi feito o levantamento da composição centesimal e nutricional do café, assim como dos constituintes químicos responsáveis por elevar a qualidade sensorial e nutracêutica do produto, a exemplo dos compostos voláteis e bioativos. Esta pesquisa também reuniu as formas de aproveitamento alimentício dos resíduos do café conilon, já exploradas pela literatura.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar uma revisão acerca dos aspectos do café Conilon de interesse para indústria de Alimentos.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma análise Bibliométrica dos estudos acerca do café Conilon;
- Observar quais os principais constituintes químicos do café conilon para indústria de Alimentos;
- Reunir Alternativas de aproveitamento dos resíduos do café conilon.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA DA LITERATURA

Para investigar publicações sobre o café conilon, foi utilizado o banco de dados *Web of Science* (WoS). A busca foi realizada na *Core Collection* da WoS, entre 1900 e 2023, utilizando os seguintes termos em títulos, palavras-chave e resumos: 'conilon coffee' ou 'rondonia coffee' ou 'Espírito Santo coffee' ou ‘*Coffea*

canephora Pierre ex A. Froehner'. O operador "ou" indica que cada resultado deve incluir pelo menos um dos termos pesquisados. O termo '*Coffea canephora*' foi evitado devido a uma significativa quantidade de estudos que o utilizam apenas para se referir ao café robusta. Para diferenciar os dois tipos de café, foi necessário incluir a região de origem como parte dos termos de pesquisa, já que alguns estudos usam 'robusta coffee' como sinônimo de café conilon. A busca foi realizada em fevereiro de 2023 e, devido à baixa quantidade de trabalhos publicados sobre o café conilon, os resultados não foram filtrados, abrangendo pesquisas de todas as áreas do conhecimento apontadas pela WoS.

Um total de 143 documentos foram encontrados, sendo 141 artigos, 1 material editorial e 1 resumo de congresso científico. O software VOSviewer (Leiden University, Holanda, versão 1.6.16) foi utilizado para a visualização dos resultados da rede de interação. Estudos não indexados na WoS também foram incorporados nos itens relativos à revisão de literatura, para maior abrangência desta revisão. Para tanto, a base de dados do *Google* Acadêmico foi utilizada como ferramenta auxiliar para encontrar estes trabalhos, totalizando 17 estudos.

4 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

4.1 Resultados bibliométricos gerais

Na data de coleta dos dados, 43 artigos haviam sido publicados. Os dois primeiros documentos foram publicados em 2001 e, apesar da oscilação, o número de publicações aumentou ao longo dos anos, tendo atingido o seu pico em 2021, com 19 trabalhos (Figura 1). O número de publicações nos últimos 5 (cinco) anos representam 47,6% do total, considerando os 4 (quatro) estudos já publicados em 2023. No entanto, apesar do aumento, as oscilações não permitiram o modelo polinomial de grau dois prever qual será a tendência futuro quanto ao número de publicações futura, dado ao baixo coeficiente de determinação da curva. Utilizando o fator polinomial de grau 6, foi possível obter R^2=0,77, valor ainda considerado baixo. De toda forma, o gráfico mostra uma tendência de crescimento no número de pesquisas sobre o café conilon com o passar dos anos, acompanhado de algumas quedas em anos específicos.

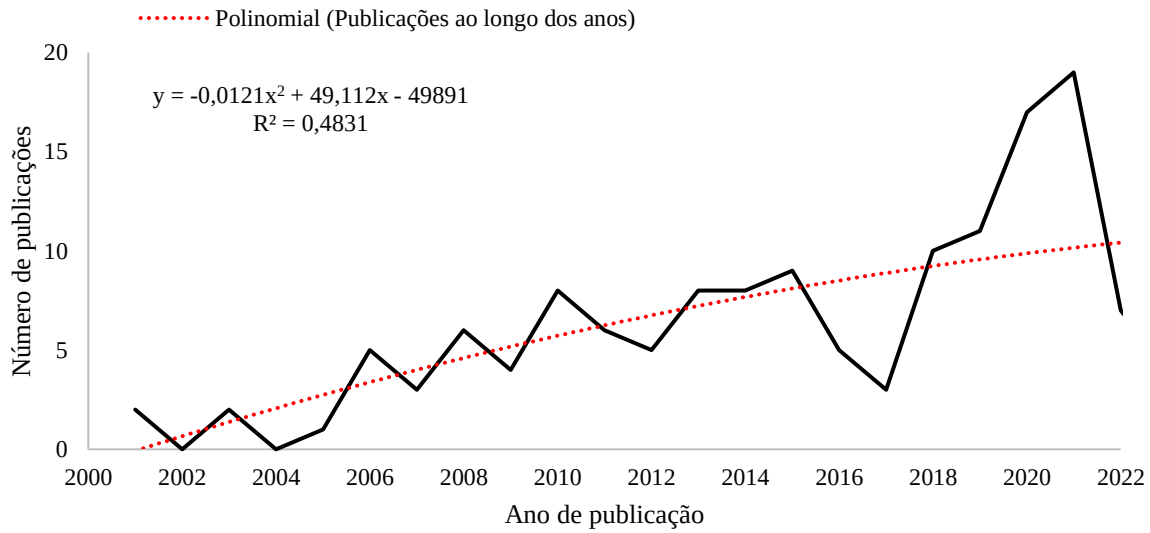


Figura 1. Publicação total da *Web of Science Core Collection*, relacionado ao tema 'café conilon', de 2001 a 2022.

Cinco se destacam nas publicações acerca de café conilon. A Figura 2 ilustra os países que já publicaram nesta área de pesquisa. O Brasil é principal responsável pelo montante de pesquisas sobre o tema, com 86,2% dos estudos indexados na WoS sobre café conilon. Já Portugal, Espanha, EUA e Canadá, conjuntamente, respondem por 13,8% dos estudos. O domínio brasileiro está relacionado ao fato de o país ser o principal produtor da variedade no mundo (Conab, 2023). Ademais, pesquisadores brasileiros também contribuíram para os estudos dos países norte-americanos e europeus, cujo as pesquisas são mais recentes. Dentre os trabalhos elencados na busca, não foi observado colaboração entre os autores de Portugal, Canadá, EUA e Espanha.

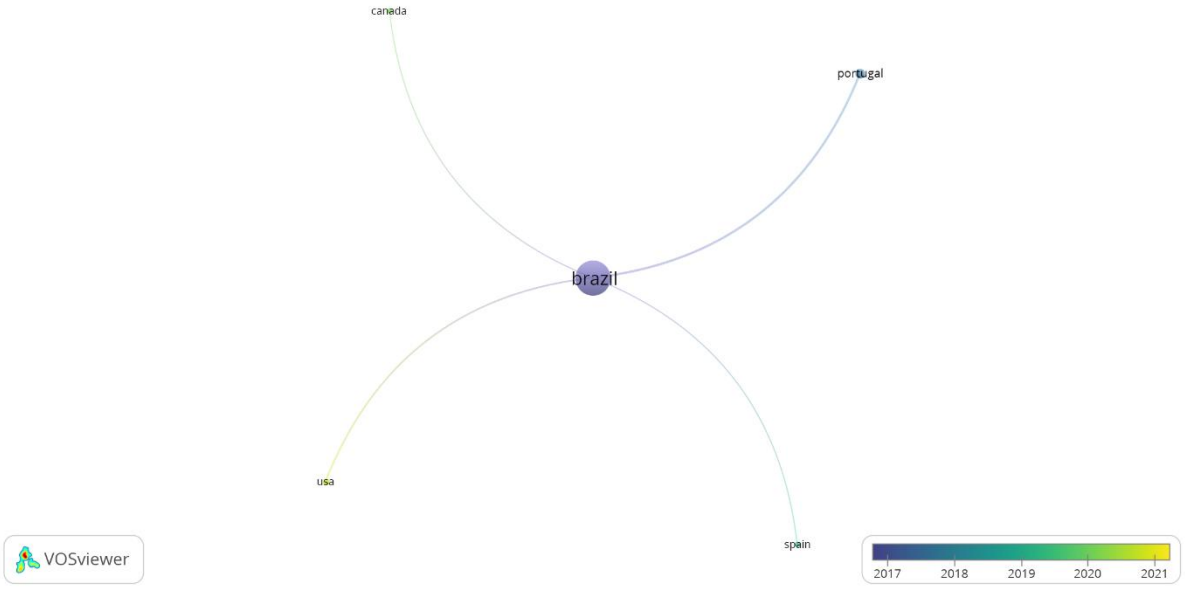


Figura 2. Origem das publicações sobre café conilon na WoS entre 2017 e 2022 e colaboração entre estes países, de acordo com a coautoria (mapa de visualização da rede).

A Figura 3 revela que as pesquisas brasileiras são provenientes principalmente do estado do Espírito Santo (ES), representado por instituições, como: Universidade Federal do Espirito Santo (UFES), Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espirito Santo (IFES), tendo desenvolvido trabalhos de forma solo e em parcerias. A Embrapa Café também se destaca na produção científica sobre o café conilon, por manter relações com as instituições do ES. Instituições próximas ao ES também publicaram alguns estudos, a exemplo da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), do estado do Rio de Janeiro, bem como as Universidades Federais de Lavras (UFLA) e Viçosa (UFV), ambas de Minas Gerais. Destacamos também a Universidade Federal de Rondônia (UFRO), cujo café produzido em seu estado é exclusivamente conilon, sendo o segundo maior produtor brasileiro (Conab, 2023).

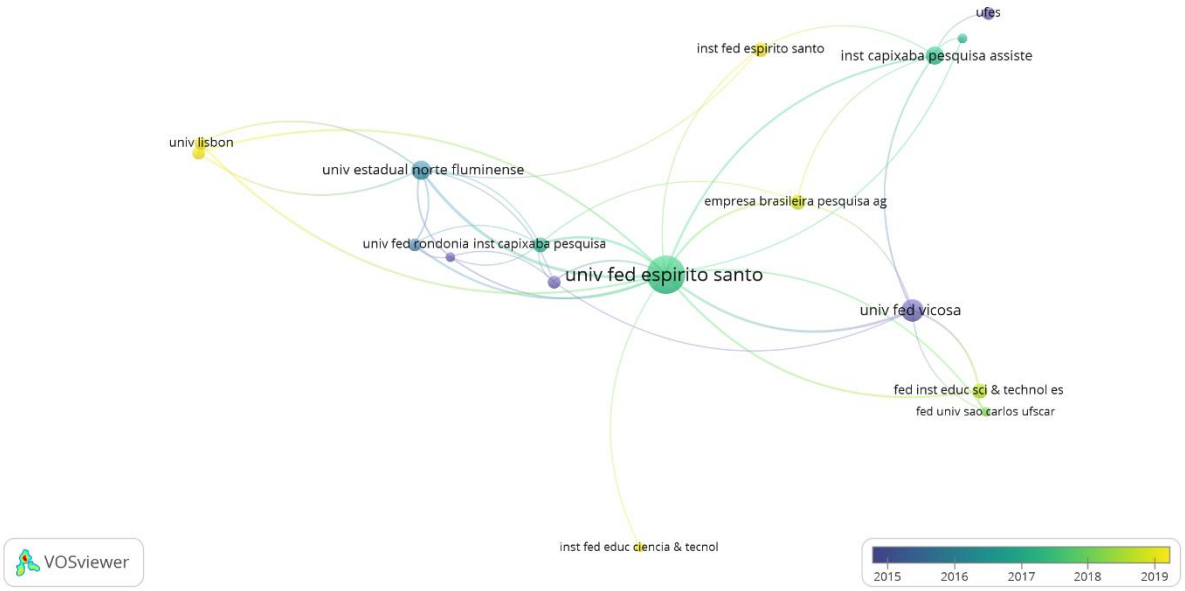


Figura 3. Instituições responsáveis pelas publicações sobre café conilon na WoS entre 2015 e 2019 e colaboração entre estas organizações, de acordo com a coautoria (mapa de visualização da rede).

4.2 Os periódicos mais influentes

Os termos pesquisados foram publicados em 57 periódicos diferentes de 2001 a 2023, todos indexados na WoS. Os termos também foram encontrados em alguns trabalhos pertencentes a periódicos não indexados nesta base de dados, como a *Coffee Science*, *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Revista Ceres e Sistema Brasileiro C. A Tabela 1 dispõe os 10 (dez) principais periódicos responsáveis pela divulgação dos estudos sobre café conilon, classificados de acordo com o número de publicações.

Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) é o principal periódico procurado pelos pesquisadores para divulgar seus resultados, possuindo 19 publicações sobre o tema. Este montante é mais que o dobro do encontrado em outros periódicos, como na Revista Ciência Agronômica, *Bioscience Journal* e Revista Brasileira de Ciência do Solo. De toda forma, percebe-se o domínio de periódicos brasileiros sobre o tema, representando um percentual superior a 30% de todos os periódicos que trataram sobre o café conilon.

Dentre os periódicos que publicam sobre o café conilon, a *Food Chemistry* (3 trabalhos sobre café conilon) é o que possui maior fator de impacto (JCR=9,231),

apesar de não constar entre os periódicos que mais publicam sobre o assunto. Os demais têm fator de impacto inferior a sete (JCR<7).

Tabela 1. Os periódicos mais influentes, correlacionando a pesquisa de 'café conilon', classificados pelo número total de citações de 2001 a 2023, período ativo de estudos sobre esta variedade.

Classificação	Periódico	JCR[1]	N° Publicações
1	Ciência e Agrotecnologia	1,390	6
2	Pesquisa Agropecuária Brasileira	1,100	19
3	Revista Ciência Agronômica	0,760	8
4	Semina Ciências Agrárias	0,595	7
5	Journal of Plant Nutrition	0,510	5
6	ACTA Scientiarum Agronomy	0,390	4
7	Australasian Plant Pathology	0,380	5
8	Bioscience Journal	0,130	7
9	Genetics and Molecular Research	0,110	5
10	Revista Brasileira de Ciência do Solo	0,000	7

Onde: [1]JCR indica o fator de impacto da revista (dados de 2021), calculado e divulgado pela WoS.

4.3 Os Autores e Artigos mais citados

A Tabela 2 e Figura 4 trazem os principais estudos e autores citados relacionados ao termo ‘café conilon’, respectivamente.

Quanto as 10 pesquisas mais relevantes sobre o café conilon, todos estão voltados para as áreas de ciências agrárias, ciências biológicas ou química, sejam avaliando os parâmetros genéticos e condições climáticas ideais de cultivo ou realizando o monitoramento de pragas e doenças. A falta de foco dos estudos para a área de FS&T fica evidenciada pela escassez de periódicos da área dissertando sobre o assunto. Dos 57 periódicos catalogados com conteúdo sobre café conilon, apenas 4 (quatro) estão voltados para área de alimentos: *Food Chemistry* (3 estudos), *Food Microbiology* (2 estudos), *International Journal of Fruit Science* (1 estudo) e *Journal of Food Science* (1 estudo). Os demais são de área correlatas.

Dentre os 10 artigos mais citados sobre o café conilon, 6 (seis) (ou 60%) pertencem ao periódico Pesquisa Agropecuária Brasileira. Esta é uma revista da

Embrapa, órgão públicoa que realiza pesquisas de cunho inovador e atreladas a agropecuária brasileira. A Embrapa, através da Embrapa Café, mantém parcerias com as Universidades situadas no ES e com a Incaper. Portanto, a Embrapa está diretamente envolvida com as pesquisas acerca do café conilon e mantém um protagonismo na publicação de descobertas sobre esta variedade.

Todavia, apesar da revista PAB abrigar a maior parte dos trabalhos sobre café conilon, o estudo mais citado pertence ao *Journal of Plant Pathology* (JCR=2.772). Isso ocorre, pois, este periódico possui um fator de impacto cerca de duas vezes maior em comparação ao da PAB, logo, detendo maior alcance e maior número de leitores. O artigo mais citado foi escrito por Capucho et al. (2011) e teve 41 citações, de acordo com o WoS *Core Collection*. Este trabalho apresenta a criação e validação de um conjunto de diagramas de área padrão (SAD) para auxiliar na avaliação da severidade da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) nas espécies *C. arabica* e *C. canephora*. Para desenvolver o conjunto SAD, os pesquisadores compararam as características das lesões de ferrugem nas folhas de ambas as espécies de café e descobriram que eram semelhantes o suficiente para usar uma escala única para avaliar a severidade da doença nas duas espécies.

Tabela 2. Os 10 estudos mais citados na WoS acerca do café conilon.

Class.	Título	Autores	Ano	N° citações	Periódico	JCR
1	Development and validation of a standard area diagram set to estimate severity of leaf rust in *Coffea arabica* and *C. canephora*	Capucho, A. S.; Zambolim, L.; Duarte, H. S. S.; Vaz, G. R. O.	2011	41	Plant Pathology	2,772
2	Genetic parameters in Conilon coffee	Ferrão, R. G.; Cruz, C. D.; Ferreira, A.; Cecon, P. R.; Ferrão, M. A. G.; Fonseca, A. F. A.; Carneiro, P. C. S.; Silva, M. F.	2008	40	Pesquisa Agropecuária Brasileira	1,100
3	Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees	Partelli, F. L.; Araujo, A. V.; Vieira, H. D.; Dias, J. R. M.; Menezes, L. F. T.; Ramalho, J. C.	2015	33	Pesquisa Agropecuária Brasileira	1,100
4	Clonal varieties of Conilon coffee for the Espirito Santo State, Brazil	Braganca, S. M.; Carvalho, C. H. S.; Fonseca, A. F. A.; Ferrao, R. G.	2001	31	Pesquisa Agropecuária Brasileira	1,100
5	Repeated measure analysis in the clonal evaluation in 'Conilon' coffee	Cecon, P. R.; Silva, F. F. E.; Ferreira, A.; Ferrao, R. G.; Carneiro, A. P. S.; Detmann, E.; Faria, P. N.; Morais, T. S. D.	2008	27	Pesquisa Agropecuária Brasileira	1,100

Tabela 2. Os 10 estudos mais citados na WoS acerca do café conilon. (continuação)

Class.	Título	Autores	Ano	N° citações	Periódico	JCR
6	Aerodynamic properties of coffee cherries and beans	Afonso Junior, P. C.; Correa, P. C.; Pinto, A. C.; Queiroz, D. M.	2007	27	Biosystems Engineering	5,002
7	Physiological response of Conilon coffee clone sensitive to drought grafted onto tolerant rootstock	Silva, V. A.; Antunes, W. C.; Guimaraes, B. L. S.; Paiva, R. M. C.; Silva, V. D.; Ferrao, M. A. G.; DaMatta, F. M.; Loureiro, M. E.	2010	24	Pesquisa Agropecuária Brasileira	1,100
8	Simultaneous selection of *Coffea canephora* by means of combination of factor analysis and selection indexes	Ferreira, A.; Cecon, P. R.; Cruz, C. D.; Ferrao, R. G.; Silva, M. F.; Fonseca, A. F. A.; Ferrao, M. A. G.	2005	23	Pesquisa Agropecuária Brasileira	1,100
9	Climatic risk zoning for Conilon coffee in Espirito Santo, Brazil	Pezzopane, J. R. M.; Castro, F. D.; Pezzopane, J. E. M.; Bonomo, R.; Saraiva, G. S.	2010	22	Revista Ciência Agronômica	0,760
10	Bioactive compounds and antioxidant activity of conilon coffee submitted to different degrees of roasting	Morais, S. A. L.; Aquino, F. J. T.; Nascimento, P. M.; Nascimento, E. A.; Chang, R.	2009	21	Química Nova	0,130

Quanto aos autores, o principal pesquisador para a variedade conilon é o Professor brasileiro Dr. Fábio Luiz Partelli, com 38 estudos na área, indexados na WoS. Conforme informações retiradas da Plataforma Lattes, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), órgão do Brasil, Luiz Partelli é Engenheiro Agrônomo e leciona na UFES, no ES. Portanto, possui maior contato com a cultura do café conilon. Este pesquisador também é o mais citado em estudos sobre a variedade conilon, servindo de base para estudos atuais, embora continue ativo, já tendo publicado em 2023 o estudo 'Nutritional diagnosis in a Conilon coffee plantation in the northern region of the Espírito Santo state' e 'Morpho-agronomic and leaf anatomical traits in *Coffea canephora* genotypes', nas Revistas Agrogeoambiental e Ciência Rural, respectivamente.

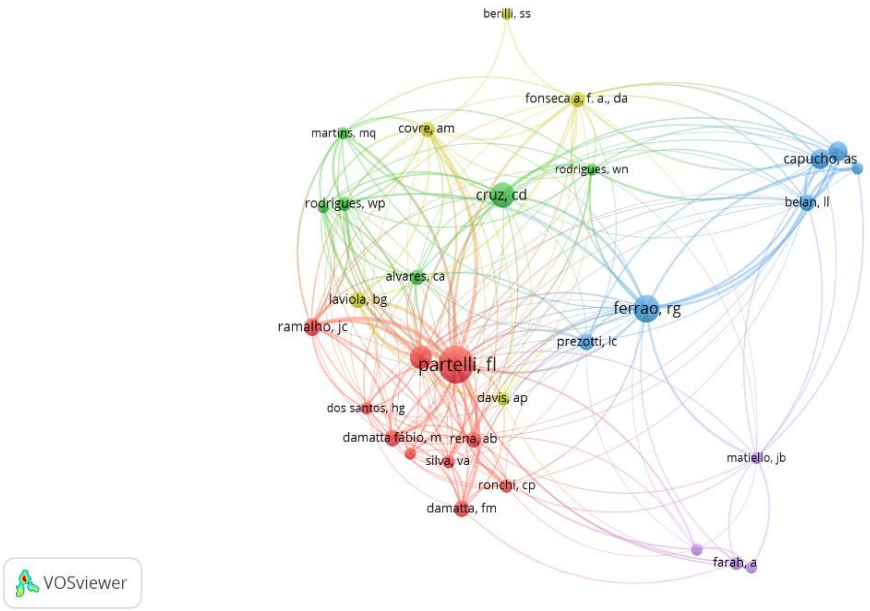


Figura 4. Os autores mais citados acerca do café conilon na WoS, de acordo com a cocitação (mapa de visualização da rede).

4.4 Análise de Palavra-chave

Foi feita uma análise das palavras-chave para apresentar uma visão geral das tendências nas publicações relacionadas ao tema 'café conilon'. Ao todo, foram utilizadas 284 palavras-chave diferentes, somando-se todos os 143 documentos (Figura 5), publicados entre 2001 e 2023. Nestes estudos, as palavras mais

recorrentes foram: *C. canephora* (33 ocorrências), *state* (9 ocorrências), *arabica* (7 ocorrências) e *conilon coffee* (6 ocorrências). O termo '*C. canephora*' pode designar tanto o café robusta quanto o café conilon, já que é o nome científico de ambos. Logo, os autores devem deixar claro qual variedade foi utilizada no estudo. O termo 'state' foi utilizado principalmente sem acompanhamento, o que dificulta o leitor de compreender que a palavra se refere aos estados do Espírito Santo, Rondônia ou Bahia, responsáveis pela produção de café conilon. O termo 'arabica' provavelmente aparece com frequência devido à boa parte das pesquisas utilizá-lo em conjunto com o café conilon, na forma de *blends*, ou investigá-lo em paralelo para realizar análises comparativas. Ressaltamos que a palavra-chave *robusta coffee* teve duas ocorrências, explicitando o uso equivocado deste termo como sinônimo de café conilon.

A recorrência de palavras-chave evidenciou algumas tendências de pesquisa com o café conilon, como avaliação dos atributos químicos tanto do solo quanto da matéria-prima (incluindo análise dos compostos voláteis), seleção aprimorada e diversificação da variedade por meio da adequação às condições climáticas e manipulação genética, dentre outras. A qualidade relacionada aos atributos organolépticos do café, tema relacionado a FS&T, foi estudada em pesquisas recentes, mas não é o principal foco da maioria dos trabalhos. A constituição química do café também tem sido explorada, especialmente por estudos que comparam processos fermentativos. No entanto, estes dados e informações constam em periódicos pouco atrelados a FS&T.

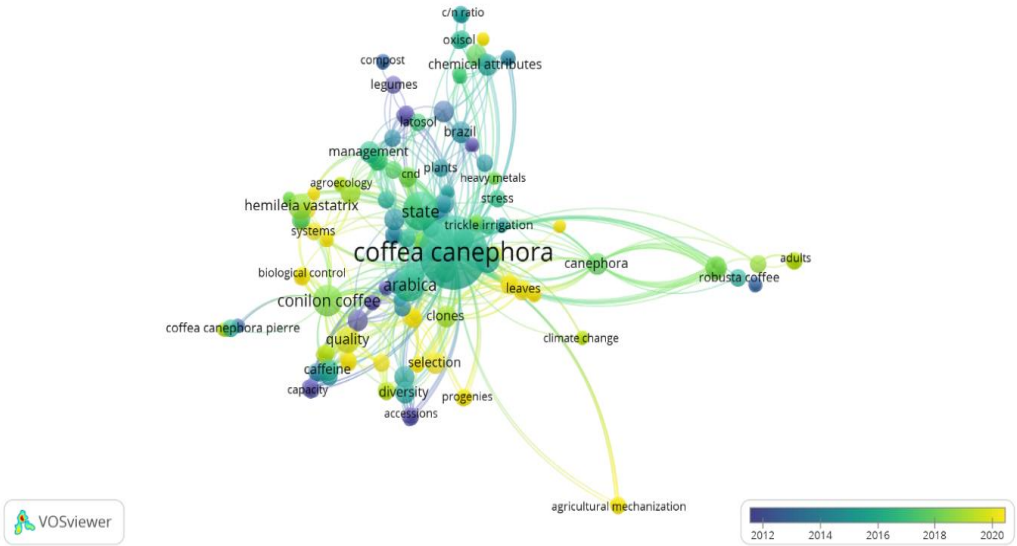


Figura 5. Mapa de visualização em rede de palavras-chave utilizadas na produção bibliográfica relacionada ao café conilon, de 2001 a 2023.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Café conilon: Constituintes Químicos importantes na estrutura do fruto

A relação entre a qualidade sensorial dos alimentos, que é determinada principalmente pelo sabor e aroma, e a presença de compostos responsáveis por essas características é uma questão central para a área. De acordo Machado et al. (2007), isso é especialmente relevante para indústria de alimentos, já que a definição de índices relacionados à qualidade tem um impacto direto no valor agregado do produto.

Para compreender o comportamento químico do café conilon e identificar seus parâmetros de identidade, é necessário conhecer as substâncias que o compõem. Essa informação, não apenas beneficia a indústria na tomada de decisões sobre o processamento da matéria-prima, mas também permite que a população tenha acesso à composição do alimento que está consumindo. Como afirmado por Gondim et al. (2005), essas informações são importantes para uma série de atividades, incluindo avaliação do suprimento e consumo alimentar de um país, verificação da adequação nutricional da dieta de indivíduos e populações, avaliação do estado nutricional, pesquisa sobre as relações entre dieta e doença, planejamento agropecuário, indústria de alimentos, entre outras. Com isso, buscou-se na literatura, estudos que quantificassem a composição química do café conilon. A Tabela 3 mostra os percentuais destes compostos para diferentes estágios de maturação e/ou processamento do café.

Tabela 3: Composição centesimal do café conilon e arábica em diferentes estádios de maturação/torrefação.

Tipo de café	Café conilon verde[1]		Café conilon maduro cru[2]	Conilon Torrado (torra clara)[3]	Conilon torrado (torra média)[3]	Conilon torrado (torra escura)[3]	Arábica cru[3]	Arábica torrado[4]
Grau de maturação	60%	80%						
Umidade (g/100g)	8,9±0,1	10,0±0,0	--	3,0±0,25	2,6±0,42	2,0±0,17	4,34[5]	0,87±0,05
Lipídeos (g/100g)	5,2±0,3	5,3±0,4	7,97	5,5	6,0	7,0	8,14	11,27±0,12
Proteínas (g/100g)	16,0±0,2	16,0±0,2	19,43	16,33	16,42	16,57	18,02	13,05±0,08
Carboidratos (g/100g)	52,4±0,7	50,2±0,5	51,13	--	--	--	53,06	64,16
Minerais (g/100g)	4,4±0,3	4,3±0,3	3,9	4,52±1.0	4,91	5,64	4,34	4,45±0,05
Fibras (g/100g)	17,5[5]	18,5[5]	17,57	--	--	--	16,44	--
Sólidos solúveis (°Brix)	--	--	31,42	31,00	29,0	26,0	31,25	25,00±2,00
Açúcares totais (g/100g)	--	--	4,81	--	--	--	8,50	10,4
Açúcares redutores (g/100g)	--	--	0,16	--	--	--	--	--
Valor calórico (kcal)[6]	318,8	312,5	354	--	--	--	357,6	410,3

Nota: Dados retirados de [1]Salustriano (2019), [2]Pereira et al. (2000b), [3]Nascimento et al. (2008) e [4]Vasconcelos et al. (2005) e Mendonça et al. (2007). [5]Calculado por diferença, considerando os demais constituintes centesimais. [6]O valor calórico foi mensurado pela fórmula: (4xC) + (9xL) + (4xP), onde C = carboidratos; L = lipídeos e P = proteínas.

Em seu estudo, Salustriano (2019) examinou os compostos químicos presentes no café conilon em três estágios de maturação distintos, correspondendo a 60%, 80% e 100% dos grãos maduros. Embora tenha sido observada pouca variação na composição química entre as amostras em cada estágio de maturação, a análise sensorial revelou que a amostra com 60% dos grãos maduros recebeu uma nota global significativamente inferior em comparação com as outras amostras.

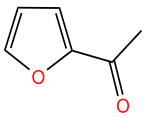
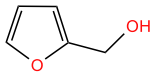
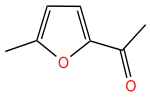
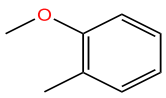
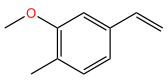
Nascimento et al. (2008) conduziram investigações para analisar as mudanças na composição química do café conilon durante a torrefação em diferentes intensidades: clara, média e escura. Os resultados indicaram uma relação direta entre o grau de torrefação e a composição química no café. Conforme o grau de torra aumentou, a umidade diminuiu, visto que ocorreu a remoção da água presente no grão. Além disso, a torração intensa resultou na perda de ácidos orgânicos, na volatilização de alguns compostos e em sua carbonização natural, o que aumentou os sólidos insolúveis e diminuiu os solúveis. Os polissacarídeos foram os principais componentes da matéria solúvel do extrato, enquanto a lignina e demais compostos fenólicos constituíram o material insolúvel. A redução da matéria solúvel ocorreu devido à sua participação como precursora de compostos voláteis, como os polissacarídeos que se transformam em furanos e as proteínas que se transformam em pirazinas. Nota-se que a falta de análises acerca dos percentuais de açúcares em cada processo de torração, deixaram lacunas não respondidas acerca dos efeitos deste processo.

Pereira et al. (2000a) avaliaram as composições químicas de *blends* de café arábica e conilon a fim de relacioná-las às características sensoriais dos produtos. As misturas foram preparadas nas proporções conilon|arábica: 5, 10, 15, 20, 25 e 30%, além das amostras controle contendo 0% e 100% de conilon. As amostras foram avaliadas após serem moídas e coadas. Os resultados demonstraram que a variação influenciou na modificação dos constituintes químicos, aumentando o teor de açúcares redutores, acidez, pH e condutividade elétrica. Porém, tendo reduzido os percentuais de lipídeos e açúcares totais. Os autores definiram que estes *blends* poderiam diminuir o interesse sensorial pela bebida, pois os lipídeos e açúcares estão diretamente conectados à sua qualidade organoléptica.

5.1.1 Compostos Voláteis do café conilon

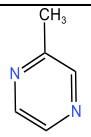
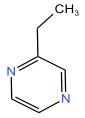
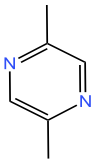
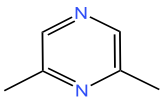
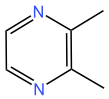
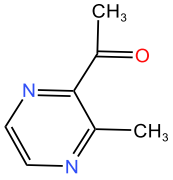
Os compostos voláteis são fundamentais na determinação do sabor e da funcionalidade do café. Estes compostos têm sido objeto de muitas pesquisas devido à sua importância. Aldeídos, cetonas, ésteres, mercaptanas, sulfetos, dissulfetos, tiofenos e tiazóis são alguns das centenas de compostos funcionais já identificados. No entanto, apesar da quantidade significativa de estudos sobre o assunto, há uma falta de pesquisa quando se trata do café conilon. Para entender quais são os compostos voláteis presentes no café conilon e como estes afetam o perfil sensorial da bebida, Machado et al. (2021), Agnoletti et al. (2022b) realizaram pesquisas para caracterizar e quantificar esses compostos. A Tabela 4 apresenta os compostos voláteis mais comuns encontrados na variedade conilon.

Tabela 4. Percentual médio de compostos voláteis no café conilon.

Classe	Composto	Valor médio ± Desvio padrão (%)	Estrutura	Aroma
Furano	Furfural	8,06±1,72		Amêndoas/Caramelo
	2-Furil-metanol	13,44±2,09		Doce/ caramelo/ Nozes
	5-Metilfurfural	26,72±4,60		Doce/Caramelo/amêndoa/Frutado
Fenol	2-Metoxifenol (Guaiacol)	1,90±0,51		Especiarias/fenólico
	4-Etenil-2-Metoxifenol	15,55±3,37		Especiarias/fenólico
Piridina	Piridina	1,49±0,30		Adstringente/amargo/ queimado/torrado

Fontes: Machado et al. (2021) e Agnoletti et al. (2022b).

Tabela 4. Percentual médio de compostos voláteis no café conilon (continuação).

Classe	Composto	Valor médio ± Desvio padrão (%)	Estrutura	Aroma
Pirazina	2-Metilpirazina	6,97±0,63		Nozes/chocolate/torrado
	2-Etilpirazina	2,19±1,39		Manteiga/torrado
	2,5-Dimetilpirazina	3,24±0,74		Nozes/gramado/milho/torrado
	2,6-Dimetilpirazina	4,64±0,58		Nozes/verde/torrado
	2,3-Dimetilpirazina	1,23±1,02		Nozes/verde/torrado
	2-Acetil-3metilpirazina	1,63±0,38		Batata doce/nozes

Fontes: Machado et al. (2021) e Agnoletti et al. (2022b).

Para sanar a falta de informações sobre o café conilon, Machado et al. (2021) realizaram uma pesquisa com o objetivo de caracterizar os compostos voláteis presentes em diferentes cultivares clonais em três ciclos de maturação: precoce, intermediário e tardio. Os compostos foram classificados em quatro categorias, sendo que a intensidade de cada um variou de acordo com o ciclo de maturação. No café conilon de maturação intermediária, os compostos mais presentes foram aqueles da classe Furano. Naquele que foi coletado de forma precoce, teve maior percentual de compostos presentes na classe Pirazina. Já o de maturação tardia apresentou maior teor de compostos presentes na classe fenol. Apesar das diferenças na intensidade dos compostos voláteis, os três ciclos de maturação

apresentaram notas globais muito próximas quando submetidos à análise sensorial, impossibilitando os autores de realizarem uma relação entre a qualidade e o composto volátil responsável.

O estudo de Nascimento et al. (2007) analisou o impacto dos diferentes graus de torra no aroma do café conilon, medindo a atividade odorante dos compostos voláteis presentes. Essa medida é quantificada dividindo-se a concentração relativa do composto, pelo seu limite de percepção. Foi descoberto que os compostos mais abundântes não são os principais responsáveis pelo aroma, e que a β-Damascenona é o composto com maior atividade odorante relativa. Este composto é uma cetona importante no estudo dos compostos voláteis, presente em muitos produtos vegetais, com um limite de percepção de 0,002 μg L^{-1} em água e é descrito como uma das substâncias responsáveis pelo aroma frutal e floral. Estes resultados demonstram que a análise dos compostos voláteis no café não pode ser resumida apenas à quantificação e à caracterização odorífica de cada composto ali presente, mas outros parâmetros, como o limite de percepção e o teor relativo devem ser considerados.

5.1.2 Compostos bioativos do café conilon

Os compostos relacionados aos benefícios da saúde humana são tão importantes quanto os compostos voláteis responsáveis pelas características sensoriais do café conilon. Atualmente, o conceito de alimento funcional tem se tornado cada vez mais relevante na sociedade, afinal, já existem evidências científicas em diversos alimentos que comprovam seus atributos na promoção da melhoria da qualidade de vida, prevenção de doenças e manutenção da saúde de forma geral. Isso se deve à presença de compostos bioativos em alimentos funcionais (Dias et al., 2020).

Para determinar a bioatividade do café conilon, buscou-se na literatura, títulos que avaliassem a atividade antioxidante e/ou anti-inflamatória dos principais compostos fenólicos. A tabela 5 dispõe dos principais resultados encontrados.

Tabela 5. Compostos bioativos do café conilon e arábica.

Tipo de café	Café conilon	Café conilon	Café conilon	Café arábica
Grau de torra	Torra clara	Torra média	Torra escura	Torra média
Teor de Trigonelina	0,24	0,1	--	0,489
Teor de Cafeína	2,3	2,45	1,7	0,9
Teor de Ácido clorogênico	2,0	2,0	1,0	0,4
Compostos fenólicos	8,92	7,16	6,37	4,73
Atividade antioxidante	79,60±1,47	67,90	59,59	53,60

Fontes: Abrahão et al. (2010), Morais et al. (2009) e Alves et al. (2006).

Morais et al. (2009) avaliaram os compostos bioativos e a atividade antioxidante do café conilon submetido a diferentes graus de torra. Para caracterizar os principais constituintes do café, os autores realizaram uma análise por cromatografia líquida de alta eficiência. Para determinar a atividade antioxidante, os pesquisadores utilizaram o método DPPH. O café conilon apresentou maior atividade antioxidante no processo de torra clara e observou-se que os teores de trigonelina diminuíram com o grau de torra.

Em estudo semelhante, Lemos et al. (2022) analisaram os teores de ácido clorogênico, cafeína, atividade anti-inflamatória e antioxidante de grãos de café conilon e arábica verde colhidos com diferentes graus de maturação. Para determinação da atividade antioxidante, os autores executaram os testes de DPPH, FRAP e $ABTS^{+}$. Em todos os testes, os autores perceberam que os grãos colhidos com 80% e 100% de maturação apresentaram maior teor de atividade antioxidante. O efeito anti-inflamatório foi determinado dos extratos de café a partir de sua capacidade de inibir a produção de óxido nítrico, ânion superóxido e citocinas pró-inflamatórias. Perante as análises realizadas, ficou comprovado que apenas os grãos da variedade conilon apresentaram valores significativos para as atividades anti-inflamatórias, com contribuição da cafeína e do ácido clorogênico. Dentre as amostras avaliadas, os autores puderam comprovar que os cafés da variedade conilon com maior estágio de maturação tiveram os resultados mais relevantes para

atividade antioxidante e efeitos anti-inflamatórios, pois foram os únicos capazes de inibir a produção do ânion peróxido IL-6 próximo a 100%. Estes trabalhos não só demonstraram a atividade bioativa do café conilon, mas confirmaram que essa atividade é maior que a do próprio café arábica, podendo ser um importante fator na avaliação qualitativa da bebida.

Os estudos sobre o café conilon têm trazido esclarecimentos sobre os compostos químicos que conferem as características sensoriais e as propriedades biológicas da bebida. A menor quantidade de açúcares e lipídeos no conilon explicam porque ele ainda não consegue competir com o arábica. Entre os compostos funcionais, os mais estudados são a trigonelina, o ácido clorogênico e a cafeína. Os ácidos clorogênicos têm propriedades protetoras do fígado, hipoglicêmicas e antivirais. Já as pesquisas sobre os compostos voláteis do café conilon identificaram os componentes responsáveis pelo sabor da bebida sendo a β-damascenona, o de maior atividade odorífica conferindo o seu aroma frutal.

5.2 Fermentação do Café conilon

A fermentação ocorre logo após a colheita dos grãos maduros e consiste na decomposição natural dos açúcares presentes na mucilagem do café pelos microrganismos no ambiente. Estes microrganismos apresentam uma variedade de tipos, incluindo aqueles que operam em ambientes aeróbicos ou anaeróbicos, úmidos ou secos. Bactérias como os *Lactobacillus spp. e Streptococcus spp.*, são responsáveis pela fermentação láctica, e as leveduras, principalmente a *S. cerevisiae* promovem a fermentação alcoólica do grão. As condições de armazenamento afetam significativamente os efeitos gerados pelo processo de fermentação. Tanto a via seca quanto as vias úmidas são realizadas em diversos locais, tais como tanques, sacos plásticos e tambores, podendo ocorrer em contato com o oxigênio ou não. Em ambos os processos, o tempo de fermentação pode variar, o que levará a diferentes qualidades de bebida, dependendo das condições climáticas e de temperatura da região. Além do mais a adição de novas culturas também é um fator determinante para modificar o comportamento do processo fermentativo (Pimentel e Andrade, 2022).

O café conilon enfrenta desafios para entrar no mercado de cafés especiais, devido aos constituintes químicos que prejudicam as suas notas sensoriais. Este

problema também era muito comum em cafés robustas, que encontraram a resolução ao serem submetidos a melhorias no beneficiamento do grão, sendo a fermentação um dos processos mais aplicados (Alcântara et al., 2016). A melhora do perfil químico do café robusta o fez ganhar destaque como uma bebida suave com características sensoriais próprias.

Enquanto existem muitos estudos sobre o impacto da fermentação na qualidade do café arábica e robusta, ainda há poucas pesquisas sobre o mesmo tema para a variedade conilon. A fermentação do café conilon pode ser uma oportunidade para melhorar sua qualidade, pois os processos bioquímicos envolvidos podem resultar em mudanças na composição química e no perfil sensorial do café.

Oliveira et al. (2020a) avaliaram o perfil sensorial de cafés conilon após submissão a quatro métodos de processamento (*washed* – imerso em fermentação com água, *yeast fermentation* – imerso em fermentação com água e levedura, *Fully Washed without yeast* – imerso em fermentação sem água e *Fully Washed with yeast* – imerso em fermentação a seco com levedura) com durações de fermentação de 24, 48 e 72 horas. Os autores aplicaram dois tipos de fermentação: espontânea e induzida com culturas *starters* (leveduras). Os resultados indicaram que a fermentação induzida com a levedura *S. cerevisiae* associada ao processamento seco por 48 horas resultou na maior pontuação para o atributo acidez. Além disso, os autores descobriram que é possível prever a pontuação deste atributo do café conilon submetido a diferentes processos e períodos de fermentação através da análise de espectros de infravermelho na região média (FTIR-ATR) com a técnica de regressão PLS (mínimos quadrados parciais). A aplicação da faixa de 2800 a 4000 cm^{-1} é uma boa escolha por ser capaz de refletir informações relacionadas a este atributo sensorial.

Por sua vez, Oliveira et al. (2020b) apresentaram uma pesquisa realizada com o objetivo de entender a influência de diferentes processos fermentativos na composição química e qualidade final do café conilon. Os experimentos utilizaram processos que aplicavam culturas *starters* (levedura) para modificar as rotas metabólicas e melhorar a qualidade sensorial do café. A técnica de espectroscopia de infravermelho, mas desta vez associada a uma análise multivariada, foi utilizada para identificar as alterações químicas causadas pelos tratamentos fermentativos. Os resultados da análise exploratória mostraram uma distribuição sutil das amostras,

indicando alterações na composição química do café após os tratamentos. O tratamento chamado *Fully washed without yeast* se destacou como diferente dos demais, pois não teve adição de levedura ou água que poderiam favorecer a fermentação por microrganismos naturais do café. Os grupos químicos identificados, responsáveis por distinguir os tratamentos testados foram principalmente hidroxilas de álcoois (presentes em açúcares do café) e de ácidos carboxílicos. Em conclusão, a técnica de espectroscopia de infravermelho associada a análise multivariada foi eficiente na identificação de alterações químicas causadas pelos tratamentos e os resultados sugerem que o uso de culturas starters pode otimizar a qualidade do café.

Oliveira et al. (2020a; 2020b) trazem uma nova perspectiva sobre a análise sensorial do café, pois o método comumente utilizado é subjetivo, baseado nas notas dadas pelos provadores, dependente do teste sensorial empregado e da escala hedônica escolhida. Portanto, este método de inclusão da técnica de espectroscopia de infravermelho para análise dos resultados fornece uma forma de converter dados qualitativos (ou semiquantitativos) em quantitativos, gerando maior confiabilidade, pois o método também determina um erro aos escores dos atributos sensoriais. Os artigos também demonstram a importância de estudar os processos fermentativos para melhorar a qualidade do café conilon. O estudo é importante para os produtores, pois os resultados podem ajudá-los a definir estratégias viáveis e eficientes para produzir um café de melhor qualidade.

Fioresi et al. (2021) também utilizando espectroscopia de infravermelho médio, mas com transformada de Fourier (FT-MIR) endossaram que a fermentação do café é um indicador de alterações nos grupos químicos. Afinal, os autores, ao usarem este método, descobriram que os grupos funcionais identificados em café conilon fermentado com *S. cerevisiae* por 36 horas, 12 horas a menos que o relatado por Oliveira et al., (2020a), estão associados a formação de compostos secundários presentes nas características qualitativas do café arábica. Reforçando os resultados de Oliveira et al. (2020a), a fermentação seca com levedura foi mais uma vez apontada como a técnica de processamento mais recomendada para o café conilon, com base nos compostos secundários obtidos e sua relação com a qualidade final do café. Ademais, o aroma foi apontado como um alvo promissor para selecionar as melhores condições de fermentação do café conilon.

O estudo de Fioresi et al. (2021) contribuiu para o surgimento de um método sem precedentes para verificar as alterações químicas do café conilon ao longo da fermentação. Os autores descobriram que a espectroscopia de infravermelho médio com transformada de Fourier associada à comparação do desvio da média é uma forma de acompanhar estas mudanças com alta confiabilidade. De fato, ferramentas estatísticas de análise de dados, combinadas com a técnica de espectroscopia de infravermelho, são essenciais para estudos comparativos de populações baseado em amostragem.

Perante a necessidade de avaliar com maior confiabilidade as mudanças qualitativas do café conilon através do processo fermentativo, a Espectroscopia de Infravermelho tem sido amplamente utilizada em estudos recentes, para investigar as diferenças entre as variedades sem e com fermentação, além de similaridade com o café arábica. Ela mensura a absorção de energia pela matéria no espectro eletromagnético, permitindo a análise de amostras pequenas, sejam elas sólidas ou líquidas, de maneira rápida e não destrutiva. Essas vantagens resultaram em um grande avanço na aplicação da técnica em pesquisas relacionadas a alimentos e produtos agrícolas (Porep et al., 2015). Por esse motivo, a Espectroscopia de Infravermelho é uma ferramenta valiosa para o controle do processo de torrefação e fermentação do café, pois fornece resultados de análise rápidos e requer pouco ou nenhum preparo das amostras, tanto para o café verde quanto para o torrado (Barbin et al., 2014).

Agnoletti et al. (2022a) executaram a análise sensorial e de perfil químico de amostras de café conilon obtidas por seis métodos de fermentação nos tempos de 24, 48, 72, 96 e 120 horas. Os resultados mostraram que os ácidos clorogênicos, a cafeína, a γ-butirolactona, os lipídios, os açúcares e o ácido acético são responsáveis pela discriminação dos diferentes processos de fermentação. Além disso, os lipídios foram identificados como característicos dos cafés com os melhores resultados sensoriais, sugerindo que devem ser indicadores priorizados para a manutenção da qualidade da bebida. A fermentação induzida pela *S. cerevisiae* com duração de 48h, foi a condição ideal para que os cafés conilon atingissem os maiores índices sensoriais, indo ao encontro dos resultados determinados por Oliveira et al. (2020a).

Silva et al. (2021) investigaram as características microbiológicas, químicas e sensoriais da fermentação do café conilon inoculado com leveduras. Os autores

conduziram um experimento onde o café foi fermentado por 48 horas com ou sem inoculação com leveduras selecionadas. As características microbiológicas, químicas e sensoriais do café fermentado foram avaliadas e comparadas com o café não fermentado. Os resultados mostraram que a inoculação com leveduras resultou em uma maior quantidade de ácido lático e uma menor quantidade de ácido acético na fermentação, o que pode ter um impacto positivo na qualidade do café conilon. Além disso, a inoculação com leveduras também resultou em uma mudança nas características sensoriais do café de alta altitude (600 m), incluindo um aumento na intensidade do sabor e aroma. Em conclusão, os autores sugeriram que a inoculação com leveduras é uma técnica eficaz para melhorar as características microbiológicas, químicas e sensoriais da fermentação do café conilon.

O estudo de Silva et al. (2021) fornece uma compreensão valiosa sobre o impacto da fermentação com leveduras na qualidade do café, o que pode ser útil para melhorar a produção de café conilon em larga escala. Além disso, os autores foram os primeiros a avaliarem o impacto do uso de leveduras na microbiota do café conilon, dando um caráter de ineditismo ao trabalho, o tornando relevante. Ademais, o aumento do escore sensorial do café de alta altitude contribui para o aumento do valor do café conilon, possibilitando que os produtores vendam o produto por um preço mais alto ao mercado.

Diferentes estudos estipularam que 36-48 h é o tempo necessário para as leveduras e demais culturas iniciadoras modularem a composição dos carboidratos solúveis, ácidos orgânicos, álcoois e outros compostos presentes na polpa e mucilagem do grão de café conilon através de suas atividades metabólicas. Este processo resulta na alteração dos componentes relacionados ao aroma e sabor do café o suficiente para elevar sua aceitação sensorial. Estas trocas de substâncias podem persistir após o processo de torrefação, contribuindo para a criação de perfis sensoriais únicos e distintos (Wang et al., 2020).

Filete et al. (2022) examinaram o *terroir* do café conilon em uma perspectiva edáfica e sensorial, a partir de amostras de café cultivadas em diferentes localidades do Espírito Santo. O *terroir* refere-se à combinação de fatores ambientais, climáticos, geológicos e culturais que influenciam a produção e a qualidade de um determinado produto agrícola. A pesquisa incluiu a coleta de amostras de solo e de grãos de café das regiões estudadas, seguida por análises físicas, químicas e sensoriais. Os resultados mostraram que houve variações significativas nas características edáficas

(altitude e temperatura climática) e sensoriais entre as diferentes regiões estudadas, sugerindo que o *terroir* tem um impacto significativo na qualidade do café produzido. Além disso, a pesquisa destacou a importância da consideração do *terroir* na produção de cafés de alta qualidade e na valorização das regiões produtoras.

Filete et al. (2022) verificaram que a fermentação natural em regiões de altitude e temperatura mais baixas resultou em melhorias no sabor, reforçando a importância do fator "*terroir*". Este resultado vai de encontro ao que a literatura relata em um comparativo entre as espécies *C. arabica* e *C*. *canephora*, tendo em vista que é justamente a alta altitude, onde se produz a primeira espécie um dos motivos que a torna superior em atributos sensoriais. Todavia, os autores sugeriram que a fermentação controlada pode aumentar ainda mais a qualidade sensorial do café conilon obtido em áreas de elevada altitude, o que abre caminho para a readequação do *terroir* da produção de café conilon. Esta melhoria está em concordância com os resultados dos demais autores já citados nesta atual revisão, em especial com as pesquisas de Silva et al. (2021), podendo ser feita por leveduras *S. cerevisiae*.

Pereira et al. (2020) determinaram os efeitos da altitude e da declividade do terreno no café conilon. A variedade foi colhida em altitudes de 300 e 600 metros. Os resultados mostraram que a altitude teve um impacto significativo na composição química do conilon e na qualidade da bebida, com valores de pH mais baixos e maior porcentagem de sólidos solúveis sendo encontrados a 300 m de altitude, endossando os resultados atingidos por Filete et al. (2022). A altura também afetou significativamente os compostos fenólicos, mas não teve efeito significativo na composição centesimal da variedade. Além disso, a inclinação do terreno não teve efeito significativo na qualidade da bebida, enquanto a altitude sim, com os cafés colhidos a 600 m de altitude obtendo as maiores notas, reafirmando os resultados notados por Silva et al. (2021). Em conclusão, a altitude e a inclinação do terreno têm um impacto significativo na composição química das cerejas e na qualidade da bebida, e esses resultados são importantes para o cultivo e o processamento de grãos de café.

Pereira et al. (2019) chegaram nas mesmas conclusões que os demais pesquisadores quanto a importância do uso de *S. cerevisiae* para a construção do perfil sensorial do café conilon, principalmente em comparação à fermentação espontânea. A novidade trazida pelo estudo dos autores está na descoberta da

correlação linear positiva entre o escore global do café e o tempo de fermentação do produto. Enquanto Oliveira et al. (2020) afirmaram ser possível prever o escore do atributo acidez com base no tempo fermentativo e uso de FTIR-ATR, Pereira et al. (2019) conseguiram mensurar de forma inédita uma equação capaz de prever com precisão relativamente alta (R^2=0,96) qual será a nota global do café conilon apenas com base em seu tempo fermentativo: *Nota global do café =77,0781+0,0463542 x tempo de fermentação*. Para os produtores que prefiram realizar a fermentação espontânea, os autores também conseguiram mensurar uma correlação positiva para este processo em relação a nota sensorial do produto: *Nota global do café =78,1094+0,0196615 x tempo de fermentação* (R^2=0,97).

Curiosamente, o trabalho de Pereira et al. (2019) não está bem indexado, estando ausente nas principais bases de dados para as áreas de Ciência de Alimentos e Ciências Agrárias. Além disso, está escrito em português, o que limita o seu alcance, embora o público principal almejado sejam os cafeicultores situados no estado do Espírito Santo, Brasil. As equações podem poupar tempo e gastos financeiros dos produtores para se chegar na melhor qualidade do café conilon, embora os modelos preditivos ainda necessitem de validação através de outros estudos.

Alves et al. (2020) testaram o efeito de métodos de fermentação anaeróbica na qualidade do café conilon cultivado no estado de Rondônia, Brasil. Dois experimentos foram realizados com processos de fermentação por maceração semicarbônica (termo referente ao método de fermentação onde existe a presença de oxigênio no início do processo, que vai sendo eliminado na medida em que o CO_2 é produzido) e inoculação de levedura, usando frutos íntegros e despolpados. Os cafés foram avaliados usando o Protocolo de degustação de Robustas Finos do Coffee Quality Institute – CQI e as notas foram comparadas a um café submetido ao tratamento padrão (controle). Não houve diferenças significativas nas notas de qualidade da bebida, mas houve diferenças expressivas nos descritores sensoriais. Os tratamentos de maceração semicarbônica por 20 dias se destacaram, apresentando descritores frutados, doces e caramelados. A diferença entre os tratamentos indica que a qualidade da bebida pode ser mantida com diferentes processos de pós-colheita, mas o estudo de processos fermentativos é importante para produzir cafés de melhor qualidade. A tendência observada de envelhecimento dos cafés, após a fermentação intensa também foi destacada como fator positivo

para a produção de cafés especiais, havendo concordância com as observações de Pereira et al. (2019).

Alixandre et al. (2019) estudaram o impacto da forma de processamento sobre a qualidade sensorial do café conilon. Os autores descobriram que os cafés processados de forma natural (via natural) apresentaram atributos sensoriais superiores ao processamento via úmida. Afinal, enquanto os escores via seca foram equivalentes ao perfil sensorial com notas de frutas amarelas, vinhoso e chocolate, o escore da via úmida foi relativa a notas de manteiga, cacau, nozes, baunilha e amêndoas. Ademais, as enzimas Pectinex® Ultra SP-L e LNF CNA/CNB não influenciaram no perfil sensorial dos cafés, mas otimizaram o tempo de processamento do produto por via úmida. Portanto, os resultados globais do estudo de Alixandre et al. (2019) apontam o processo via seca como o mais vantajoso, pois não necessita de etapas adicionais, adição de mais água ao processo ou do uso de enzimas, além de resultar em um produto com elevada qualidade sensorial, apesar da aplicação enzimática poder baratear o processo via úmida.

Lima Filho et al. (2013) foram alguns dos precursores de estudos que se propuseram a avaliar diferentes condições de processamento e formulação sobre os parâmetros físico-químicos e sensoriais de café conilon, considerando a publicação feita quase uma década antes dos estudos atuais. Os autores submeteram o café a três formas de processamento: via seca, via úmida sem fermentação e via úmida com fermentação, utilizando somente grãos selecionados. A análise sensorial foi realizada por avaliadores profissionais e as análises físico-químicas incluíram umidade, pH, acidez titulável total e extrato aquoso. O resultado mostra que todas as amostras tiveram boa nota global na classificação sensorial e não houve diferenças significativas no pH e acidez, independentemente da forma de processamento. Lima Filho et al. (2013) inferiram o mesmo que os estudos de Alixandre et al. (2019), concluindo que o processamento via natural fornece uma bebida de boa qualidade físico-química e sensorial, sendo os únicos no presente estudo, a não encontrarem aspectos positivos no processo fermentativo. Porém, salientaram que esta qualidade depende que sejam usados grãos de boa qualidade para o processo e que seja evitada a fermentação indesejada.

No entanto, é possível melhorar a qualidade do café conilon obtido por via úmida. Brioschi Junior et al. (2016) avaliaram o impacto de diferentes métodos de fermentação na qualidade do café Conilon processado por via úmida. O experimento

foi conduzido com seis tratamentos diferentes, incluindo quatro com inoculações de culturas starters de *S. cerevisiae* e dois sem fermentação. Os resultados mostraram que os tratamentos com inoculações de culturas starters apresentaram-se como melhores do que os tratamentos "cereja descascado" e "natural". Em particular, os atributos Equilíbrio, Conjunto Uniformidade, Limpeza e Qualidade Global foram avaliados como tendo melhor qualidade nos tratamentos com inoculações de culturas starters. Portanto, os resultados alcançados pelos autores comprovam, mais uma vez, que a adição de culturas starters pode ser uma forma eficaz de melhorar a qualidade do café Conilon, mas desta vez, produzido por via úmida. No entanto, é importante realizar mais pesquisas para entender plenamente como os diferentes métodos de fermentação afetam a qualidade do café e para determinar as melhores práticas para a produção de café de alta qualidade.

Pereira et al. (2021) avaliaram a diversidade microbiana de café conilon cultivado em quatro ambientes diferentes no estado do Espírito Santo, Brasil. O café foi colhido em duas altitudes diferentes (300 m e 600 m) e em dois aspectos do terreno (encostas voltadas para sudeste e voltadas para noroeste) e processado pelo método seco. O estudo encontrou que a população de bactérias foi mais elevada durante o processo de secagem/fermentação, com os principais gêneros de microrganismos sendo *Bacillus*, *Pichia*, *Candida* e *Meyerozyma*. A concentração de ácidos acético e succínico foi de 6,06 mg/g e 0,84 mg/g, respectivamente. As concentrações de açúcares variaram entre 0,24 a 5,30 mg/g. Trinta e seis compostos voláteis foram identificados nas amostras torradas, com diferenças entre as altitudes e aspectos do terreno. No mais, a diversidade microbiana influenciou a composição de ácidos orgânicos e compostos voláteis presentes nas amostras, com diferenças mais pronunciadas entre amostras provindas de altitudes distintas. Os autores afirmaram estarem planejando investigar se o microrganismo isolado pode ser utilizado como cultura iniciadora para obter cafés com perfis sensoriais diferenciados.

Bravim et al. (2023) avaliaram o efeito da inoculação de *Meyerozyma guilliermondii* e *Bacillus licheniformis* (separados ou conjuntamente) no processo de fermentação úmida de café conilon, promovendo uma análise sensorial com provadores treinados, utilizando como base, o método CQI. A fermentação foi realizada por 48 horas e as contagens de bactérias mesófilas e láticas, leveduras e fungos filamentosos foram feitas. A inoculação dessas bactérias estimulou a

multiplicação de bactérias láticas e a identificação de vários ácidos (acético, cítrico, lático, oxálico, málico, succínico e tartárico), compostos voláteis (como 5-metilfurfural, acetato de 2-oxobutil, 1-furfurilpirrol e maltol) e outros produtos da fermentação. O monitoramento do pH foi crucial para garantir a qualidade da bebida. O desempenho de *Bacillus licheniformis* foi superior na fermentação, resultando em uma melhor pontuação para o café e em notas sensoriais (chocolate, caramelo e amêndoa) positivas na bebida. A presença de enzimas pectinolíticas e celulolíticas produzidas por *M. guillermondii* e *B. licheniformis* levou à hidrólise de macromoléculas, disponibilizando açúcares para serem usados como substrato pelas bactérias láticas. Além disso, a população de bactérias láticas e a concentração de ácido lático aumentaram durante a fermentação. Em suma, os autores conseguiram obter produtos com características *premium* em todas as condições impostas, evidenciando o potencial destas culturas iniciadoras na fermentação úmida do café conilon, especialmente *B. licheniformis*, algo antes nunca relatado na literatura, concretizando os interesses de Pereira et al. (2021)

Cassimiro et al. (2023) estudaram a metodologia de fermentação úmida auto-induzida anaeróbica (SIAF) para melhorar a qualidade do café conilon. A SIAF é uma técnica que utiliza um recipiente hermético para controlar o ambiente de fermentação, tornando-o anaeróbico, ou seja, sem a presença de oxigênio. Durante a fermentação, as bactérias láticas e leveduras foram as principais responsáveis pela conversão de açúcares em ácido lático, enquanto outros compostos são produzidos, incluindo compostos voláteis responsáveis pelo aroma e sabor do café. Os autores realizaram uma série de experimentos para avaliar a eficácia da SIAF na melhora da qualidade do café conilon. Eles compararam o café fermentado utilizando a SIAF com o café fermentado de forma convencional, e observaram que a SIAF resultou em um café com níveis mais elevados de ácido lático e compostos voláteis, além de um aroma e sabor mais pronunciados. Em resumo, os autores sugeriram que a SIAF é uma técnica promissora para melhorar a qualidade do produto, que por sua vez, pode ser utilizada para melhorar ainda mais outros tipos de cafés.

A metodologia apresentada por Cassimiro et al. (2023) é bem estruturada e os experimentos foram realizados de forma rigorosa, o que fortalece a confiabilidade dos resultados. Além disso, a comparação entre o café fermentado utilizando a SIAF e o café fermentado de forma convencional é uma abordagem adequada para

avaliar a eficácia da SIAF, já que permite a aplicação de análises estatísticas comparativas. No entanto, o artigo não discute possíveis desvantagens ou riscos associados à utilização da SIAF, o que pode ser considerado uma limitação importante. Em termos de contribuição para o conhecimento, o artigo fornece uma compreensão valiosa sobre a eficácia da SIAF na melhora da qualidade do café conilon, mas é necessário realizar mais investigações antes de se chegar a uma conclusão definitiva sobre a aplicabilidade da SIAF quanto aos possíveis impactos negativos da utilização desta técnica. De qualquer forma, os autores conseguiram descobrir que a atuação de bactérias ácido-láticas como cultura starter em café conilon culminou em perfis químicos e sensoriais favoráveis ao produto, um resultado inédito. Porém, os autores associaram estas bactérias em um blend com *S. cerevisiae*. Portanto, a investigação da atuação solo das bactérias ácido-láticas para a fermentação de café conilon ainda é uma lacuna a ser preenchida na literatura.

Em suma, as pesquisas científicas permitiram concluir que o processo de fermentação a seco foi uma via vantajosa, fornecendo escores aos atributos sensoriais e perfil físico-químico do café conilon, além de ser menos custoso entre as formas de processamento, mas estudos recentes, como os realizados por Bravim, et al. (2023) e Cassimiro et al. (2023), demonstram que a fermentação por via úmida tem ganhado espaço no beneficiamento do café conilon, apresentando respostas positivas. A fermentação induzida aparentemente é uma melhor escolha para aplicação no café conilon, podendo ser realizada por diferentes culturas iniciadoras, sendo a *S. cerevisiae* a mais indicada por ser a mais estudada pela literatura. Surpreendentemente, baixas altitudes contribuem mais para a melhora da qualidade deste café.

A espectroscopia de infravermelho na região média associada a análise multivariada, PLS ou transformada de Fourier com comparação do desvio da média podem se firmar como métodos oficiais para avaliação quantitativa dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sensoriais do café conilon, divergindo da análise qualitativa tradicional usada para avaliar café, especialmente os aspectos sensoriais. Todavia, algumas lacunas também ficaram evidentes durante a visitação aos estudos para construção desta revisão, como a ausência de trabalhos que tenham avaliado o efeito da temperatura do mosto de fermentação sobre a qualidade do café conilon.

5.3 Aproveitamento dos resíduos de Café Conilon

A geração de resíduos é um dos maiores problemas enfrentados pela indústria de alimentos. Nascimento (2015) explica que essa área é responsável por gerar toneladas de resíduos, acarretando sérios problemas ambientais devido à produção de lixo orgânico. Por muitas vezes, esses resíduos são de alto valor de (re)utilização (Pelizer et al., 2007; Almeida et al., 2021).

Fassio e Silva (2015) dizem que a valorização industrial do café conilon aumentou com o surgimento do café solúvel, já que este produto depende do uso de matéria-prima rica em sólidos solúveis. Um dos principais resíduos gerados durante o processamento do produto é a borra. Dos Santos et al. (2020) afirmam que se pode acumular 480 kg de resíduos (borra) para cada uma tonelada de café que foi industrializado. No entanto, esta borra costuma ser destinada de maneira inapropriada para aterros sanitários ou para processos de recuperação de energia, como a incineração, que utiliza o material como gerador de energia (Franca e Oliveira, 2022).

Diante deste sub-aproveitamento, pesquisadores da área têm dedicado esforços em estudar formas de aproveitamento deste resíduo pela própria indústria alimentícia, já que a borra apresenta em sua estrutura uma grande quantidade de matéria insolúvel, além de ter em seu interior um percentual considerável dos compostos funcionais de interesse, como a cafeína e os ácidos clorogênicos (Dos Santos et al., 2020).

O segmento mais estudado no que se refere ao reaproveitamento da borra do café é a sua utilização como material energético na produção de briquetes, blocos densos utilizados em caldeiras para a produção de calor e vapor. Soares et al. (2015), por exemplo, fizeram a moldagem destes briquetes com a utilização de resíduos de borra de café em pó e serragem de madeira, tentando averiguar a sua eficiência como substituintes de outros combustíveis utilizados em caldeiras de processo industrial, ou até mesmo para aquecimento em residências, já que as briquetes também podem ser utilizados em fornos. Os autores perceberam que o poder calorífico superior (PCS) foram consideravelmente maiores aos dos briquetes convencionais, concluindo que a utilização da borra do café em mistura com serragem tem grande potencial para serem aproveitados como fonte de energia, principalmente na própria indústria de café solúvel. Contudo, ao pensar no meio

ambiente, é importante averiguar se há grande geração de dióxido de carbono (CO_2) na combustão deste material.

Assim como Soares et al. (2015), Bianchet et al. (2020) produziram briquetes utilizando resíduos agrícolas de laranja e café. Mas os autores também buscaram avaliar o teor de fumaça das amostras, utilizando a escala de Ringelmann durante a queima, a fim de determinar a densidade dessa fumaça. Os índices chegaram no nível 3 da escala, equivalendo a uma densidade de 60%. Estes resultados são superiores aos aferidos por Kawás (2014). Este autor, ao monitorar as emissões atmosféricas de caldeiras de projetos distintos, encontrou uma densidade próxima a 20%, equivalente ao nível 1 da escala Ringelmann.

A Resolução CONAMA Nº 008, de 06 de dezembro de 1990 proíbe a emissão de fumaça por partes de fontes de poluição estacionárias com densidade superior ao padrão nº 01 da escala de Ringelmann (CONAMA, 1990). Isso inviabiliza a utilização dos briquetes produzidos a partir da borra de café, por conterem densidades superiores a 40%, mesmo que estes substituam o uso de madeira.

Sabe-se que os constituintes químicos do café conilon atuam como compostos aromáticos e fitoterápicos, e que parte destes constituintes ficam retidos na borra durante o processo de obtenção da bebida, fazendo deste subproduto uma substância rica em compostos de interesse industrial (Franca e Oliveira, 2022). Freitas et al. (2000), sabendo deste potencial, efetuaram a extração do óleo da borra de café solúvel com etanol comercial, tendo em vista que 20% dos lipídeos ficam retidos no resíduo. Os autores concluíram que o método é viável, chegando a atingir 70% de aproveitamento, mas com valores inferiores ao método de extração convencional. O uso de etanol combinado com o seu bom desempenho foi uma excelente escolha de Freitas et al. (2000), pois trata-se de um solvente verde, que não agride o meio ambiente.

Ballesteros et al. (2017b) buscaram otimizar as condições de Hidrólise Aquosa para extrair compostos fenólicos da borra de café, tendo em vista que os métodos comumente utilizados não são ecologicamente sustentáveis por conta da utilização de solventes prejudiciais ao meio ambiente. Os autores promoveram ensaios em diferentes condições, sendo elas: temperatura (160 a 200 ºC), relação líquido/sólido nas proporções de 5 a 15 mL água/g de borra de café e tempo de extração (10 a 50 minutos). O fator determinante para descrever qual o ensaio mais eficiente foi a atividade antioxidante, utilizando como medidores diferentes testes

encontrados na literatura, como o FRAP e o DPPH. Segundo os autores, a atividade antioxidante comprovou que a Hidrólise Aquosa foi eficiente na extração de compostos fenólicos da borra do café. As variáveis utilizadas influenciaram no poder de processamento, principalmente a relação líquido-sólido. A condição ótima de extração foi obtida com 200 ºC, relação líquido/sólido de 15 mL/g de borra e o tempo de extração de 50 minutos, apresentando alta atividade antioxidante.

Os resultados de Ballesteros et al. (2017b), embora façam sentido, podem ser questionáveis, pois, afirmar que o aumento da atividade antioxidante é atrelado ao aumento exclusivo da extração de compostos fenólicos é precipitado. Outros compostos também podem ter contribuído para o resultado, já que também desempenham atividade antioxidante. De toda forma, é um resultado que indica a presença de compostos de interesse para o segmento alimentício. Além disso, os autores verificaram em outro estudo uma correlação positiva entre a atividade antioxidante e o aumento da extração de fenólicos da borra de café (Ballesteros et al., 2017a), dando maior confiabilidade aos resultados mensurados.

Todavia, os compostos fenólicos quando em contato com o ambiente, tem propensão de serem oxidados, perdendo assim suas funções bioativas. Uma estratégia importante para preservar as propriedades destes compostos por um período mais longo é a microencapsulação, pois o material de revestimento atua como barreira, impedindo que o oxigênio e a água entrem em contato com os compostos em seu interior (Franca e Oliveira, 2022).

Ballesteros et al. (2017a) avaliaram a microencapsulação de compostos fenólicos extraídos da borra de café solúvel por meio de duas técnicas de encapsulamento: liofilização e secagem por pulverização (*spray drying*). Os compostos fenólicos foram extraídos por Hidrólise Aquosa. Os pesquisadores também analisaram a eficiência da maltodextrina e da goma arábica utilizadas de forma isolada e em uma mistura de 50:50%. Em suma, o material de revestimento e a técnica de microencapsulamento empregado estiveram diretamente ligados à quantidade de compostos retidos. Os autores perceberam que a liofilização em conjunto a maltodextrina forneceu os melhores resultados, cerca de 60% dos compostos fenólicos foram microencapsulados, preservando até 86% da atividade antioxidante original do extrato.

Embora a maltodextrina seja um material mais barato e disponível em comparação a goma arábica, os custos da microencapsulação dos compostos

fenólicos da borra do café conilon ficam comprometidos pela liofilização. Esta técnica de encapsulamento é cerca de 50 vezes mais cara do que a secagem em *spray* (Tonon et al., 2009; Mahdavi et al., 2016). Além disso, cerca de 30% dos compostos fenólicos foram perdidos durante o processo. Esta perda pode estar atrelada a porosidade dos carboidratos utilizados como agentes encapsulantes ou até mesmo em decorrência das condições operacionais do processo.

Meios de tentar reduzir as perdas de polifenóis pode ser através da aplicação de proteínas vegetais hidrolisadas por enzimas, pois alguns estudos têm comprovado que hidrolisados proteicos além de reduzir os poros decorrentes do filme de carboidratos (Reineccius and Yan, 2016; Francisco et al., 2022), aumenta a recuperação dos pós utilizando um percentual inferior a 2,5% (Fang et al., 2013) e fornece maior estabilidade térmica às micropartículas (Gomes e Kurozawa, 2021). Além disso, hidrolisados proteicos são hipoalergênicos e o uso de proteínas vegetais atende a atual demanda “verde” do mercado. Esta é uma ideia que ainda necessita ser testada para o encapsulamento dos fenólicos extraídos da borra do café. Portanto, o uso do *spray dryer* e da goma arábica não podem ser descartadas sem antes mesclar com a utilização de proteína.

Araújo et al. (2022) propuseram o uso conjunto da albumina, maltodextrina e goma arábica como agentes encapsulantes dos compostos bioativos da borra de café expresso, testando diferentes métodos de secagem: manta de espuma, liofilização de manta de espuma, *spray drying* e liofilização. Os valores de eficiência de encapsulamento ficaram entre 66,46% e 88,01%, com os menores valores obtidos para a manta de espuma. No entanto, todos os métodos de secagem testados contribuíram para a obtenção de pós com boas propriedades físico-químicas, o que indica que o produto seco pode ser aplicado em produtos alimentícios para aumentar seu valor funcional. Os resultados satisfatórios também devem-se ao uso combinado dos agentes encapsulantes, na qual os autores concluíram que a proporção ideal para o encapsulamento dos compostos da borra é de 4:6:10%, para albumina, malto e goma arábica, respectivamente.

Comparando com o estudo de Ballesteros et al. (2017a), nota-se que ao inserir albumina (proteína), Araújo et al. (2022) conseguiram obter resultados de retenção e eficiência de encapsulamento similares para os processos de secagem tradicionais: *spray* e liofilização, evidenciando a importância de escolha de um bom agente encapsulante para redução dos custos de processo e maior eficiência de

recuperação dos compostos de interesse. Porém a albumina pode ocasionar alergia, o que reduziria o público-alvo dos produtos alimentícios contendo estas micropartículas. Portanto, ainda se faz necessário estudar outras fontes proteicas que sejam hipoalergênicas, como a proteína do farelo de arroz (Ma et al., 2021) ou a aplicação da hidrólise (Xu et al., 2016).

Outro agente encapsulante proposto para a microencapsulação dos compostos fenólicos da borra de café foi a inulina combinada a maltodextrina e submetidas ao processo de *spray drying*. Pettinato et al. (2017) conseguiram encapsular 63% dos compostos bioativos da borra, resultado parecido com o valor atingido por Ballesteros et al. (2017a) e Araújo et al. (2022), mas que pode ser melhorado desde que haja mais variáveis testadas, como: taxa de alimentação, temperatura do ar de entrada e saída, fluxo do ar de secagem, pressão e diâmetro do bico atomizador, escolha do *spray* utilizado (já que alguns modelos evitam a ação da umidade relativa do ar ambiente), dentre outros fatores.

Conclui-se que a hidrólise aquosa tem sido o método mais explorado para a extração dos compostos de interesse dos resíduos de café conilon, enquanto a secagem em *spray* tem se tornado uma boa alternativa para a microencapsulação dos compostos de interesse da borra do café conilon, desde que sejam feitas boas escolhas de agentes encapsulantes e que haja mais testes variando as condições operacionais do processo. A maltodextrina tem sido amplamente empregada devido ao baixo custo aquisitivo. Contudo, este agente requer a ação conjunta de outros transportadores que sejam capazes de reduzir os seus poros, a exemplo de proteínas vegetais principalmente hidrolisadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos sobre o café conilon têm trazido esclarecimentos sobre os compostos químicos que conferem as características sensoriais e as propriedades bioativas da bebida. Quando comparado com o café arábica, o café conilon apresenta menor percentual de açúcares e lipídeos, substâncias importantes para sua caracterização sensorial. Entre os compostos funcionais, os mais estudados são a trigonelina, o ácido clorogênico e a cafeína. Além disso, foram identificados os componentes responsáveis pelo sabor da bebida, sendo a β-damascenona o de maior atividade odorífica, conferindo o aroma frutal característico do produto. A

revisão evidenciou que a geração destes e de outros compostos dependem da escolha correta do tipo e condições operacionais de fermentação. A busca por soluções tecnológicas que possam melhorar a qualidade do café conilon é vitalmente importante para atender a um mercado cada vez mais exigente e oferecer novas oportunidades para os cafeicultores brasileiros. A literatura destaca também o grande apelo socioambiental quando se promovem pesquisas acerca da valorização da borra de café. É possível encontrar saídas para valorização de seus resíduos, como a extração de compostos de interesse por auto hidrólise e posterior microencapsulação. No mais, se faz necessário continuar a promover pesquisas na área para atender às demandas do mercado e fornecer soluções sustentáveis para a indústria cafeeira.

7 REFERÊNCIAS

Abrahão, S. A., Pereira, R. G. F. A., Duarte, S. M. D. S., Lima, A. R., Alvarenga, D. J., & Ferreira, E. B. (2010). Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (Coffea arabica L.). *Ciência e Agrotecnologia*, *34*, 414-420. https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000200020

Agnoletti, B. Z., dos Santos Gomes, W., de Oliveira, G. F., da Cunha, P. H., Nascimento, M. H. C., Neto, Á. C., ... & Filgueiras, P. R. (2022a). Effect of fermentation on the quality of conilon coffee (*Coffea canephora*): Chemical and sensory aspects. *Microchemical Journal*, *182*, 107966. https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.107966

Agnoletti, B. Z., Folli, G. S., Pereira, L. L., Pinheiro, P. F., Guarçoni, R. C., da Silva Oliveira, E. C., & Filgueiras, P. R. (2022b). Multivariate calibration applied to study of volatile predictors of arabica coffee quality. *Food Chemistry*, *367*, 130679. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130679

Alfonso Júnior, P., Correa, P. C., Pinto, F. A. C., & Queiroz, D. M. (2007). Aerodynamic properties of coffee cherries and beans. *Biosystems Engineering*, *98*(1), 39-46. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.03.010

Alixandre, F. T., Dias, R. D. S., Krohling, C. A., Sousa, D. G. D., Fornazier, M. J., & Teófilo, P. P. (2019). Influência da forma de processamento na qualidade final do

café Conilon. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Vitória: *Incaper & Embrapa Café*. 3f. http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/12478

Almeida, R. F., Costa, T. J., Oliveira, T. M., Sobral, J.R., Silva, L. B. M., & Mamede, A. M. G. N. Panorama das perdas e desperdício de frutas e hortaliças em feiras livres da região oeste da Bahia, Brasil. In: Simpósio de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos (SIMPECAL). *Anais de conferência*. Online: *UESB*. https://doi.org/10.5281/zenodo.5646630

Alves, E., De Souza, C. A., Rocha, R., Pereira, L., De Lima, P. P., & Lourenço, J. (2020). Efeito da fermentação na qualidade da bebida de robustas amazônicos. *Revista Ifes Ciência*, *6*(3), 159-170. https://doi.org/10.36524/ric.v6i3.875

Alves, S. T., Dias, R. C. E., Benassi, M. D. T., & Scholz, M. B. D. S. (2006). Metodologia para análise simultânea de ácido nicotínico, trigonelina, ácido clorogênico e cafeína em café torrado por cromatografia líquida de alta eficiência. *Química Nova*, *29*, 1164-1168. https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000600003

Araújo, C. D. S., Macedo, L. L., Vimercati, W. C., Corrêa, J. L. G., & Pimenta, C. J. (2022). Valorization of spent coffee grounds: Encapsulation of bioactive compounds by different drying methods. *Drying Technology*, *40*(15), 3324-3339. https://doi.org/10.1080/07373937.2022.2027960

Azevedo, L. C. D. (2016). Estudo de compostos carbonílicos e os respectivos ácidos hidroxialquilsulfônicos em vinhos. https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000800032

Barbin, D. F., Felicio, A. L. D. S. M., Sun, D. W., Nixdorf, S. L., & Hirooka, E. Y. (2014). Application of infrared spectral techniques on quality and compositional attributes of coffee: An overview. *Food Research International*, *61*, 23-32. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.005

Ballesteros, L. F., Ramirez, M. J., Orrego, C. E., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2017a). Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating

materials. *Food chemistry*, *237*, 623-631. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.142

Ballesteros, L. F., Ramirez, M. J., Orrego, C. E., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2017b). Optimization of autohydrolysis conditions to extract antioxidant phenolic compounds from spent coffee grounds. *Journal of Food Engineering*, *199*, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.11.014

Bianchet, R. T., Provin, A. P., Garcia, G. D., Cubas, A. L. V., de Aguiar Dutra, A. R., & Magnago, R. F. (2020). Produção de briquetes utilizando resíduos agrícolas da laranja e borra do café. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, *9*, 4-19. https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e0I20204-19

Bragança, S. M., Carvalho, C. H. S. D., Fonseca, A. F. A. D., & Ferrão, R. G. (2001). Clonal varieties of Conilon coffee for the Espírito Santo state, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *36*, 765-770. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000500006

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2022). *Safra de café deve encerrar o ciclo de 2022 com uma produção de 50,92 milhões de sacas*. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/>. Acesso em: 11 fev. 2023.

Bravim, D. G., de Oliveira, T. M., do Rosário, D. K. A., Batista, N. N., Schwan, R. F., Coelho, J. M., & Bernardes, P. C. (2023). Inoculation of yeast and bacterium in wet-processed *Coffea canephora*. *Food Chemistry*, *400*, 134107. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134107

Brioschi Junior, D., De Souza, L. H. B. P., Marcate, J. P. P., de Andrade Siqueira, E., Fioresi, D. B., Guarçoni, R. C., ... & Pereira, L. L. (2016). Processos biotecnológicos para a melhoria de qualidade do café Conilon, com e sem microrganismos starters. *Revista Univap*, *22*(40), 399-399. https://doi.org/10.18066/revistaunivap.v22i40.921

Capucho, A. S., Zambolim, L., Duarte, H. S. S., & Vaz, G. R. O. (2011). Development and validation of a standard area diagram set to estimate severity of leaf rust in *Coffea arabica* and *C. canephora*. *Plant Pathology*, *60*(6), 1144-1150. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02472.x

Cassimiro, D. M. J., Batista, N. N., Fonseca, H. C., Naves, J. A. O., Coelho, J. M., Bernardes, P. C., ... & Schwan, R. F. (2023). 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. https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104161

Cecon, P. R., Silva, F. F., Ferreira, A., Ferrão, R. G., Carneiro, A. P. S., Detmann, E., ... & Morais, T. S. D. S. (2008). Repeated measure analysis in the clonal evaluation in 'Conilon' coffee. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, *43*, 1171-1176. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000900011

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). (2023). *Café conilon*. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe.>. Acesso em: 11 fev. 2023.

Conselho Nacional De Meio Ambiente (CONAMA). (1990). Resolução CONAMA nº 008/1990 – Estabelece os padrões de qualidade do ar previstos no PRONAR**.** *Ministério do Meio Ambiente.*

Dias, S. S., Simas, L., & Junior, L. C. L. (2020). Alimentos funcionais na prevenção e tratamento de doenças crônicas não transmissíveis. *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, *4*(10), 54-61. https://doi.org/10.5281/zenodo.4023172%20%20

Fang, Z., Wang, R., & Bhandari, B. (2013). Effects of type and concentration of proteins on the recovery of spray-dried sucrose powder. *Drying Technology*, *31*, 1643–1652. https://doi.org/10.1080/07373937.2013.770011

Fassio, L. H., & da Silva, A. E. S. (2015). Importância econômica e social o café Conilon. http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/694

Ferrão, R. G., Cruz, C. D., Ferreira, A., Cecon, P. R., Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A. D., ... & Silva, M. F. D. (2008). Genetic parameters in Conilon coffee. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *43*, 61-69. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100009

Ferreira, A., Cecon, P. R., Cruz, C. D., Ferrão, R. G., Silva, M. F. D., Fonseca, A. F. A. D., & Ferrão, M. A. G. (2005). Simultaneous selection of *Coffea canephora* by means of combination of factor analysis and selection indexes. *Pesquisa*

Agropecuária Brasileira, *40*, 1189-1195. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005001200005

Filete, C. A., de Sousa, L. H. B. P., Guarçoni, R. C., Junior, D. B., Marcate, J. P. P., Moreli, A. P., ... & Pereira, L. L. (2020). Fermentação Anaeróbica no café arábica e seu impacto no perfil sensorial. *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco*, *6*(3), 112-123. https://doi.org/10.36524/ric.v6i3.859

Filete, C. A., Moreira, T. R., dos Santos, A. R., dos Santos Gomes, W., Guarçoni, R. C., Moreli, A. P., ... & Pereira, L. L. (2022). The New Standpoints for the Terroir of *Coffea canephora* from Southwestern Brazil: Edaphic and Sensorial Perspective. *Agronomy*, *12*(8), 1931. https://doi.org/10.3390/agronomy12081931

Fioresi, D. B., Pereira, L. L., da Silva Oliveira, E. C., Moreira, T. R., & Ramos, A. C. (2021). Mid infrared spectroscopy for comparative analysis of fermented arabica and robusta coffee. *Food Control*, *121*, 107625. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107625

Fontana, A., Pires, I. F., Partelli, F. L., Campanharo, A., Rocha, J. R., & Rodrigues, J. D. (2022). Nutritional diagnosis in a Conilon coffee plantation in the northern region of the Espírito Santo state. *Revista Agrogeoambiental*, e20221708-e20221708. https://doi.org/10.18406/2316-1817v14n120221708

Franca, A. S., & Oliveira, L. S. (2022). Potential Uses of Spent Coffee Grounds in the Food Industry. *Foods*, *11*(14), 2064. https://doi.org/10.3390/foods11142064

Francisco, C. R. L., Paulo, B. B., Júnior, F. D. D. O., Pereira, A. P. A., Pastore, G. M., Prata, A. S., ... & Hubinger, M. D. (2022). The porosity of carbohydrate-based spray-dried microparticles containing limonene stabilized by pea protein: Correlation between porosity and oxidative stability. *Current Research in Food Science*, *5*, 878-885. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.05.003

Freitas, S. P., Monteiro, P. L., & Lago, R. C. A. (2000). Extração do óleo da borra de café solúvel com etanol comercial. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (1.: 2000: Poços de Caldas, MG). Resumos expandidos. Brasília, D.F.: *Embrapa Café*; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490p.): il. http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/882

Gamboa-Becerra, R., Hernández-Hernández, M. C., González-Ríos, Ó., Suárez-Quiroz, M. L., Gálvez-Ponce, E., Ordaz-Ortiz, J. J., & Winkler, R. (2019). Metabolomic markers for the early selection of coffea canephora plants with desirable cup quality traits. *Metabolites*, *9*(10), 214. https://doi.org/10.3390/metabo9100214

Gomes, M. H. G., & Kurozawa, L. E. (2021). Influence of rice protein hydrolysate on lipid oxidation stability and physico-chemical properties of linseed oil microparticles obtained through spray-drying. *LWT*, *139*, 110510. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110510

Gondim, J. A. M., Moura, M. D. F. V., Dantas, A. S., Medeiros, R. L. S., & Santos, K. M. (2005). Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. *Food Science and Technology*, *25*, 825-827. https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400032

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). (2023). *Cafeicultura – café conilon*. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/>. Acesso em: 11 fev. 2023.

International Coffee Organization. (2023). *Statistics*. Disponível em: <https://www.ico.org/pt/new_historical_p.asp>. Acesso em: 13 fev. 2023.

Kawás, H. B. (2014). *Monitoramento das emissões atmosféricas de caldeiras de projetos distintos* (Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná). http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6885

Lemos, M. F., de Andrade Salustriano, N., de Souza Costa, M. M., Lirio, K., da Fonseca, A. F. A., Pacheco, H. P., ... & Scherer, R. (2022). Chlorogenic acid and caffeine contents and anti-inflammatory and antioxidant activities of green beans of conilon and arabica coffees harvested with different degrees of maturation. *Journal of Saudi Chemical Society*, *26*(3), 101467. https://doi.org/10.1016/j.jscs.2022.101467

Lima Filho, T., Della Lucia, S. M., Saraiva, S. H., & Sartori, M. A. (2013). Composição físico-química e qualidade sensorial de café conilon produzido no Estado do Espírito Santo e submetido a diferentes formas de processamento. *Semina: Ciências Agrárias*, *34*(4), 1723-1730. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1723

Ma, X-Y., Chen, X-X., Ma, M-Y., Xu, Y., Wu, X-M., Mu, G-Q., & Zhu, X-M. (2021). Lutein transport systems loaded with rice protein-based self-assembled nanoparticles. *Food Bioscience*, *42*, 101061. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101061

Machado, C. C. B., Bastos, D. H. M., Janzantti, N. S., Facanali, R., Marques, M. O. M., & Franco, M. R. B. (2007). Determinação do perfil de compostos voláteis e avaliação do sabor e aroma de bebidas produzidas a partir da erva-mate (Ilex paraguariensis). *Química nova*, *30*, 513-518. https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300002

Machado, J. L., Tomaz, M. A., da Luz, J. M. R., Osório, V. M., Costa, A. V., Colodetti, T. V., ... & Pereira, L. L. (2022). Evaluation of genetic divergence of coffee genotypes using the volatile compounds and sensory attributes profile. *Journal of Food Science*, *87*(1), 383-395. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15986

Mahdavi, S. A., Jafari, S. M., Assadpour, E., & Ghorbani, M. (2016). Storage stability of encapsulated barberry's anthocyanin and its application in jelly formulation. Journal of Food Engineering, 181, 59-66. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.03.003

Marcucci, C. T., Benassi, M. D. T., Almeida, M. B., & Nixdorf, S. L. (2013). Teores de trigonelina, ácido 5-cafeoilquínico, cafeína e melanoidinas em cafés solúveis comerciais brasileiros. *Química Nova*, *36*, 544-548. https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000400011

Mendonça, L. M. V. L., Pereira, R. G. F. A., Mendes, A. N. G., Borém, F. M., & Marques, E. R. (2007). Composição química de grãos crus de cultivares de Coffea arabica L. suscetíveis e resistentes à Hemileia vastatrix Berg et Br. *Ciência e Agrotecnologia*, *31*, 413-419. https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200022

Morais, S. A. L. D., Aquino, F. J. T. D., Nascimento, P. M. D., Nascimento, E. A. D., & Chang, R. (2009). Bioactive compounds and antioxidant activity of conilon coffee submitted to different degrees of roasting. *Quimica Nova*, *32*, 327-331. https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000200011

Nascimento, E. A., de Aquino, F. J. T., do Nascimento, P. M., Chang, R., & de Morais, S. A. L. (2008). Composição química do café conillon em diferentes graus de torração. *Ciência & Engenharia*, *16*(1/2), 17-21.

Nascimento, E. A., de Aquino, F. J. T., do Nascimento, P. M., Chang, R., & de Morais, S. A. L. (2007). Constituintes voláteis e odorantes potentes do café conilon em diferentes graus de torração. *Cienc. y Eng. Sci. Eng. J.*, *16*, 23-30.

Nascimento Filho, W. B., & Franco, C. R. (2015). Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. *Revista Virtual de Química*, *7*(6), 1968-1987. https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150116

Oliveira, E. C. S, Guarçoni, R. V. C., de Castro, E. V. R., de Castro, M. G., & Pereira, L. L. (2020a). Chemical and sensory perception of robusta coffees under wet processing. *Coffee Science*, e151672. https://doi.org/10.25186/.v15i.1672

Oliveira, E. C. S, Filgueiras, P. R., Moreli, A. P., de Oliveira, A. C., Venturim, L. H. C., & Pereira, L. L. (2020b). Espectroscopia de infravermelho para estudo de café conilon fermentado. *Brazilian Journal of Development*, *6*(4), 19248-19259. https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-189

Partelli, F. L., Araújo, A. V., Vieira, H. D., Dias, J. R. M., Menezes, L. F. T. D., & Ramalho, J. C. (2014). Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *49*, 872-881. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014001100006

Pelizer, L. H., Pontieri, M. H., & de Oliveira Moraes, I. (2007). Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. *Journal of Technology Management & Innovation*, *2*(1), 118-127. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84720112

Pereira, L. L., Guarçoni, R. C., Cardoso, W. S., Taques, R. C., Moreira, T. R., da Silva, S. F., & ten Caten, C. S. (2018). Research Article Influence of Solar Radiation and Wet Processing on the Final Quality of Arabica Coffee. *Journal of Food Quality*, 2-9. https://doi.org/10.1155/2018/6408571

Pereira, L. L., Moreli, A. P., Júnior, D. B., de Sousa, L. H. B. P., Marcate, J. P. P., de Oliveira, G. F., ... & Guarçoni, R. C. (2019). Construção de perfil sensorial para o café conilon fermentado. *Revista Ifes Ciência*, *5*(2), 242-252. https://doi.org/10.36524/ric.v5i2.461

Pereira, P. V., Bravim, D. G., Grillo, R. P., Bertoli, L. D., Osório, V. M., da Silva Oliveira, D., ... & Bernardes, P. C. (2021). Microbial diversity and chemical characteristics of Coffea canephora grown in different environments and processed by dry method. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *37*, 1-12. https://doi.org/10.1007/s11274-021-03017-2

Pereira, P. V., da Silveira, D. L., Schwan, R. F., de Assis Silva, S., Coelho, J. M., & Bernardes, P. C. (2021). Effect of altitude and terrain aspect on the chemical composition of *Coffea canephora* cherries and sensory characteristics of the beverage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(6), 2570-2575. https://doi.org/10.1002/jsfa.10885

Pereira, R. G. F. A., Barbosa, F. C. R., Lopes, L. M. V., & Castro, D. P. D. (2000a). Composição química do café obtido pela mistura em diferentes proporções de arábica (*coffea arabica* l.), bebida riada e conilon (*coffea canephora* pierre). In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (1.: 2000: Poços de Caldas, MG). Resumos expandidos. Brasília, D.F.: *Embrapa Café*; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490p.): il. http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/675

Pereira, R. G. F. A., Villela, T. C., & Lopes, L. M. V. (2000b). Avaliação da composição química de cafés arábica e conilon, produzidos em Rondônia-RO e submetidos a diferentes tipos de pré-processamento. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (1.: 2000: Poços de Caldas, MG). Resumos expandidos. Brasília, D.F.: *Embrapa Café*; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490p.): il. http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/842

Pettinato M., Aliakbarian B., Casazza A., Perego P. (2017). Encapsulation of Antioxidants from Spent Coffee Ground Extracts by Spray Drying. *Chemical Engineering Transactions*, *57*, 1219-1224. https://doi.org/10.3303/CET1757204

Pezzopane, J. R., da Silveira Castro, F., Pezzopane, J. E., Bonomo, R., & Saraiva, G. S. (2010). Climatic risk zoning for Conilon coffee in Espirito Santo, Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, *41*(3), 341. https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000300004

Porep, J. U., Kammerer, D. R., & Carle, R. (2015). On-line application of near infrared (NIR) spectroscopy in food production. *Trends in Food Science & Technology*, *46*(2), 211-230. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.10.002

Reineccius, G. A., & Yan, C. (2016). Factors controlling the deterioration of spray dried flavourings and unsaturated lipids. *Flavour and fragrance journal*, *31*(1), 5-21. https://doi.org/10.1002/ffj.3270

Salustriano, N. D. A. (2019). *Avaliação dos efeitos da maturação sobre a composição e análise sensorial de café conilon (Coffea canephora)* (Doctoral dissertation, brasil). https://repositorio.uvv.br//handle/123456789/528

Santos, S. T. O., Júnior, C. M. V., da Silva, A. N., do Nascimento Júnior, A. F., Drummond, A. R. F., & da Silva, S. P. R. (2020). Potencial energético do biocarvão de pirólise a partir da borra de café. *Brazilian Journal of Development*, *6*(7), 48662-48670. https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-492

Silva, B. L., Pereira, P. V., Bertoli, L. D., Silveira, D. L., Batista, N. N., Pinheiro, P. F., ... & Bernardes, P. C. (2021). Fermentation of *Coffea canephora* inoculated with yeasts: Microbiological, chemical, and sensory characteristics. *Food Microbiology*, *98*, 103786. https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103786

Silva, L. O. E., Schmidt, R., Almeida, R. N. D., Feitoza, R. B. B., Cunha, M. D., & Partelli, F. L. (2022). Morpho-agronomic and leaf anatomical traits in *Coffea canephora* genotypes. *Ciência Rural*, *53*. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220005

Silva, V. A., Antunes, W. C., Guimarães, B. L. S., Paiva, R. M. C., Silva, V. D. F., Ferrão, M. A. G., ... & Loureiro, M. E. (2010). Physiological response of Conilon coffee clone sensitive to drought grafted onto tolerant rootstock. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *45*, 457-464. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000500004

Soares, L. D. S., Moris, V. A. D. S., Yamaji, F. M., & Paiva, J. M. F. D. (2015). Utilização de resíduos de borra de café e serragem na moldagem de briquetes e avaliação de propriedades. *Matéria (Rio de Janeiro)*, *20*, 550-560. https://doi.org/10.1590/S1517-707620150002.0055

Taveira, J. H. S., Borém, F. M., Figueiredo, L. P., Reis, N., Franca, A. S., Harding, S. A., & Tsai, C. J. (2014). Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach. *Food Research International*, *61*, 75-82. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.048

Tonon, R.V., Brabet, C., Pallet, D., Brat, P., & Hubinger, M. D. (2009). Physicochemical and morphological characterization of açaí (Euterpe oleraceae Mart.) powder produced with different carrier agents. Journal of Food Science and Technology, 44, 1950-1958. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02012.x

Vasconcelos, A. L. S., França, A. S., Oliveira, L. S. D., & Glória, M. B. A. (2005). Avaliação comparativa da composição centesimal de grãos defeituosos e sadios de café. il. http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/1863

Wang, C., Sun, J., Lassabliere, B., Yu, B., & Liu, S. Q. (2020). Coffee flavour modification through controlled fermentations of green coffee beans by Saccharomyces cerevisiae and Pichia kluyveri: Part I. Effects from individual yeasts. *Food research international*, *136*, 109588. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109588

Xu, X., Liu, W., Liu, C., Luo, L., Chen, J., Luo, S., ... & Wu, L. (2016). Effect of limited enzymatic hydrolysis on structure and emulsifying properties of rice glutelin. *Food Hydrocolloids*, 61, 251-260. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.05.023

Zinger, F. D., Zinger, L. K. C. R., Moares, W. B., Camara, G. D. R., & Alves, F. R. (2021). Quantificação de danos e perdas e manejo dos nematoides das galhas em cafeeiro conilon. *Revista Caatinga*, *34*(2), 287-297. https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n205rc