



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO
PAULO**

CAMPUS AVARÉ

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS

JUSSARA COUTINHO SANTOS CESARE

**GERAÇÃO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DE CAFÉ TORRADO –
UMA OBSERVAÇÃO DA EMPRESA MELITTA DO BRASIL.**

**AVARÉ
2021**

JUSSARA COUTINHO SANTOS CESARE

**GERAÇÃO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DE CAFÉ TORRADO –
UMA OBSERVAÇÃO DA EMPRESA MELITTA DO BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *Campus Avaré*, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

Orientador(a): Prof(a).Dr(a). Marcela Pavan Bagagli

AVARÉ
2021

Catálogo na fonte
Instituto Federal de São Paulo – Campus Avaré

Cesare, Jussara Coutinho Santos

Geração e disposição de resíduos na indústria de café torrado –
uma observação da empresa Melitta do Brasil. / Jussara Cesare.– Avaré, 2021.
46 p.

Orientador: Marcela Pavan Bagagli

Monografia (Graduação – Engenharia de Biosistemas) – Instituto

Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Avaré, Avaré,
2021.

1. Café. 2. Resíduo. 3. Película prateada. I. Bagagli, Pavan Marcela. II. Título.

JUSSARA COUTINHO SANTOS CESARE

**GERAÇÃO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DE CAFÉ TORRADO –
UMA OBSERVAÇÃO DA EMPRESA MELITTA DO BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biossistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *Campus Avaré*, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Biossistemas.

COMISSÃO EXAMINADORA

[Assinado eletronicamente – documento anexo]

Profa. Dra. Marcela Pavan Bagagli
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Câmpus Avaré

[Assinado eletronicamente – documento anexo]

Profa. Dra. Adria de Sousa Bentes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Câmpus Capivari

[Assinado eletronicamente – documento anexo]

Profa. Dra. Daniele Souza de Carvalho
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Câmpus Avaré

Avaré, 03 de dezembro de 2021.

Dedico este trabalho a todos
que me ajudaram e me apoiaram
para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar tudo que vivenciei durante o período de graduação e no trabalho de conclusão do curso.

Agradeço a toda minha família pelo incentivo durante todo o tempo.

Ao meu marido que nunca me deixou desistir e sempre me incentivando.

As minhas colegas do curso, que sempre me ajudaram e me motivaram.

Meu agradecimento especial à minha orientadora Marcela Pavan Bagagli, por toda a paciência e ajuda, não só nesse trabalho, mas durante todo o período de graduação.

A empresa que pretende atuar com responsabilidade social, ser sustentável econômica, social e ecologicamente, precisa contar com executivos e profissionais que incorporem processos produtivos inovadores com decisões estratégicas voltadas para a sustentabilidade.

(SILVEIRA, 2017, p.10)

RESUMO

Com o aumento constante do consumo de café no Brasil, surge a preocupação com os resíduos que são gerados na sua produção. Um dos principais resíduos gerados é a película prateada, proveniente do processo de torra do café. Este trabalho tem como objetivo o estudo da quantificação da película prateada gerada na indústria de café torrado e moído Melitta do Brasil, que é a terceira maior empresa associada à Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC). A película é a maior fonte de resíduos na empresa, que em 2020 gerou um total 687.130 kg de resíduos. Toda a película gerada no processo produtivo da Melitta é enviada para ser usada como adubo em uma fazenda experimental da própria empresa. Através de pesquisas realizadas foi possível identificar que a película pode ser usada em diferentes áreas como indústria de alimentos onde, devido a quantidade de fibras dietéticas e atividade antioxidante, encontra aplicação como ingrediente em pães, bolachas e produtos cárneos. Ainda, esse material pode ser utilizado na fabricação de *pellets* energéticos com considerável poder calorífico. Mostrando assim que existem diversas possibilidades de uso para esse resíduo.

Palavras-chave: Café; Resíduo; Película prateada; Torra.

ABSTRACT

With the constant increase in coffee consumption in Brazil, there is a concern with the residues that are generated in its production. One of the main residues generated is the silver film, which comes from the coffee roasting process. This work aims to study the quantification of the silver film generated in the roasted and ground coffee industry Melitta do Brasil, which is the third largest company associated with the Brazilian Coffee Industry Association (ABIC). Film is the largest source of waste in the company, which in 2020 generated a total of 687,130 kg of waste. All the film generated in Melitta's production process is channeled to be used as fertilizer on an experimental farm owned by the company itself. Through research carried out, it was possible to identify that a film can be used in different areas such as the food industry where, due to the amount of dietary fiber and antioxidant activity, it finds application as an ingredient in breads, biscuits and meat products. Still, this material can be used in the manufacture of energy pellets with reduced calorific value. Thus showing that there are several possibilities for using this residue.

Key-words: Coffee; Residue; Silver Foil; Burn.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Evolução do consumo de café no Brasil incluindo produção de café solúvel.	16
Figura 2 - Fruto do cafeeiro e seus componentes.....	17
Figura 3 - Área total plantada de café (arábica e conilon).....	20
Figura 4 - Produção total de café (arábica e conilon).	20
Figura 5 - Consumo Interno de café em 2020.....	21
Figura 6 - Vista superior da fábrica e sua central de resíduos.	22
Figura 7 - Linha Sabor da Fazenda.	23
Figura 8 - Linha de café Tradicional.....	23
Figura 9 - Café Melitta Extraforte.	24
Figura 10 - Café Melitta Especial.	24
Figura 11 - Linha de café Regiões Brasileiras.	25
Figura 12 - Café Melitta descafeinado.	25
Figura 13 - Linha de cappuccinos Melitta.....	26
Figura 14 - Linha de cápsulas Melitta.	27
Figura 15 - Linha Sugestões do Barista.....	27
Figura 16 - Linha Amalie.	28
Figura 17 - Etapas do processamento do café para obtenção de café torrado e moído com identificação de seus produtos, subprodutos e resíduos.	28
Figura 18 - Fluxo do processo de café torrado e moído.....	30
Figura 19 - Escala de cores e formatos durante o processo de torra 33	33
Figura 20 - Aparência da película prateada (A) e microscopia eletrônica de varredura do material aumentado 50 vezes (B).....	35
Figura 21 - Local onde a película é deixada, antes da sua utilização.	38
Figura 22 - Café, seus resíduos e possíveis aplicações para esses resíduos. 39	39
Figura 23 - Aplicações dos resíduos do processamento do café na obtenção de embalagens ativas.....	41
Figura 24 - Biocarvões obtidos no estudo em 3 temperaturas de pirólise.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equivalência de defeitos.....	31
Tabela 2 - Composição da película do café.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIC	Associação Brasileira da Indústria de Café
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
coord.	Coordenador
ed.	Edição
Ed.	Editor
p.	Página
SIBI	Sistema Integrado de Bibliotecas
trad.	Tradutor

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1. Objetivos	18
1.2. Justificativas	18
1.3. Metodologia.....	18
2. DESENVOLVIMENTO	19
2.1. Dados de consumo do café torrado e moído no Brasil.....	19
2.2 A Melitta do Brasil	21
2.2.1. Processo de transformação do café cru em café torrado e moído	28
2.2.2. Recepção, classificação e armazenamento dos grãos	31
2.2.3. Processo de torra do café	32
2.3. Película prateada: principal resíduo do processo de torra do café.....	35
2.3.1. Utilização da película prateada pela empresa Melitta do Brasil	36
2.3.2. Outros destinos possíveis para a película prateada	38
2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
2.5. REFERÊNCIAS.....	43
ANEXO.....	46

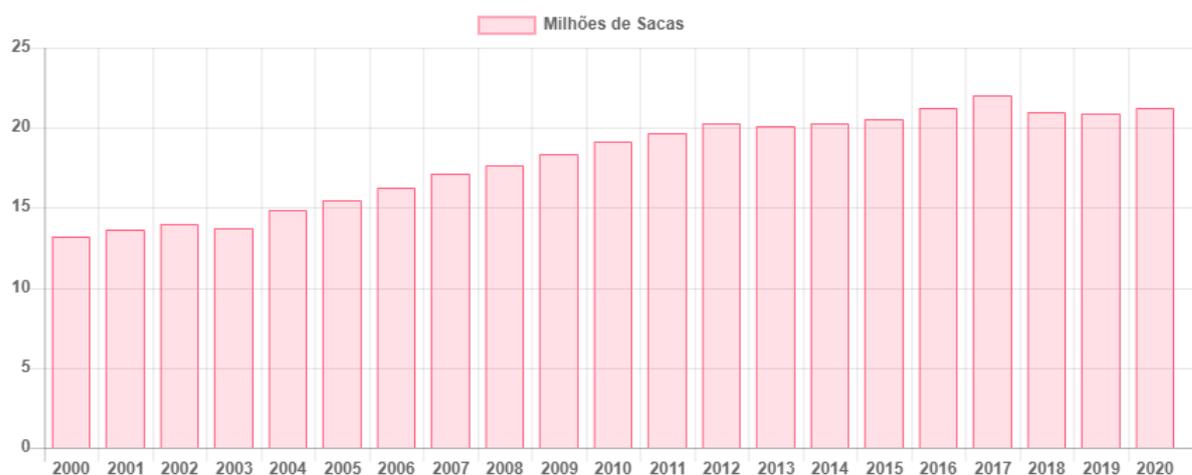
1. INTRODUÇÃO

De acordo com a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) em 2020 a área total cultivada no Brasil com café do tipo arábica e conilon, totalizou 2,16 milhões de hectares, 1,4% maior que a cultivada em 2019. Do total, 277,92 mil hectares estão em formação e 1,88 milhão de hectares em produção (CONAB, 2020).

O consumo de café torrado e moído no Brasil aumentou gradualmente entre os anos de 2000 a 2012, estabilizando a partir de então (Figura 1). Em 2020, de acordo com a ABIC, o consumo atingiu a marca de 21,2 milhões de sacas de 60kg.

Como mostra a figura 1, a ABIC (Associação Brasileira da Indústria de Café) mostra que o consumo de café no país vem sempre em crescimento nos últimos anos.

Figura 1 - Evolução do consumo de café no Brasil incluindo produção de café solúvel.

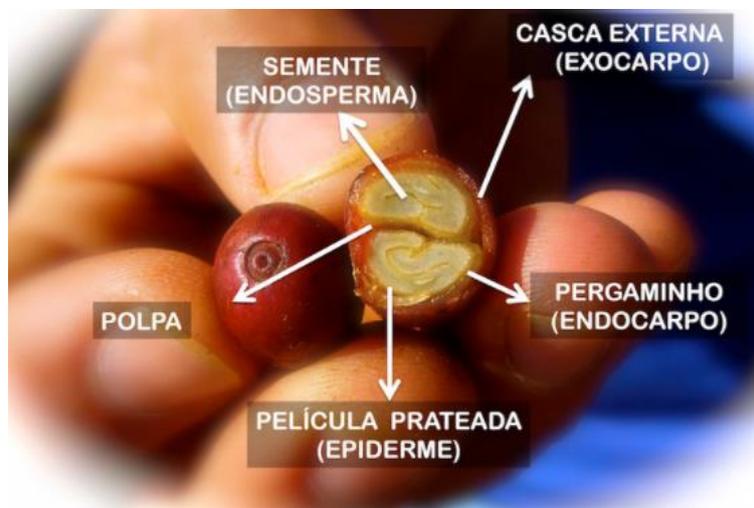


Fonte: ABIC, 2018.

O elevado consumo deste produto conduz à preocupação referente aos resíduos que são gerados no seu processo. Um dos principais resíduos na produção de café é o resíduo orgânico, entre eles, a película gerada no processo de torração do café.

O café quando colhido no cafeeiro é composto pela casca externa (exocarpo), polpa e pergaminho (endocarpo) que envolvem a película prateada (epiderme) e a semente (endosperma), conforme observado na Figura 2.

Figura 2 - Fruto do cafeeiro e seus componentes.



Fonte: NETO, 2015.

O processo de transformação dos grãos de café em café torrado e moído envolve em especial a torra dos grãos previamente preparados. No processo de torra, onde o objetivo é levar os grãos de café a uma determinada temperatura para que ocorram diversas reações que são formadoras do gosto e aroma da bebida final, sendo importante que ocorra um controle na temperatura final para que não ocorra o processo de carbonização dos grãos (CORTEZ,2001).

No recebimento dos grãos crus já é possível identificar a película que vem aderida à estes. Durante a fase de pirólise no processo de torra dos grãos de café ocorre a expansão dos grãos e a película prateada aderida se rompe e acaba se transformando em um resíduo no processo (NETO, 2015; DURÁN *et al.*, 2017).

Em geral, a película tem sido utilizada como adubo. No entanto, outros estudos foram feitos com esse material, que possibilitam aplicações em outras áreas, como a cosmética, indústria de alimentos, melhoria das características de bioplásticos, entre outros. (DURÁN *et al*, 2017; ARYA *et al.*,2021).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo avaliar o processo de torra de café na empresa Melitta do Brasil, apresentando os principais resíduos gerados ao longo do processo e avaliar o destino dado pela empresa ao principal resíduo

orgânico gerado nesta etapa do processo. Através de revisão da literatura serão propostas outras aplicações observadas para este resíduo.

1.1. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é a identificação e quantificação dos resíduos orgânicos gerados na produção de café torrado e moído durante o processo de torra na indústria Melitta do Brasil, localizada na Rod. Salim Antônio Curiati, 5 - Parque Industrial Jurumirim, Avaré – SP. Para tanto, os seguintes objetivos específicos são almeçados:

- Quantificar o principal resíduo orgânico gerado pela empresa, a película prateada;
- Identificar e descrever o destino dado pela empresa ao principal resíduo orgânico gerado, a película prateada;
- Avaliar através da literatura outros destinos que têm sido apontados para esse resíduo.

1.2. Justificativas

Com o alto crescimento do consumo de café, faz-se necessário o levantamento e quantificação dos resíduos que são gerados no seu processo, bem como o estudo de aplicação desses resíduos em outros processos produtivos para que o meio ambiente e a sociedade não sejam afetados futuramente. Por isso este trabalho teve como referência a empresa Melitta do Brasil que está em terceiro lugar entre as cem maiores indústrias associadas à ABIC.

1.3. Metodologia

A pesquisa foi realizada na indústria de café torrado e moído Melitta do Brasil, localizada em Avaré - SP, que teve em 2020 um total de 68,7 ton de película prateada gerados no processo de torra.

O trabalho foi realizado em 3 etapas, sendo elas:

1ª Etapa: Contextualizar a importância e descrever o processo de transformação do café cru em café torrado e moído que ocorre na empresa Melitta do Brasil, indicando, onde possível, o volume de material nas entradas e saídas do processo, identificando a geração de resíduos.

2ª Etapa: - Identificar o destino dado pela empresa para a película prateada.

3ª Etapa: Fazer uma busca na literatura e apresentar, com base na revisão da literatura, outros possíveis destinos para a película prateada. Esta busca foi realizada através da consulta de trabalhos científicos publicados nos últimos 10 anos em áreas correlacionadas ao tema proposto. As bases de dados utilizadas para a pesquisa foram o *Scielo*, Google Acadêmico, repositório de universidades, bases da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), entre outras. As principais palavras-chave utilizadas na busca de informações foram, resíduo de café, película prateada, café, torra de café.

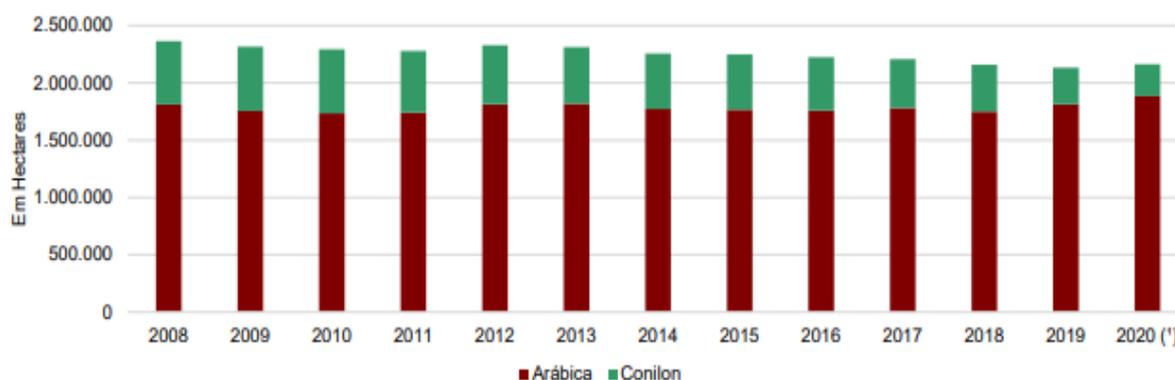
2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Dados de consumo do café torrado e moído no Brasil

Como mostra a figura 3, de acordo com a CONAB (2020), a safra de 2020 dos cafés arábica e conilon no Brasil tiveram uma área de cultivo de 2,16 milhões de hectares, mostrando um aumento de 1,4%, quando comparado com 2019.

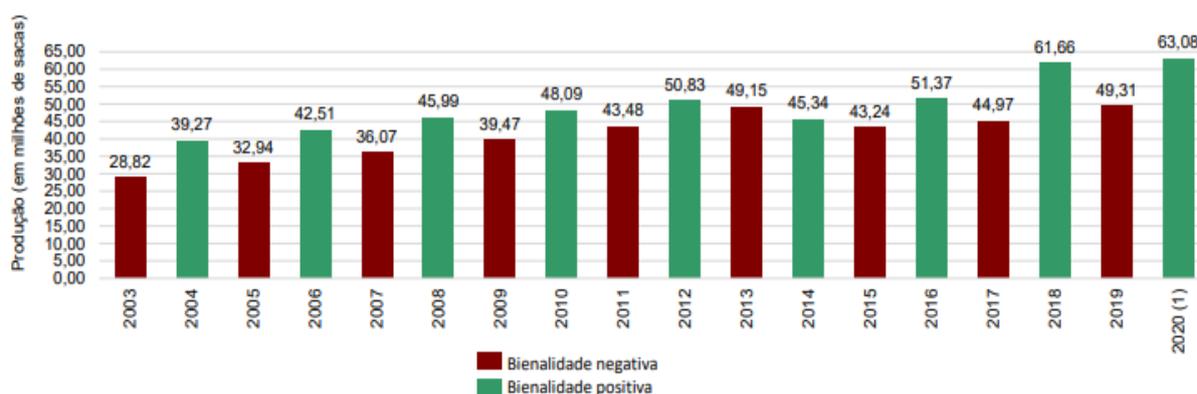
Com a safra de 2020 já finalizada, a CONAB teve a comprovação da ótima produção, com mais de 63,08 milhões de sacas beneficiadas, mostrando um resultado 27,9% melhor que no ano de 2019. O resultado da produção foi recorde nacional. O ótimo resultado tem como explicação a bienalidade positiva que ocorreu na maior parte das regiões onde o café é produzido, como observado na figura 4, a erradicação das áreas de pouca produtividade, investimentos em tecnologia e também o clima que foi favorável nesta safra (CONAB, 2020).

Figura 3 - Área total plantada de café (arábica e conilon).



Fonte: CONAB, 2020.

Figura 4 - Produção total de café (arábica e conilon).



Fonte: CONAB, 2020.

Pesquisas da ABIC mostram que mesmo com a crise econômica, causada pela pandemia da COVID-19, que acabou afetando a maioria dos setores em 2020, o consumo de café teve um crescimento de 1,34% em relação a 2019 (ABIC, 2020). Esse aumento está diretamente relacionado com o crescimento de 2,19% das empresas que se associaram com a ABIC (ABIC, 2020). O Brasil se manteve como segundo maior consumidor de café do mundo em 2020. O consumo per capita foi de 4,79 kg de café torrado por ano. Através da figura 5, pode ser observado o consumo interno de café em 2020.

Figura 5 - Consumo Interno de café em 2020

Categoria	Ano anterior (Nov/18 a Out/19) (scs/ano)	Ano atual (Nov/19 a Out/20) (scs/ano)	Crescimento %
Empresas associadas	14.334.310	14.647.690	2,19
Empresas não-associadas	5.652.950	5.590.770	-1,1
Total geral de café torrado e moído	19.987.260	20.238.460	1,26
Total nacional de consumo de café (scs/ano)	20.901.260	21.181.530	1,34
Consumo per-capita: café em grão cru (kg/hab.ano)	5,95	5,99	0,70%
Consumo per-capita: café torrado e moído (kg/hab.ano)	4,76	4,79	0,60%

Fonte: Adaptado de ABIC, 2020.

2.2 A Melitta do Brasil

A indústria Melitta do Brasil localizada na Rod. Salim Antônio Curiati, 5 - Parque Industrial Jurumirim, Avaré - SP é terceira maior produtora de café torrado e moído do Brasil, onde se encontra a unidade fabril de produção do café torrado e moído, bem como outros produtos comercializados no atacado e varejo pela empresa. A empresa conta ainda com uma fazenda experimental, situada no município de Arandu - SP, aproximadamente 2 km de distância da Melitta, para onde é destinado o resíduo orgânico de maior volume gerado pela empresa. Na figura 6 é possível observar a extensão da fábrica e destacado em vermelho, sua central de resíduos, é na central de resíduos que todos os resíduos são armazenados após saírem do processo, nesse local são organizados em caçambas e aguardam envio para o destino final.

Figura 6 - Vista superior da fábrica e sua central de resíduos.



Fonte: Própria autora, 2021.

Ela utiliza em seu processo para fabricação do café torrado e moído diversas matérias-primas que compreendem desde os grãos de café verdes recebidos secos até embalagens laminadas e de papel para comercialização do produto no varejo.

No portfólio da empresa encontram-se outros produtos além do café torrado e moído, como é o caso de bebidas instantâneas formuladas, como o capuccino. Estes produtos requerem a aquisição pela empresa de ingredientes alimentícios como leite em pó, café solúvel, cacau, canela, entre outros ingredientes.

Nas figuras de 7 a 12 pode-se observar todas as linhas de cafés que são comercializados no mercado em geral, sendo elas: Sabor da Fazenda, Tradicional, Extraforte, Especial, Regiões Brasileiras e Descafeinado.

Figura 7 - Linha Sabor da Fazenda.



Fonte: Melitta, 2021.

Figura 8 - Linha de café Tradicional



Fonte: Melitta, 2021.

Figura 9 - Café Melitta Extraforte.



Fonte: Melitta, 2021.

Figura 10 - Café Melitta Especial.



Fonte: Melitta, 2021.

Figura 11 - Linha de café Regiões Brasileiras.



Fonte: Melitta, 2021.

Figura 12 - Café Melitta descafeinado.



Fonte: Melitta, 2021.

A linha de cappuccinos e café com leite, conta com 6 sabores, sendo eles, Zero, Tradicional, Chocolate, Chocolate com Laranja, Chocolate com Avelã e Café com Leite, que estão disponíveis no mercado em geral, conforme a figura 13.

Figura 13 - Linha de cappuccinos Melitta.



Fonte: Revista Cafeicultura, 2021.

A produção das cápsulas de café expresso também são realizadas na unidade de Avaré. A linha é composta por 5 sabores diferentes, como mostra a figura 14.

Figura 14 - Linha de cápsulas Melitta.



Fonte: Melitta, 2021.

Na unidade de Avaré também são fabricados os cafés especiais, vendidos exclusivamente via *e-commerce*. A figura 15 mostra a linha Sugestões do Baristas e a figura 16 mostra a linha Amalie.

Figura 15 - Linha Sugestões do Barista.



Fonte: Melitta, 2021.

Figura 16 - Linha Amalie.

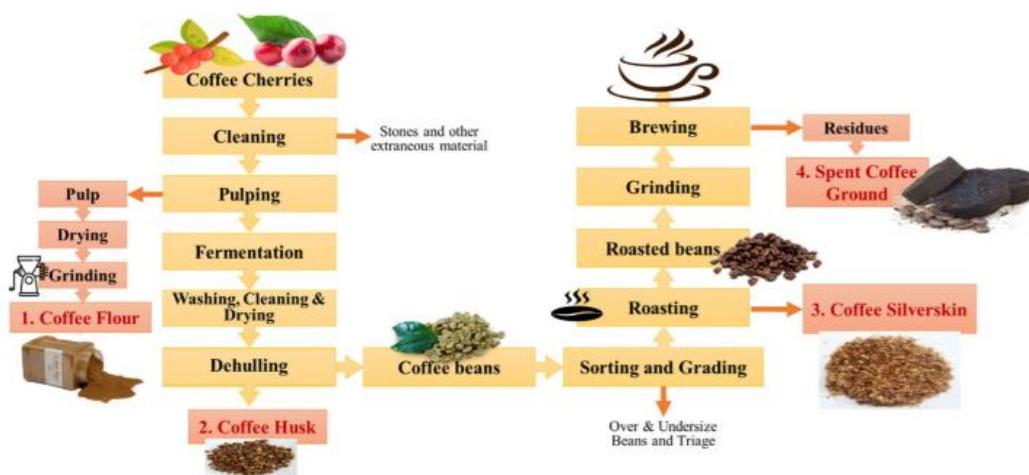


Fonte: Melitta, 2021.

2.2.1. Processo de transformação do café cru em café torrado e moído

O processo genérico de transformação dos grãos de café *in natura* em café torrado e moído, bem como os subprodutos e resíduos gerados podem ser observados na figura 17, extraída de extensa revisão da literatura realizada por Arya *et al.* (2021).

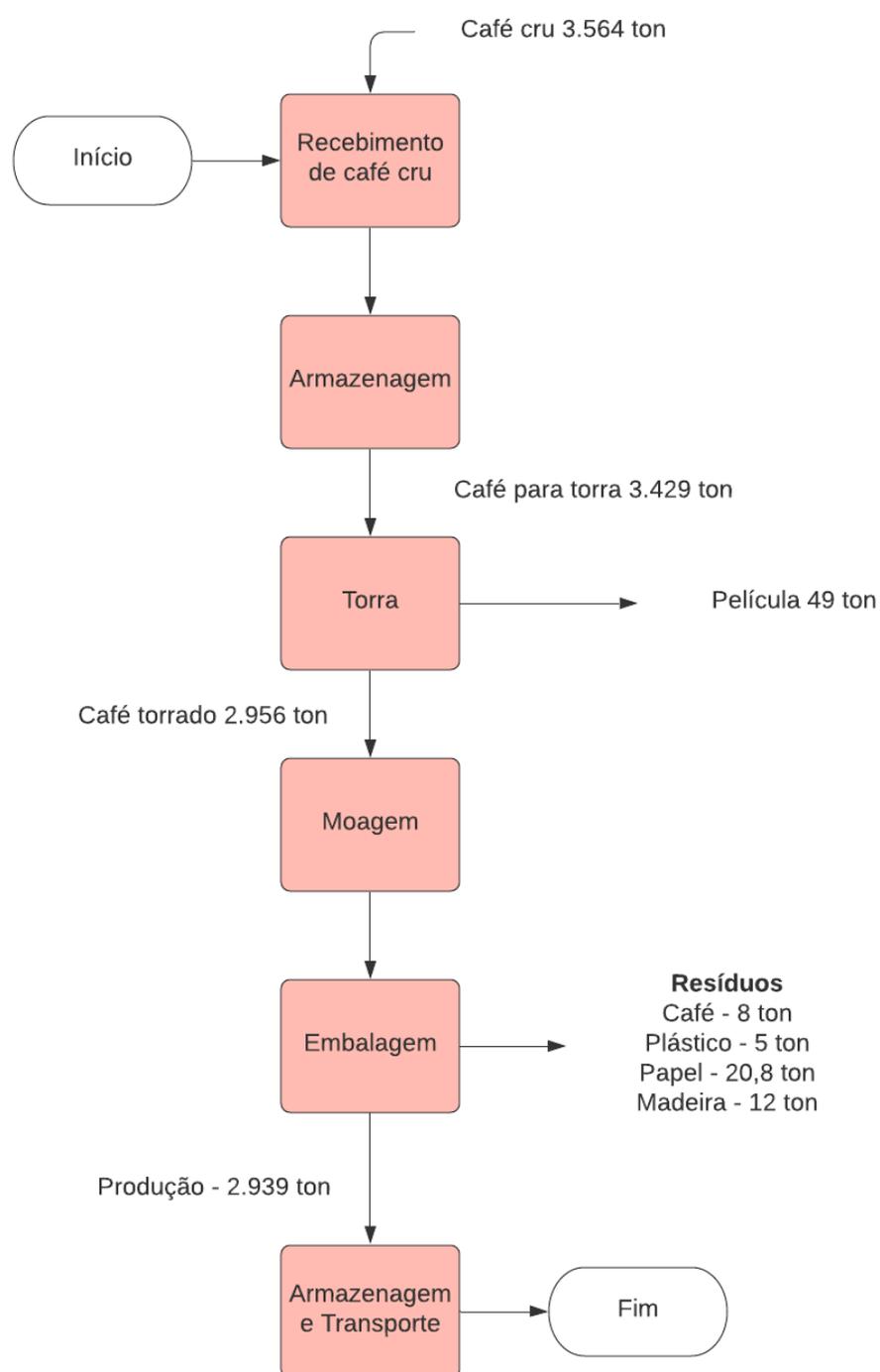
Figura 17 - Etapas do processamento do café para obtenção de café torrado e moído com identificação de seus produtos, subprodutos e resíduos.



Fonte: ARYA *et al.*, (2021).

A empresa Melitta do Brasil produz café torrado e moído, no entanto já recebe os grãos de café crus despulpados e secos. A figura 18 apresenta o processo de transformação do café cru em café torrado e moído, bem como as entradas e saídas de produtos e resíduos/subprodutos do processo empregado na Melitta do Brasil. Os dados apresentados são para exemplificar as proporções dos materiais consumidos e gerados e retratam a produção no mês de novembro de 2020 (dados fornecidos pela empresa).

Figura 18 - Fluxo do processo de café torrado e moído.



Fonte: Criado pela autora, (2021).

Nos tópicos seguintes, serão descritas algumas das etapas do processamento do café da Empresa em estudo, fazendo um paralelo com a literatura.

2.2.2. Recepção, classificação e armazenamento dos grãos

Para a recepção e armazenagem dos grãos verdes (despolpados e secos) primeiramente é realizada a classificação do café, onde tem início pela quantificação de grãos com defeitos ou impurezas (SENAR, 2017).

A tabela 1 mostra quantos grãos imperfeitos e impurezas equivalem ao número de defeitos, para que seja feita a classificação do lote.

Tabela 1 - Equivalência de defeitos.

Grãos imperfeitos/Impurezas	Número de defeitos
1 grão preto	 1
2 grãos ardidos	 1
2 a 5 grãos brocados	 1
3 grãos concha	 1
5 grãos verdes	 1
5 grãos quebrados e esmagados	 1
5 grãos chochos ou mal granados	 1

1 pedra, pau ou torrão grande		5
1 pedra, pau ou torrão regular		2
1 pedra, pau ou torrão pequeno		1
1 coco		1
1 casca grande		1
2 a 3 cascas pequenas		1
2 grãos marinheiro		1

Fonte: Adaptado de SENAR, 2017

A classificação dos grãos é importante para que a qualidade dos produtos seja sempre mantida, de todas as carretas de café que chegam na empresa, são retiradas amostras para verificar a qualidade do produto. Aquele café que está com número de defeitos acima do permitido na especificação determinada pela empresa, não é descarregado e é devolvido para o fornecedor. O café recebido que está com o número de defeitos abaixo do permitido pela empresa é descarregado e armazenado em silos, e usado de acordo com a demanda do processo de torra.

2.2.3. Processo de torra do café

Com o processo de torra é possível proporcionar à bebida final diferentes aromas e sabores. É na bebida final que vem a percepção dos degustadores se a torra foi adequada para atingir uma boa qualidade exigida para cada tipo de café. O processo consiste em várias transformações dos grãos, entre elas, a perda de umidade, redução de peso, expansão do volume e mudança na coloração, da cor

verde para diversos tons de marrom, que podem variar de acordo com a torra escolhida (SENAR, 2017). A figura 19 ilustra as cores dos grãos verdes e suas modificações durante o processo de torra.

Figura 19 - Escala de cores e formatos durante o processo de torra



Fonte: adaptado de MELITTA, 2021.

No início do processo de torra ocorre a desidratação parcial, porém intensa, da semente, onde se iniciam diversas reações químicas. O amido que existe na semente é transformado em açúcares simples, seguindo para a fase de caramelização onde há a formação do aroma e sabor da bebida. De acordo com a matéria-prima utilizada e da técnica de torra, pode-se atingir diversas notas aromáticas, como baunilha, chocolate, canela ou cravo (MELITTA, 2021).

Em termos de composição, a cafeína é uma das únicas substâncias termoestáveis presentes na composição do café, resistindo ao processo de torra. Outras substâncias como proteínas, açúcares, compostos fenólicos (como o ácido clorogênico) e gorduras podem ser degradados totalmente ou parcialmente nas diversas reações que ocorrem (MUSSATTO *et al.*, 2011). Entre as reações, conforme já citado, temos a pirólise e a caramelização de açúcares, as quais irão afetar cor,

sabor e tamanho dos grãos torrados. A reação de Maillard também contribui significativamente para a formação de compostos de cor e aroma nos grãos torrados (SÁNCHEZ & ANZOLA, 2012; PIMENTEL *et al.*, 2019). Na reação de Maillard ocorrem reações químicas entre os açúcares redutores e aminoácidos que formam compostos de aroma, sabor e cor, e de acordo com a cor é possível identificar o grau de torra (CALADO *et al.*, 2019).

A torra finaliza quando os grãos sofrem a expansão e seu tamanho praticamente dobra, porém, a sua densidade fica, aproximadamente, 40% menor. A fase de expansão é chamada de pirólise, onde o açúcar é consumido e transformado em gases e “estouram” a parede celular da semente, dando origem ao barulho característico observado no processo, chamado de “crack”. É também nessa fase que a película prateada, formada principalmente por celulose, se desprende do grão e se transforma em resíduo (MELITTA, 2021; ENSEI, 2015).

Os cafés especiais produzidos pela Melitta (figura 10, figura 12, figura 15 e figura 16,) são obtidos a partir de uma torra média.

A torra média é quando a pirólise finaliza, e a coloração predominante é a cor marrom, similar a de uma barra de chocolate ao leite, quando o café é proveniente de uma torra média, na sua bebida será possível perceber a acidez cítrica e o “corpo” que está ligado com a doçura (MELITTA, 2021).

Para os produtos apresentados na figura 7, figura 8 e figura 9. A torra é de maior intensidade, quando comparado com os demais produtos da marca.

Para cafés com a Torra Escura, são finalizados no processo de torra com um ponto mais avançado que a Torra Média, a bebida final desse café é com uma acidez cítrica baixa ou quase imperceptível, perda da doçura e o amargor mais presente (MELITTA, 2021).

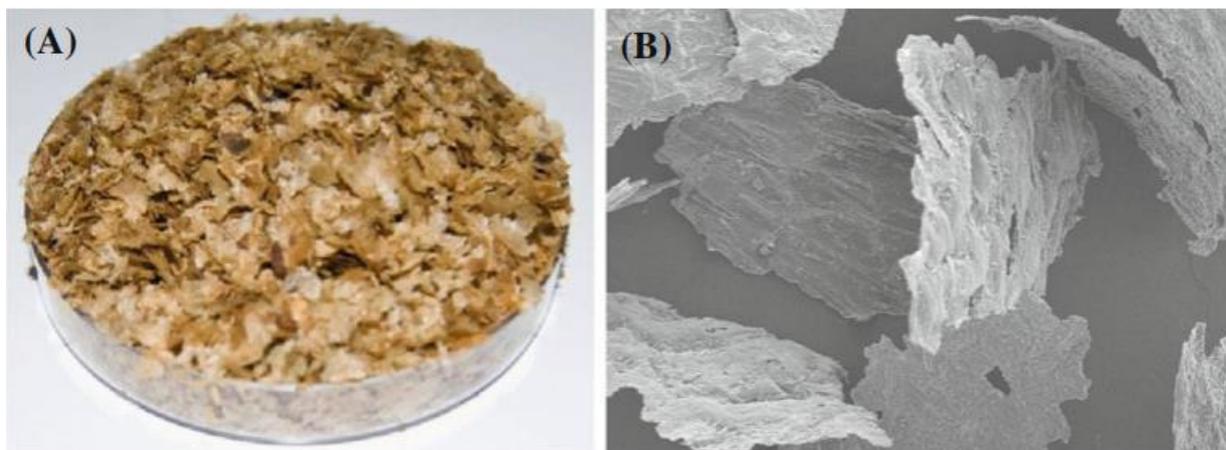
2.3. Película prateada: principal resíduo do processo de torra do café

A indústria de café, por ser este o segundo maior *commodity* mundial, é uma grande geradora de resíduos em termos de volume total. No entanto, a preocupação em encontrar um destino de baixo impacto ao meio ambiente para estes resíduos surgiu após os anos 1940 (MUSSATO *et al.*, 2011).

Na torra do café o principal resíduo obtido é a película prateada que possui alta porcentagem de fibras e apresenta elevada atividade antioxidante, isso devido a grande concentração de compostos fenólicos, juntamente com as melanoidinas formadas pela reação de Maillard que ocorre durante o processo (MUSSATO *et al.*, 2011; DURÁN *et al.*, 2017; ARYA *et al.*, 2021). As melanoidinas são encontradas na película prateada em concentrações entre 17 e 23% (DeHONDO *et al.*, 2020)

A figura 20 apresenta a aparência da película prateada sem tratamento, bem como uma microscopia eletrônica da mesma.

Figura 20 - Aparência da película prateada (A) e microscopia eletrônica de varredura do material aumentado 50 vezes (B).



Fonte: MUSSATO *et al.*, 2011

No mês de novembro de 2020, a empresa Melitta do Brasil, partindo de cerca de 3.429 toneladas de café cru, produziu 2.939 toneladas de café torrado e moído, gerando 49 toneladas de película prateada. Desta forma, 85,7% do café cru é convertido, efetivamente, em produto final, e 1,4% de resíduo orgânico foi gerado no processo na forma da película prateada. Há relatos que a quantidade de película prateada pode chegar até 2,1% (DeHondo *et al.*, 2020).

De acordo com Duran *et al.* (2017) a película é constituída por aproximadamente 60% de fibras dietéticas, sendo que destes, 24% refere-se a celulose e 17% a hemicelulose. Além disso, ela contém 5% de cinzas (compostas majoritariamente por potássio, cálcio, magnésio e ferro) e 5% de polifenóis totais.

No estudo de Mussato *et al.* (2011) a composição da película em 100 gramas de amostra foi da seguinte forma: 18,6 g de proteína, 2,2 g de gordura, 7,0 g de cinzas, 62,4 g de fibras totais (solúveis 53,7 g e insolúveis 8,8 g).

Sendo que Arya *et al.* (2021) compilou a composição média desse resíduo, conforme se observa na tabela 2.

Tabela 2 - Composição da película do café.

Componente Químico	Composição (g / 100 g de peso seco)
Umidade	7,3
Proteína	18,7
Nitrogênio	2,99
Gordura	2,2 - 3,8
Carboidrato	62,1
Celulose	23,77
Hemicelulose	16,68
Lignina	28,58
Cinza	5 - 7
Fibra alimentar total	54 - 62
Fibra dietética insolúvel	46 - 54
Fibra dietética solúvel	8 - 9

Fonte: Adaptado de Arya *et al.*, (2021).

2.3.1. Utilização da película prateada pela empresa Melitta do Brasil

Dentro de todos os processos realizados, a maior fonte de resíduo orgânico em 2020, conforme indicado anteriormente, foi a película prateada, com um total de 687.130 kg de película gerados no seu processo de torra neste ano (média mensal de

57.260kg), o que correspondeu a 44% de todo resíduo gerado pela empresa. Além da película prateada, a empresa também gera um grande volume de resíduos como, plástico, papel, madeira e metal, no entanto, estes não serão o foco deste trabalho.

Localizada a cerca de 2 km da unidade fabril da empresa, a fazenda experimental da Melitta recebe toda a película gerada, desde, aproximadamente, 1992, sendo todo o resíduo destinado para a adubação, principalmente do cafezal. A fazenda conta com um total de 120 alqueires, sendo 30 alqueires de plantação de café, sendo de 1.200 sacas a produção de 2020.

De acordo com os responsáveis pela fazenda, desde quando começou a utilizar a película foram obtidos resultados positivos no cafezal, como, o aumento da produtividade e a diminuição da aplicação de adubos químicos. Ainda relataram que todo o resíduo gerado consegue ser absorvido no plantio do café e no plantio de pastagem para a criação do gado na propriedade, sendo que seria possível absorver até o dobro do material hoje gerado.

A adubação com a película ocorre durante toda a safra, exceto no período de colheita; nesse período a película continua sendo recebida pela fazenda e é deixada em pilhas, no pasto, como mostra a figura 21.

Figura 21 - Local onde a película é deixada, antes da sua utilização.



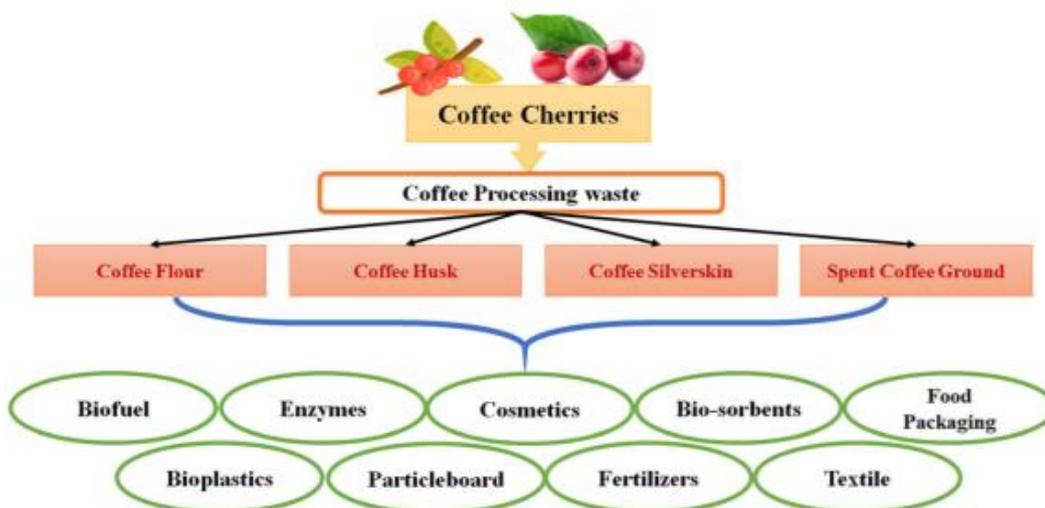
Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

A aplicação da película é realizada por uma pá carregadeira que abastece o trator, para realizar a distribuição, que acontece de forma superficial no solo.

2.3.2. Outros destinos possíveis para a película prateada

Atualmente, conforme relatado, a Melitta do Brasil destina toda a película prateada de seu processo para aplicação como adubo agrícola. No entanto, esse resíduo, devido à sua composição, pode ter outras aplicações com valor agregado elevado, conforme podemos observar na figura 22 (ARYA *et al.*,2021).

Figura 22 - Café, seus resíduos e possíveis aplicações para esses resíduos.



Fonte: ARYA, (2021).

No estudo feito por Sánchez e Anzola (2012) foram realizadas análises referente ao conteúdo de fibras e a atividade antioxidante da película prateada de duas variedades de café (colômbia e caturra), sendo verificado conteúdo de fibra dietética total no valor de 70%, sendo que 95,3% desta se refere a fibras insolúveis. As películas apresentaram 1,2% de compostos fenólicos totais e, em relação a atividade antioxidante, determinada através dos métodos ABTS, FRAP e DPPH, foram, respectivamente, de 3,75, 7,40 e 1,22 mmol trolox equivalente/100 g para o café, valores próximos a de frutas com elevada capacidade antioxidante. Os autores sugerem que este resíduo apresenta, pelas suas características avaliadas, alto potencial para aplicação na indústria de alimentos como ingrediente funcional.

Basílio (2018) aplicou a fibra da película prateada residual da torra do café arábica na formulação de bolos de chocolate, avaliando o impacto na atividade antioxidante, teor de fibra alimentar e atributos sensoriais, sendo observado aumento no teor de fibra e da atividade antioxidante das formulações de bolos, sendo que as que apresentaram os menores teores de adição da película foram as mais aceitas pelos provadores.

A película foi utilizada por Ates e Elmaci (2018) para substituir a gordura em fórmulas de bolos e foi avaliado o efeito nos atributos físicos, químicos e sensoriais

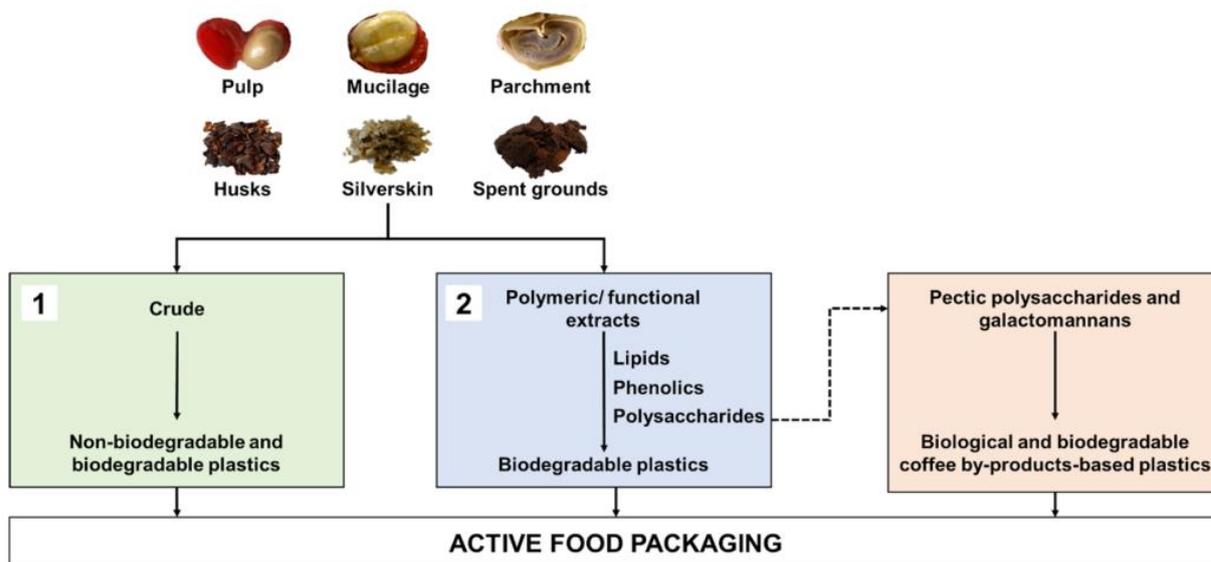
dos produtos. Reduções no teor gordura de 20, 25 e 30% foram avaliados. A substituição pela película prateada não alterou de maneira significativa o volume específico e a perda de peso dos bolos. Para as cinzas e a atividade antioxidante observou-se um aumento para ambos. Sensorialmente, sendo avaliada a porosidade do miolo, coesividade, umidade, oleosidade, doçura, a intensidade do sabor do café e do sabor amargo, os bolos com película foram semelhantes ao controle sem película mesmo quando substituindo 30% da gordura das formulações.

A elevada capacidade antioxidante da película prateada não desperta o interesse apenas da indústria alimentícia, mas também da cosmética. Bessada; Alves; Oliveira (2018), em uma extensa revisão da literatura acerca do potencial de aplicação do resíduo em cosméticos, relatam que este pode atender às demandas emergentes da indústria cosmética na busca por ingredientes ativos naturais para produtos de cuidado com a pele e antienvhecimento. Os compostos bioativos reportados na película prateada ainda encontram aplicação como anti-inflamatórios, protetores de radiação UV e anti-quedas de cabelos.

A patente WO2013/004873 apresenta técnica de extração da película e seus derivados além da aplicação do pó ou extratos em cosméticos e alimentos, visando, respectivamente, a prevenção do envelhecimento e a preservação e fonte de cafeína (Del CASTILHO *et. al.*, 2013).

Aplicações em biomateriais plásticos também têm sido conduzidas empregando a película prateada, como fonte de fibras ou mesmo para a obtenção de embalagens inteligentes, contendo compostos bioativos. Oliveira *et al.* (2021) fizeram uma vasta revisão da literatura em busca de aplicações de subprodutos e resíduos do café na obtenção de embalagens ativas para alimentos, relatando que os compostos como a película prateada do café podem incorporar moléculas antioxidantes e antimicrobianas em polímeros plásticos, além de melhorar algumas propriedades do material como aumento da hidrofobicidade, redução de permeação de gases e aumento da resistência mecânica. A figura 23 apresenta algumas propostas compiladas pelos autores para a aplicação de diferentes resíduos de café na elaboração de embalagens ativas.

Figura 23 - Aplicações dos resíduos do processamento do café na obtenção de embalagens ativas.



Fonte: OLIVEIRA et al., 2021

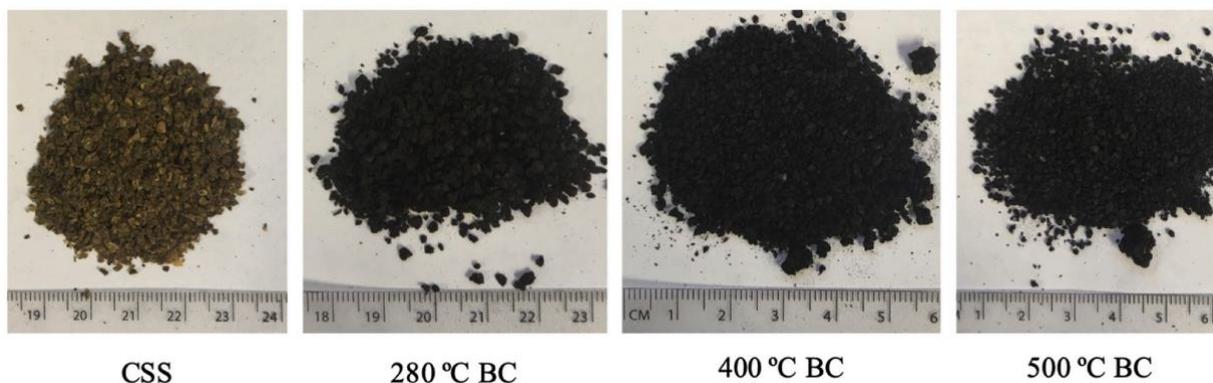
A viabilidade de se aplicar a película prateada do café como agente de reforço em biocompósitos de polietileno foi investigada por Dominici et al. (2019). O resíduo foi submetido a dois tratamentos prévios à adição ao biopolímero, sendo eles o branqueamento alcalino e a esterificação com cloreto de palmitoil, sendo observado que esses dois tratamentos aprimoraram a impermeabilidade dos filmes.

Cita-se a aplicação do resíduo na geração de energia. No estudo realizado por Souza (2016) com o objetivo de avaliar a produção de *pellets* energéticos obtidos de resíduos da despulpa de café, entre eles a película prateada, e biomassas florestais (eucalipto), bem como diferentes misturas entre eles, observou-se que os pellets produzidos com 100% de película prateada atendem aos parâmetros que são estabelecidos pela norma alemã para *pellets* energéticos não madeireiros, apresentando densidade energética líquida considerável (em média 10,38 GJ/m³).

Por fim, no estudo de Pozo et al. (2020), na busca de agregar valor aos resíduos da torra do café, foi verificado que através do processo de pirólise lenta da película prateada é capaz de gerar biocarvão com capacidade de adsorver corantes como o azul de metileno e o laranja de metila, bem como pode ser utilizado para gerar energia por combustão, apresentando de 22,6 a 24,2 MJ/kg em valores

caloríficos. A figura 24 apresenta os biocarvões obtidos no estudo em 3 temperaturas de pirólise.

Figura 24 - Biocarvões obtidos no estudo em 3 temperaturas de pirólise.



Fonte: POZO *et al.*, 2021

2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar que a empresa possui um sistema de gestão para os resíduos bem planejado, todos os resíduos gerados têm o destino adequado, de forma a não prejudicar o meio ambiente.

Para a película prateada, principal resíduo orgânico gerado na empresa, encontra como destino a adubação dos cafezais de uma Fazenda Experimental, sendo que os gestores alegam que ainda há espaço para absorver mais material no plantio do café e na produção de pasto para o rebanho da fazenda.

Atualmente a empresa está satisfeita com o destino dado para a película, porém como é uma empresa que busca sempre o crescimento contínuo, conseqüentemente ocorrerá o aumento da geração de película e a empresa pode pensar em outros destinos para este resíduo específico. A literatura apresenta uma gama de aplicações em potencial, tendo destaque a obtenção de compostos bioativos e o uso das fibras como biocompósitos ou para gerar energia por combustão.

2.5. REFERÊNCIAS

ABIC. ABIC. **Associação Brasileira da Indústria de Café**. Disponível em:<<https://www.abic.com.br/>>. Acesso em 12 abril de 2021.

ARYA, S.S., VENKATRAM, R., MORE, P.R. et al. The wastes of coffee bean processing for utilization in food: a review. **J Food Sci Technol**, 2021.

ATES, G., ELMACI, Yeş., **Coffee silverskin as fat replacer in cake formulations and its effect on physical, chemical and sensory attributes of cakes**, **LWT - Food Science and Technology**, 2018., doi: 10.1016/j.lwt. 2018. 01. 003.

BASÍLIO, E. P. **Caracterização da película prateada de café arábica, aplicação em bolo de chocolate e seus efeitos no teor de fibra alimentar, atividade antioxidante e atributos sensoriais**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 96. 2018.

BESSADA S.M.F., ALVES R.C., OLIVEIRA M.B.P.P. Coffee Silverskin: A Review on Potential Cosmetic Applications. **Cosmetics**. 2018;5:5.

CONAB, CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 12 abril de 2021.

CORTEZ, J.G. **Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café**. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. p. 84. 2001.

DeHONDO, A.I.; DeHONDO, M.I.; CASTILLO, M.D. Application of compounds from coffee processing by-products. **Biomolecules**, v.10, p. 1219 - 1239, 2020.

Del CASTILLO, M.D.B.; IBÁÑEZ, M.E.E.; AMIGO, M.B.; HERRERO, M.C.; PLAZA, M.M.; ULLATE, M.A. Application of products of coffee silverskin in anti-aging cosmetics and functional food. **WO 2013/004873**, january, 2013.

DOMINICI, F.; GARCÍA, D.; FOMBUENA, V.; Luzi, F.; PUGLIA, D.; TORRE, L.; BALART, R. Bio-Polyethylene-Based Composites Reinforced with Alkali and Palmitoyl Chloride-Treated Coffee Silverskin. **Molecules** 2019, 24, 3113.

DURÁN, C. A. A. et al. Café: Aspectos Gerais e seu Aproveitamento para além da Bebida. **Revista Virtual de Química**. Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 107-134, jan-fev. 2017. DOI 10.1007/s11947-011-0565-z

MELITTA. A torra do café. **Melitta**. Disponível em: <<https://www.melitta.com.br/explorar/torra-do-cafe>>. Acesso em 17 abril de 2021.

MUSSATO, S.I.; MACHADO, E.M.S.; MARTINS, S.; TEIXEIRA, J.A. Production, composition and application of coffee and its industrial residues. **Food Bioprocess Technol.**, v.4, p. 661-672, 2011.

NETO, Ensei. Sobre o fox dean e outras lendas. **The coffee traveller**. 4 de setembro de 2015. Disponível em: <<http://www.thecoffeetraveler.net/new-blog-3/2015/9/4/sobre-o-fox-bean-e-outras-lendas>>. Acesso em 12 abril de 2021.

OLIVEIRA, G.; PASSOS, C.P.; FERREIRA, P.; COIMBRA, M.A.; GONÇALVES, I. Coffee By-Products and Their Suitability for Developing Active Food Packaging Materials. **Foods**, v.10, p. 683-700, 2021.

PIMENTEL, U.; FILHO, J.F.S.C.; PEREIRA, P.F.; CALADO, V.; FARAH, A. Efeito da variação de tempo, temperatura e pressão durante a torrefação sobre a cor do café. Anais do 13º Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos, 2019.

POZO, C. *et al.* Converting coffee silverskin to value-added products by a slow pyrolysis-based biorefinery process. **Fuel Processing Technology**, v., 2021.

SANCHEZ, D.; ANZOLA, C.V. Caracterización química de la película plateada del café (coffea arábica) en variedades colombia y caturra. **Revista colombiana de química**, v.41(2), p. 211-226, 2012.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Café: classificação e degustação**: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Brasília: SENAR, 2017. 112 p.

SILVEIRA, J. H. P. **Sustentabilidade e responsabilidade social**. Artigos Brasileiros. 1°. Belo Horizonte: Poisson, 2017. 258 p.

SOUZA, H. J. P. L. **Caracterização de pellets de eucalipto e resíduos da despolpa do café**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, p. 61. 2016.

ANEXO

(Folha de Aprovação do Trabalho)

FORMULÁRIO N.º 2/2022 - CBEB-AVR/DAE-AVR/DRG/AVR/IFSP

FOLHA DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
IDENTIFICAÇÃO DO(A) ALUNO(A)	
Nome:	Jussara Coutinho Santos Cesare
Título:	GERAÇÃO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DE CAFÉ TORRADO - UMA OBSERVAÇÃO DA EMPRESA MELITTA DO BRASIL.
Curso:	Bacharelado em Engenharia de Biosistemas
BANCA EXAMINADORA	
Nome:	Profa. Dra. Adria de Sousa Bentes
Instituição/Departamento:	IFSP - Câmpus Capivari
Nota:	9,7 Julgamento: (x) Aprovado () Reprovado
Assinatura:	[assinado eletronicamente]
Nome:	Profa. Dra Daniele Souza de Carvalho
Instituição/Departamento:	IFSP - Câmpus Avaré
Nota:	9,8 Julgamento: (x) Aprovado () Reprovado
Assinatura:	[assinado eletronicamente]
Nome:	Marcela Pavan Bagagli
Instituição/Departamento:	IFSP - Câmpus Avaré
Nota:	9,6 Julgamento: (x) Aprovado () Reprovado
Assinatura:	[assinado eletronicamente]

RESULTADO FINAL
Como parte das exigências para conclusão do Curso de Engenharia de Biosistemas, o candidato(a)/aluno(a), em sessão pública, foi considerado APROVADA pela Comissão Examinadora, com média final 9,7 .

Avaré, 03 de Dezembro de 2021.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Marcela Pavan Bagagli**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/01/2022 15:44:50.
- **Adria de Sousa Bentes**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/01/2022 17:09:08.
- **Daniele Souza de Carvalho**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/02/2022 08:42:03.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/12/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 265841
Código de Autenticação: 099ff0a846



FORMULÁRIO N.º 2/2022 - CBEB-AVR/DAE-AVR/DRG/AVR/IFSP

via IFSP, 2ª via do(a) Aluno(a), 3ª via do(a) Co-orientador(a)
uras”

“Este documento não contém