



**MARIA LAURA CABRAL**

**BIOECONOMIA DO CAFÉ: O REAPROVEITAMENTO DA  
BORRA COMO INSUMO**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**MARIA LAURA CABRAL**

**BIOECONOMIA DO CAFÉ: O REAPROVEITAMENTO DA  
BORRA COMO INSUMO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Prof. Dra. Jaqueline Severino da Costa

Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2021**

# **BIOECONOMIA DO CAFÉ: O REAPROVEITAMENTO DA BORRA COMO INSUMO**

**BIOECONOMY OF COFFEE: THE REUSE OF GROUNDS AS AN INPUT**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Prof. Dra. Jaqueline Severino da Costa

Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2021**

## RESUMO

A bioeconomia é definida como um intento de uma melhor utilização dos recursos naturais em todos os setores da economia, abrangendo a indústria e a agricultura para gerar produtos biológicos a um preço que seja acessível para o mercado, mas com a diminuição da geração de resíduos provenientes de processos produtivos e utilização de matérias primas limpas de fonte reutilizáveis e renováveis. Um dos principais resíduos orgânicos gerados atualmente é a biomassa proveniente da extração da do café (mais conhecida como borra de café), que se descartada de maneira incorreta, acarreta degradação do meio ambiente e consequente agravamento da emissão de gases do efeito estufa, como o aquecimento global. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi estimar os custos da construção de uma composteira como alternativa ao descarte da borra de café no meio ambiente e com isso mitigar os efeitos das potenciais emissões de CO<sub>2</sub> dos resíduos da extração do café na Universidade Federal de Lavras. Para tal utilizou-se as informações do consumo de café mensal da Cafeteria Escola “CafEsal” da Universidade Federal de Lavras como exemplo. As estimativas apontam que o descarte da borra de café em aterros ou lixões de todo o café consumido no Brasil, em 2020, geraram 14,6 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>. Somente a Cafeteria Escola “CafEsal” da UFLA, em 2020, emitiu 115.632 Kg de CO<sub>2</sub>. Os resultados mostraram que a Cafeteria Escola “CafEsal” emite cerca de 2,3 milhões kg de CO<sub>2</sub> por ano, sendo necessário que a cafeteria plante mais de 16 mil árvores por ano para neutralizar suas emissões. Em um dia seria necessário a cafeteria plantar 68 arvores para neutralizar seus 9.636 kg de CO<sub>2</sub> emitidos. Lembrando que esse mercado é potencialmente grande, uma vez que por ano no Brasil estima-se uma produção de 545 milhões de toneladas de borra de café ou 45 milhões de toneladas por mês. Assim, como forma de criar uma alternativa para evitar o descarte da borra do café no meio ambiente para Cafeteria Escola “CafEsal” estimou-se o custo de implementar uma composteira no campus da Universidade Federal de Lavras. Ao considerar a operação da composteira a partir do processamento de 200kg gerados mensalmente pela CafEsal, os custos chegam a ser de R\$ 21.371,26, o que representa uma escala pequena de trabalho e, portanto, elevado o custo do fertilizante final produzido (R\$ 106,85/kg), sendo necessário um preço de venda de R\$ 149,59/kg. Contudo, a estrutura montada pode trabalhar com a capacidade de até 2 toneladas/mês, o que representaria uma redução substancial tanto no custo total de produção mês (R\$ 10,69/kg) como no preço de venda (R\$ 14,95/kg).

**Palavras-chave:** Bioeconomia. Borra de café. Gases de Efeito Estufa. Composteira. Custos.

## ABSTRACT

The bioeconomy is defined as an attempt to better use natural resources in all sectors of the economy, covering industry and agriculture to generate biological products at a price that is affordable for the market, but with a reduction in the generation of waste from production processes and use of clean raw materials from reusable and renewable sources. One of the main residues generated is currently biomass from coffee extraction (better known as coffee grounds), which, if disposed of incorrectly, leads to environmental degradation and a consequent increase in the emission of greenhouse gases, such as global warming. In this sense, the objective of this work was to estimate the costs of building a composter as an alternative to disposing of the coffee grounds in the environment and thereby mitigate the effects of offset potential of CO<sub>2</sub> from residue coffee extraction at the Federal University of Lavras. For this purpose, monthly coffee consumption information from the “CafEsal” School Cafeteria of the Federal University of Lavras was used as an example. The point out that the disposal of coffee grounds in landfills or dumps of all the coffee consumed in Brazil, in 2020, generated 14.6 billion tons of CO<sub>2</sub>. Only one “CafEsal” cafeteria at UFLA, in 2020, emitted 115,632 kg of CO<sub>2</sub>. The results induced that the Cafeteria Escola “CafEsal” emits about 2.3 million kg of CO<sub>2</sub> per year, making it necessary for the cafeteria to plant more than 16 thousand trees per year to neutralize its approvals. In one day, a cafeteria would need to plant 68 trees to neutralize its 9,636 kg of CO<sub>2</sub> emitted. Remembering that this market is potentially large, since a year in Brazil it is estimated a production of 545 million tons of coffee grounds or 45 million tons per month. Thus, as a way to create an alternative to avoid the disposal of the coffee grounds in the environment for the Cafeteria Escola “CafEsal”, the cost of implementing a composter on the campus of the Federal University of Lavras was estimated. When considering the operation of the composter from the processing of 200 kg generated monthly by CafEsal, the costs reach R\$ 21,371.26, which represents a small scale of work and, therefore, high the cost of the final fertilizer produced (R \$106.85/kg), requiring a sales price of BRL 149.59/kg. However, the assembled structure can work with a capacity of up to 2 tons/month, which would represent a substantial reduction in both the total monthly production cost (BRL 10.69/kg) and the sales price (BRL 14.95 /kg).

**Keywords:** Bioeconomics. Coffee Grounds. Greenhouse Effect. Composter. Costs.

## **LISTA DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Alternativas para o uso da borra do café ..... | 21 |
| Figura 2 - Esquema geral do processo de compostagem ..... | 22 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Composição da borra de café. ....   | 21 |
| Tabela 2 - Decomposição da borra de café em seus principais produtos.....  | 25 |
| Tabela 3 - Estimativas de CO <sub>2</sub> (eq) emitidos a partir de dos resíduos da borra do café brasileiro e o número de árvores necessárias para tornar a emissão carbono neutro. ....            | 26 |
| Tabela 4 - Estimativas de CO <sub>2</sub> emitidos a partir de dos resíduos da borra do café da Cafeteria Escola “CafEsal” e o número de árvores necessárias para tornar a emissão carbono neutro .. | 26 |
| Tabela 5 - Cálculo das proporções da produção do composto.....   | 27 |
| Tabela 6 - Dados de entrada para dimensionamento da composteira .....  | 27 |
| Tabela 7 - Dimensionamento da composteira .....  | 28 |
| Tabela 8 - Equipamentos utilizados na compostagem .....  | 28 |
| Tabela 9 - Investimentos para construção do pavilhão .....   | 28 |
| Tabela 10 – Custos de energia, combustível e freteamento .....   | 29 |
| Tabela 11 - Custos fixos para a compostagem.....   | 29 |
| Tabela 12 - Despesas administrativas .....   | 29 |
| Tabela 13 - Valores das taxas de licenciamento ambiental.....  | 30 |
| Tabela 14 - Custos médios de produção e preço de venda do composto orgânico gerado a partir da composteira implementada na UFLA.....   | 30 |

## **LISTA DE SIGLAS**

AA - Aminoácidos

ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café

AL – Alagoas

BCDP – Programa de Bioeconomia e Desenvolvimento Comunitário

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BNX – BioNexus Status

BTP – Programa de Transformação da Bioeconomia

C/N – Relação Carbono Nitrogênio

CCT – Convenção Coletiva de Trabalho

Cecafé – Conselho dos Exportadores de Café do Brasil

Cepel – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DST – Department of Science and Technology (South Africa)

EMPRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETP – Programa de Transformação Econômica

EU – União Europeia

EUA – Estados Unidos da América

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFMT – Instituto Federal do Mato Grosso

IG – Índice Glicêmico

IICA – Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura

IKS – Sistema de Conhecimento Indígena

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

ITAL – Instituto Tecnológico de Alimentos

IVV – Instituto Fraunhofer de Engenharia de Processos e Embalagens (Alemanha)

MAPA – Ministério do Abastecimento, Pecuária e Agricultura

MG – Minas Gerais

NBP – Política Nacional de Biotecnologia

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ODS – Objetivo do Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PMGIRS – Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos



SAF – Secretaria de Agricultura Familiar

UFLA – Universidade Federal de Lavras

UFMT – Universidade Federal do Mato Grosso

UV – Ultravioleta

ZWIA – Aliança Internacional do Resíduo Zero

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| 1. Introdução.....   | 11 |
| 2. Revisão Bibliográfica .....   | 12 |
| 2.1 Bioeconomia no Mundo .....   | 12 |
| 2.2 Bioeconomia no Brasil .....  | 15 |
| 2.3 A bioeconomia dos resíduos.....  | 17 |
| 2.4 Resíduos (borra) do Café.....  | 19 |
| 3. Procedimentos Metodológicos .....   | 20 |
| 3.1 Dados.....   | 20 |
| 3.2 Processo de Compostagem .....  | 20 |
| 4. Resultados.....   | 25 |
| 4.1 Estimativas de Emissões de CO <sub>2</sub> .....   | 25 |
| 4.2 A compostagem como alternativa para minimizar os efeitos das emissões de CO <sub>2</sub> ..... | 26 |
| 5. Considerações finais.....   | 31 |
| Referências Bibliográficas.....  | 32 |

## 1. Introdução

A busca por processos e produtos alternativamente sustentáveis, renováveis e lucrativos tem crescido nos últimos anos. Um estudo realizado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2009) estima que, até 2030, a contribuição global da biotecnologia será de US\$ 1 trilhão/ano, entre os setores de saúde (US\$ 260 bilhões/ano), produção primária (US\$ 380 bilhões/ano) e industrial (US\$ 420 bilhões/ano). Esse mesmo estudo estima que 80% dos produtos farmacêuticos até 2030 passarão a ser desenvolvidos com o uso de biotecnologia.

A biotecnologia compõe o que se chama hoje de economia biológica ou bioeconomia. Esse novo modelo de economia tem como propósito a melhor utilização dos recursos naturais em todos os setores da economia com objetivo de gerar produtos de base biológica de fontes renováveis, limpas e reutilizáveis a um preço competitivo no mercado com menor geração de resíduos nos processos produtivos (SIQUEIRA et al., 2017; McCORMICK & KAUTTO, 2013).

No Brasil, a bioeconomia foi reconhecida na década de 1980, quando a biotecnologia passou a ganhar espaço. Um levantamento feito pela OCDE (2013), em 31 países, aponta o Brasil na décima segunda colocação em relação ao número de empresas de biotecnologia, atrás dos EUA (com 7.970 empresas), Espanha (3.025), França (1.481), Coreia do Sul (885), Alemanha (693), Austrália (527), Japão (523), Reino Unido (488), México (406), Nova Zelândia (369) e Bélgica (350).

Com o desenvolvimento da bioeconomia brasileira, a cafeicultura brasileira passa a se inserir nesse mercado como forma de atingir novos consumidores cada vez mais conscientes e exigentes. Neste novo cenário, enxerga-se a necessidade de juntar consumo consciente de café com o descarte sustentável dos resíduos oriundos de sua extração para que este não cause a deterioração do meio ambiente (ABIC, 2018). Esse fato pode ser corroborado pelos dados da ABIC (2020) que apontam que 67% do café consumido no Brasil em 2021 se transformaram em resíduos (borra de café), o que equivale a 545 mil toneladas. Dado sua composição de matéria orgânica e nitrogênio tem grande potencial de contaminação do meio ambiente e emissões de CO<sub>2</sub> (eq) (CURSOS CPT, 2021).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi estimar os custos da construção de uma composteira como alternativa ao descarte da borra de café no meio ambiente e com isso mitigar os efeitos das potenciais emissões de CO<sub>2</sub> dos resíduos do café na Universidade Federal de Lavras. Para tal utilizou-se as informações do consumo de café mensal da Cafeteria Escola

“CafEsal” da Universidade Federal de Lavras como exemplo.

## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1 Bioeconomia no Mundo**

Estima-se que a população global cresça 16% até o ano de 2030 (NAÇÕES UNIDAS, 2017), fato que exige um aumento proporcional do uso de recursos naturais e de energias não renováveis, mas que impactam nas mudanças climáticas (BNDES, 2018). Dessa forma, o principal desafio econômico global que se enfrenta é a mudança do modelo econômico para que ocorra uma mudança de paradigma no uso dos recursos naturais. Essa mudança deve ocorrer baseando-se em recursos não renováveis e na redução da degradação ambiental (HEIJMAN, 2016).

A busca por esse novo paradigma de desenvolvimento econômico renovou o interesse de países em uma economia mais ecológica com base na bioeconomia (IPEA, 2017). Assim, a bioeconomia pode ser definida como um modelo de produção industrial baseado no uso de recursos biológicos, cujo objetivo é oferecer soluções sustentáveis para os sistemas de produção com vistas à substituição de recursos fósseis e não renováveis por energias limpas e renováveis (EMBRAPA, 2021).

O conceito de bioeconomia está correlacionado ao conceito de economia circular, que adota uma perspectiva intersetorial em diferentes atividades industriais, de forma que os resíduos de uma cadeia produtiva são utilizados como insumos em outra cadeia (KLITKOU et al., 2019). A bioeconomia, portanto é um fenômeno horizontal que atravessa os componentes do PIB, incluindo não apenas o setor agrícola - que gera biomassa - mas também o setor de alimentos e outros setores dentro o setor de manufatura, como produtos químicos orgânicos (incluindo adubos e fertilizantes de base biológica), o setor de celulose e madeira, o setor de energia (biocombustíveis) e outros de base biológica setores, como os ligados à fabricação de produtos farmacêuticos e medicamentos (WIERNY et al., 2015).

A economia circular constitui-se em um dos pilares da bioeconomia, pois seu modelo de produção e consumo de bens e serviços é diferente do modelo de economia linear atualmente vigente (WEETMAN, 2019). Na economia linear o processo de produção baseia-se na extração, produção, consumo e geração de resíduos (BRUEL et al., 2018). Já a economia circular fundamenta-se no conceito de desenvolvimento sustentável que por definição é “aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”, o que garante o equilíbrio entre as esferas econômica, ambiental e social (Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987).

Em 2015, a ONU definiu 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), uma lista de metas globais, dentro de uma agenda que propõe um desenvolvimento de ação mundial coordenada entre as empresas, governos, academia e sociedade, para que a pobreza seja erradicada e se promova vida digna para todos, dentro dos limites impostos pelo planeta. Os ODS apresentam três premissas principais para o desenvolvimento sustentável: crescimento econômico, inclusão social e proteção ao meio ambiente considerando as mudanças climáticas, consumo racional, energia limpa, entre outros (ODS, 2015).

Nesse contexto, a bioeconomia tornou-se base para o desenvolvimento sustentável global. A primeira estratégia bioeconômica de desenvolvimento do mundo foi apresentada em 2012, pela União Europeia e tinha como meta integrar estratégia e plano de ação para contemplar investimento e financiamento em Investigação e Inovação (I&I), implementação de educação multidisciplinar em toda UE, reforço de oportunidades de emprego de alta e baixa qualificação, reforço da interação entre diferentes políticas e envolvimento das partes interessadas através da coerência política e intersetorial, envolvimento da sociedade para alcançar os usuários finais, abordagens regionais, cooperação internacional para uma bioeconomia global, inovação social, implementação de políticas e melhoria dos mercados nos principais setores da bioeconomia (EUROPEAN COMMISSION, 2012). Assim, essa estratégia tinha 5 principais objetivos: garantir a segurança alimentar, gerir os recursos naturais de uma forma sustentável, reduzir a dependência de recursos não renováveis, mitigação e adaptação às mudanças climáticas e a criação de empregos mantendo a competitividade europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

Muitos países europeus como a Alemanha e Noruega têm promovido a expansão da bioeconomia com destaque. O relatório governamental da bioeconomia alemã em 2015 destacou as futuras e principais aplicações da bioeconomia nos diferentes setores: indústria automotiva (peças de carro reforçadas com fibras naturais e bioplásticos); construção civil (isolante térmico produzido à partir de lignina, liquidificadores de cimento derivados de resíduos da indústria de celulose e asfalto a partir de óleo vegetal usado); energia (lidera o ranking mundial de tecnologia de biogás, mas também produz biodiesel a partir de óleo da planta colza e algas, e bioetanol de diferentes biomassas); agricultura (utiliza o melhoramento genético de animais e plantas, especialmente cevada e beterraba); engenharia mecânica (utiliza biorreatores, engenharia de bioprocessos e tecnologia para plantas de biogás); alimentos e bebidas (além das tradicionais indústrias de cerveja e de panificação, o setor busca inovação biotecnológica com enzimas, aromas, aminoácidos, probióticos, entre outros); bens de consumo (usa moléculas bioativas em cosméticos, enzimas em produtos de limpeza e bioplásticos para

embalagens) e setor têxtil (utiliza diferentes matérias-primas naturais para composição de fibras e fibras de alta tecnologia feitas com proteínas de teias de aranha produzidas por bactérias) (PROFISSÃO BIOTEC, 2021).

Na Noruega, todos os anos, empreendedores e empresários têm a oportunidade de solicitar fundos para novos projetos de inovação na área bioeconômica. Em comparação com outras indústrias, a indústria florestal e de treinamento é responsável por um pequeno número de projetos de inovação no Conselho de Pesquisa. Nos últimos dez anos, 22 projetos de inovação na indústria florestal e de *trainee* receberam financiamento de projetos do Conselho de Pesquisa, sendo as empresas do Grupo Moelven, Borregaard e Norske Skog as mais dinâmicas nesse processo. Para o país, produtos de construção de base florestal são essenciais para o desenvolvimento da bioeconomia, pois são ambientalmente amigáveis (DUNAPRESS, 2018).

Outros países ao redor do mundo também estão em constante evolução com relação ao tema, como é o caso da Argentina. A necessidade de construir sociedades com menor dependência de recursos fósseis ganhou validade nas últimas décadas, pois os avanços na biologia moderna oferecem possibilidades de substituir, pelo menos em parte, a dependência do país em relação aos combustíveis fósseis e seus derivados. Na Argentina, a bioeconomia é reconhecida como uma alternativa positiva para a geração de novos produtos e postos de trabalho aliados aos desafios de mitigar os efeitos das mudanças climáticas em um cenário de crescimento econômico com redução de pobreza (FAO, 2018; MINAGRO, 2016).

Na África do Sul, a Estratégia Nacional de Bioeconomia foi publicada em 2013 e identificou na agricultura, bioinovação industrial e ambiental e saúde como os três setores econômicos chave para promover o desenvolvimento sustentável. A expectativa do país é que a bioeconomia contribua de forma significativo para o crescimento do PIB até 2030 por meio da criação e do crescimento de novas indústrias que gerem e desenvolvem serviços, produtos e inovações de base biológica mais competitivos. Ademais, a perspectiva é que esta nova economia crie mais empregos sustentáveis, aumente a segurança alimentar e desenvolva uma economia verde de baixa emissão de carbono (DST, 2013).

Em 2005, o governo da Malásia introduziu a Política Nacional de Biotecnologia (NBP), um plano anual que visa tornar a biotecnologia uma contribuinte chave para o crescimento econômico (MOSTI e Bioeconomy Corporation, 2015). Já em 2006, o BioNexus Status (BNX) foi introduzido para reconhecer e premiar empresas qualificadas que empreendem biotecnologia de valor agregado e/ou vida atividades de ciências. Em 2012, a Malásia também introduziu a Programa de Transformação da Bioeconomia (BTP) como uma das estratégias de

implementação no âmbito da Programa de Transformação Econômica (ETP). O BTP é uma plataforma fornecida pelo governo ao setor privado como forma de canalizar e maximizar as oportunidades comerciais na área das bioindústrias. Além disso, para aumentar a competitividade e a contribuição da bioeconomia para o crescimento econômico, o Programa de Bioeconomia e Desenvolvimento Comunitário (BCDP) foi anunciado no orçamento da Malásia de 2014, com o objetivo de fortalecer a porção *upstream* da cadeia de valor da indústria por meio da criação de fonte local de matérias-primas de alta qualidade para expansão de capacidade e empreendimento a jusante (MOSTI e BIOECONOMY CORPORATION, 2016; FAO, 2018).

## **2.2 Bioeconomia no Brasil**

A grande biodiversidade brasileira confere ao país vantagens quanto ao surgimento e desenvolvimento da bioeconomia, pois a diversidade de produtos e matérias primas como biocombustíveis, corantes, óleos vegetais, gorduras, fitoterápicos, antioxidantes e óleos essenciais são responsáveis para oportunizar ao setor produtivo desenvolver produtos de forma limpa com a utilização de recursos renováveis. Os exemplos mais evidentes desse processo é a produção de biocombustíveis como etanol e o biodiesel (BNDES,2018).

A bioeconomia no Brasil está em ascensão graças aos investimentos de duas empresas, a GranBio e a Raízen. Essas empresas são especializadas na produção de E2G (etanol de segunda geração, que é produzido do bagaço da cana-de-açúcar) em escala comercial. A usina industrial da GranBio (Bioflex 1), localizada em São Miguel dos Campos (AL), foi pioneira em fabricação de etanol celulósico no país e opera com uma capacidade de produção de 82 milhões de litros do biocombustível por ano. Além dessas iniciativas, existem outras iniciativas de empresas como Amyris (para fabricação de combustíveis e produtos derivados do farneseno utilizando como insumo a cana-de-açúcar), da TerraVia (antiga Solazyme, para produção de alimentos e especialidades químicas a partir de algas marinhas) e da Braskem (para produção de polietileno a partir da cana-de-açúcar) que buscam impulsionar a bioeconomia no país (BNDES, 2018).

Aliado ao investimento de empresas privadas, estudos e ensaios estão crescendo em diversos centros de pesquisa do país. O Instituto Tecnológico de Alimentos (ITAL) em Campinas SP, juntamente com o Instituto Fraunhofer de Engenharia de Processos e Embalagens (IVV), da Alemanha criaram, em 2013, o Centro de Projetos Fraunhofer de Inovação em Alimentos e Recursos Renováveis para o desenvolvimento de pesquisas aplicadas em bioeconomia com o objetivo de gerar novas oportunidades de negócios baseadas em inovação

para o setor privado. Um dos projetos do ITAL é o cultivo sustentável e do processamento inovador de sementes de girassol para a produção simultânea de óleo de girassol, combustível sólido e ingredientes alimentares ricos em proteínas (WEICHERT, 2017).

Outros três projetos também estão sendo desenvolvidos em parceria do Brasil com a Alemanha. “ByProFood” (desenvolvimento de novos alimentos e ingredientes a partir de subprodutos de frutas e de café) (OSEN, 2016), “Acrowards” (criação de sistemas de cultivo sustentáveis para a palmeira macaúba e na identificação de processos adequados para fornecer frações de alto valor de suas frutas para alimentação e aplicações não alimentares) (IVV, 2021) e “SeaFee” (exploração de novos ingredientes para alimentos e rações extraídos do oceano) (DWIH, 2021).

No âmbito público também existem iniciativas para o desenvolvimento de projetos para alavancar a bioeconomia no Brasil. O programa federal Bioeconomia Brasil é realizado com o apoio técnico e financeiro de organismos internacionais, instituições de pesquisa, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a fundação Oswaldo Cruz Filho (Fiocruz), entidades da sociedade civil, fundos e bancos de desenvolvimento, outros Ministérios, entes federativos e setor empresarial. As atividades são executadas por meio de chamadas públicas específicas e outros instrumentos jurídicos de contratação necessários para viabilizar a entrada de dinheiro dos projetos, além da integração de políticas públicas brasileiras que já existem e que apoiam as ações de Bioeconomia (GOVERNO FEDERAL, 2019).

Em 2020, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo, anunciou uma nova parceria com a Embrapa) para promover a formação de estrutura, o fortalecimento e o aperfeiçoamento das cadeias produtivas do açaí, cupuaçu, castanha-do-Brasil, piaçava, mandioca, mel de abelhas nativas, baunilhas brasileiras e sistemas agroflorestais biodiversos nos biomas Amazônia e Cerrado. E dessa forma, buscará potencializar o acesso dessas cadeias ao mercado, através do investimento de R\$2 milhões, assegurados pelo MAPA para a execução de atividades que integram o programa federal Bioeconomia Brasil – Sociobiodiversidade (GOVERNO FEDERAL, 2020).

O Brasil, que possui mais de 100 milhões de hectares disponíveis para produzir energia e a América Latina se coloca como um grande *player* nesse mercado bioeconômico, sendo capaz de gerar muitas oportunidades de negócios sustentáveis. O desenvolvimento da bioeconomia nas Américas requer o aprimoramento de habilidades práticas, o incentivo ao investimento público e privado e a intensificação do uso de novas tecnologias (IICA, 2016).



### 2.3 A bioeconomia dos resíduos

O lixo úmido faz parte do cotidiano global, pois são oriundos do preparo de alimentos em casa, do processamento de produtos orgânicos e até mesmo do lixo doméstico. Esses resíduos causam não só impactos ambientais, mas também são fontes de mau cheiro e atrapalham a coleta seletiva do lixo nas mais diversas cidades do país. Além disso, representam uma grande perda de nutrientes, uma vez que poderiam ser utilizadas como matéria prima para a indústria de fertilizantes (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2020).

Os resíduos orgânicos domésticos que são coletados e tratados separadamente por meio da digestão anaeróbica, quando comparados a incineração ou o aterro sanitário, apresentam um desempenho ambiental melhor visto que geram menos impactos ao meio ambiente. Assim, quando os biorresíduos são recolhidos seletivamente, e encaminhados para seu respectivo tratamento e valorização, podem resultar em um fertilizante rico em nutrientes com alto potencial econômico e ambiental (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2020).

No Brasil, de acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos (2018), produzido pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública (Abrelpe), foram gerados cerca de 79 milhões de toneladas de resíduos no ano de 2018. Desses resíduos coletados, apenas 59,5% foram destinados a locais adequados em aterros sanitários.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 99,9% dos municípios do Brasil oferecem algum serviço de gestão dos resíduos sólidos, mas em contrapartida cerca de 50% desses municípios depositam os seus resíduos em vazadouros, e os outros restantes se dividem entre aterros controlados e aterros sanitários. O descarte incorreto dos resíduos sólidos provoca sérias consequências, à saúde pública e ao meio ambiente (BOUZON, 2016).

Para que seja possível a minimização dos impactos dos resíduos orgânicos é necessária utilizar o conceito do 8 R's: Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Respeitar, Reparar, Responsabilizar-se, Refletir, Repassar (OBY, 2016), muito embora no Brasil a realidade é que não se aplicou os 3 R's iniciais (RODRIGUES, 2020).

Um primeiro passo para reduzir a geração de resíduos é a redução do consumo em si, porém essa medida muitas vezes é controversa. Por um lado, a redução do consumo pode levar em uma queda da atividade econômica que, por sua vez, aumentaria o desemprego, resultando em impactos sociais negativos, desequilibrando o tripé da sustentabilidade (RODRIGUES, 2020), ferramenta para que as pessoas desenvolvam ações que permeiam essas três dimensões: econômica, social e ambiental (ELKINGTON, 2012). Por outro lado, o aumento do consumo

funciona como estimulador da economia, que por sua vez aumenta o volume de resíduos e consequente aumento da poluição ambiental e diminuição da qualidade de vida das populações no geral (RODRIGUES, 2020).

Assim, o desafio que se coloca para a sociedade atualmente é como aumentar o consumo de bens e serviços e ao mesmo tempo reduzir a quantidade de resíduos gerados. A redução do consumo implica em mudanças consideráveis nos processos industriais e de comércio, assim como nos hábitos que envolvem o senso coletivo e individual (RODRIGUES, 2020).

Essas mudanças de processos ou de hábitos são difíceis de acontecer espontaneamente e por isso muitas vezes necessita de ações de políticas públicas de intervenção para regulamentar a política de resíduos. No caso dos resíduos, as medidas legais podem definir novas regras para geri-los de modo a minimizar seu descarte, redução da poluição dos ecossistemas e da manutenção da qualidade de vida da sociedade atual. Os resíduos passam a ser alvo de regulação e monitoramento para garantir que a mudança de comportamento seja efetiva, acarretando penalizações caso a mudança requisitada não ocorra, como tem acontecido com municípios que não fecharam seus lixões (RODRIGUES, 2020).

Nesse sentido, em 2010, foi implementada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) para estabelecer uma legislação brasileira que responsabiliza todos os elos da cadeia de produção e de consumo pela sua execução. A PNRS prioriza a gestão eficiente dos resíduos sólidos estabelecendo as seguintes ordens de prioridade: não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição adequada dos rejeitos, no âmbito ambiental. A política trata do conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (BOUZON, 2016). Embora a política estabeleça penalizações para os vários responsáveis que não cumpram a legislação, ainda há muito pouco avanço desde sua instituição em 2010 (RODRIGUES, 2020).

Internacionalmente, existem inúmeras iniciativas para melhorar a gestão de resíduos sólidos, especificamente para evitá-los. A Aliança Internacional de Resíduo Zero (ZWIA) é a organização mais dedicada ao assunto no mundo. A ZWIA propõe uma meta de lixo zero, na qual busca ao máximo o aproveitamento dos materiais e redução e até eliminação do envio destes para aterros sanitários ou para incineração, estabelecendo uma hierarquia com sete ações. Essa hierarquia parte do melhor ao pior uso que se possa dar a um recurso, sempre com o propósito maior de conservá-lo por meio de sistemas de produção e consumo mais responsáveis (RODRIGUES, 2020).

A bioeconomia dos resíduos é a melhor utilização de recursos naturais em todos os setores da economia, isso inclui a indústria e a agricultura para geração de produtos de origem

biológica e valores acessíveis ao mercado, sempre prezando pela redução de resíduos que são gerados durante os processos (SILLANPÄÄ; NCIBI, 2017).

## **2.4 Resíduos (borra) do Café**

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. Em termos de volume de produção, o Brasil contribui com 30% da produção mundial, seguido por Vietnã (19,2%) e Colômbia (9,4%), respectivamente. Entretanto, entre os maiores consumidores, o Brasil ocupa a terceira posição, sendo que a União Europeia e os Estados Unidos lideram o *ranking*, pois juntos consomem dois terços do café produzido no mundo (CECAFÉ, 2017; AGRIANUAL, 2016).

O cultivo do café (Arábica e Canefora) no Brasil está presente nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná e Goiás. Estes estados juntos produzem 98,65% da produção nacional. O estado de Minas produz quase 100% do café Arábica, enquanto que o estado do Espírito Santo é o maior produtor de café Canefora (CONAB, 2020).

O Brasil, em 2020, produziu cerca de 63 milhões de sacas de café beneficiadas, produção que utilizou cerca de 2,1 milhões de hectares de área para o plantio. A colheita da espécie do tipo Arábica foi de 48,7 milhões de sacas, enquanto a safra da espécie Canefora foi de 14,3 milhões de sacas. Do total produzido, 70% têm como destino as exportações, o que corresponde a 43,9 milhões sacas, sendo as demais para o consumo interno. Com as exportações, as receitas atingiram 5,6 bilhões ou pela conversão da moeda um monte de R\$ 29 bilhões (CONAB, 2020; Cecafé, 2020).

De acordo com ABIC (2020), o consumo de café no Brasil, em 2020, foi de 814 mil toneladas ou o equivalente a 13,6 milhões de sacas de café consumidas. Cerca de 67% do consumo desse café é descartado em forma de resíduo (borra do café), o equivalente a 545 mil toneladas.

Neste contexto da bioeconomia, a cadeia produtiva do café busca na sustentabilidade da produção e no consumo consciente a motivação para continuar sendo uma das mais importantes do mundo. Assim, encontrar alternativas de reuso do resíduo do café (borra de café) pode colocar a cafeicultura na vanguarda dessa nova economia que está surgindo (CARDIM, 2008).

A borra de café quando jogada no lixo comum, decompõe-se e libera gases do efeito estufa, como o metano, que é vinte vezes mais potente do que o CO<sub>2</sub>, causando grandes impactos ambientais. Mas a emissão desses gases pode ser evitada reutilizando a borra de café na fabricação de um fertilizante rico em nutrientes por meio da compostagem (RODRIGUES,

2016).

### **3. Procedimentos Metodológicos**

#### **3.1 Dados**

A partir dos dados disponibilizados pela Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC) foi possível estimar a quantidade de resíduos gerados pelo consumo de café no Brasil. A partir do cálculo dos resíduos foi possível estimar o potencial de emissões de CO<sub>2</sub> desses resíduos (borra de café) para o Brasil no ano de 2020.

Para estimar os custos para construir uma composteira, como alternativa ao descarte da borra de café no meio ambiente, foi utilizado as informações do consumo médio mensal de café da cafeteria escola “CafEsal” da Universidade Federal de Lavras para o ano de 2019. A cafeteria consumiu cerca de 100 kg de café verde por mês, e com a perda de 20% do volume através da torrefação resultam em 80 kg de café torrado e moído mensalmente, o que gera em torno de 200 kg de borra de café por mês, já que a massa de café dobra de quantidade quando a bebida é extraída (PERFECT DAILY GRIND, 2019).

#### **3.2 Estimativas das emissões de CO<sub>2</sub> equivalente dos resíduos do café**

Para estimar o potencial de emissões de CO<sub>2</sub> a partir dos resíduos oriundos da cafeicultura brasileira em 2020 foi utilizado a calculadora do Programa “PLANTE ÁRVORE” (PLANTE ÁRVORE, 2021). Esta calculadora permite calcular as emissões CO<sub>2</sub> dos resíduos descartados sólidos descartados nos aterros sanitários das cidades. Considera-se ainda que estes resíduos descartados são sólidos.

Cabe mencionar que esta calculadora possibilita uma estimativa, porém o fator limitante é que ela considera qualquer tipo de resíduo nas suas estimativas, o que pode reduzir o grau de acurácia quanto aos valores encontrados, uma vez que não se é discriminada de forma estrita a origem do resíduo considerado nos cálculos. Contudo, mais de 90% da borra de café é composta por matéria orgânica, fato que valida os exercícios das estimativas na medida em que está se considerando as quantidades “potenciais” de emissões de CO<sub>2</sub>.

#### **3.2 Processo de Compostagem**

Existem inúmeras alternativas para a reutilização da borra de café, pois trata-se de um material rico em compostos orgânicos e minerais oriundo da extração de café (MURTHY, 2012). Como forma de mitigar os efeitos das emissões de CO<sub>2</sub>, surgem alternativas de

aproveitamento desses resíduos (Figura 1). Uma delas é a compostagem que surge como alternativa para se tornar um fertilizante orgânico de grande qualidade (OLIVEIRA, 2018).

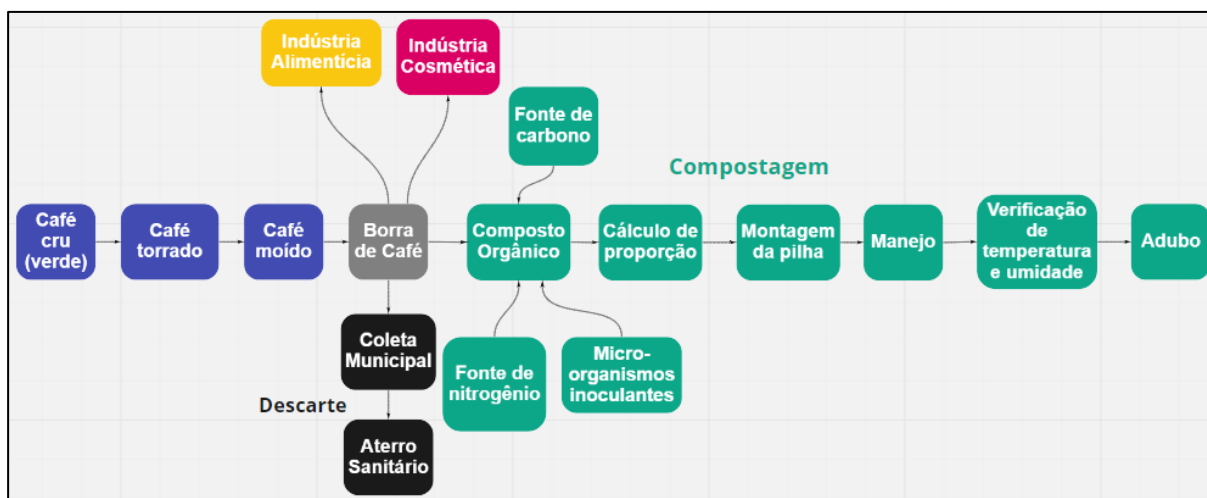


Figura 1 - Alternativas para o uso da borra do café

Fonte: Da Própria Autora.

A borra de café é um resíduo que é basicamente composta por minerais e material orgânico, sendo 90,46% de matéria orgânica, seguido de Carbono/Nitrogênio na proporção de 25 para 1 e 2,3% de nitrogênio (Tabela 1), todos com grande potencial de emissões.

Tabela 1 - Composição da borra de café.

| Concentrações      | Parâmetros |
|--------------------|------------|
| Matéria Orgânica   | 90,46%     |
| Carbono/Nitrogênio | 25/1*      |
| Nitrogênio         | 2,30%      |
| Fósforo            | 0,15%      |
| Potássio           | 0,35%      |
| Cálcio             | 0,08%      |
| Magnésio           | 0,13%      |
| Alumínio           | 0,03%      |
| Ferro              | 0,01%      |

\* 25 partes de Carbono para 1 parte de Nitrogênio.

Fonte: Mussatto, 2011.

A compostagem é um processo biológico de decomposição, que trabalha sobre condições controladas, e que ocorre através da estabilização de substratos biodegradáveis pela conversão de matéria orgânica num produto semelhante ao húmus, que é estável e pode ser utilizado como fertilizante e corretivo de solos (MERKEL, 1981).

O processo aeróbio ocorre em ambiente controlado de biooxidação de substratos heterogêneos biodegradáveis resultante da ação dos microrganismos que estão associados naturalmente aos substratos, o qual ocorre a fase termófila, onde há liberação temporária de substâncias com efeitos fitotóxicos, fazendo com que a biomassa sofra grandes transformações (mineralização e umidificação parcial) (CORDEIRO, 2010).

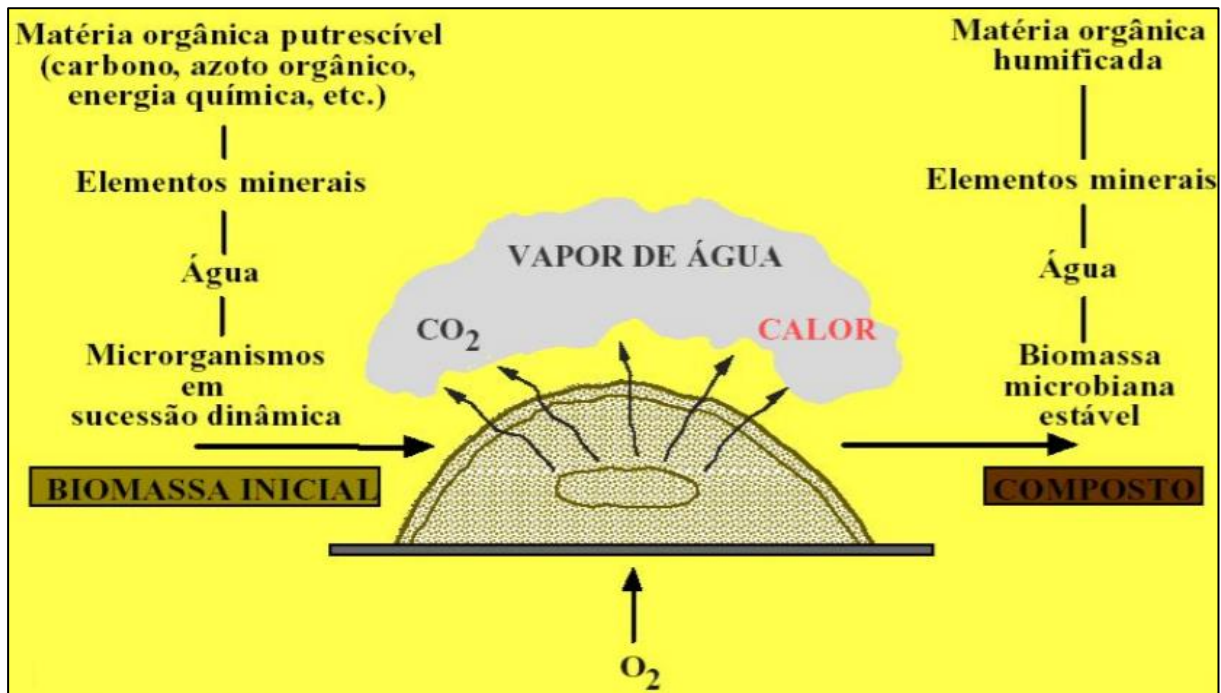


Figura 2 - Esquema geral do processo de compostagem

Fonte: Vallini (1995) e Batista e Batista (2007)

As principais vantagens do processo de compostagem como tecnologia no tratamento de biomassa, segundo Queda (1999), são:

- Redução do volume, da massa, e do teor de umidade dos resíduos que serão tratados;
- Estabilização química e biológica do material putrescível que compõe os resíduos;
- Obtenção de compostos com interesse agrícola.

E as vantagens de aplicação dos compostos no solo, segundo Haug (1980), são:

- O composto constitui uma fonte de matéria orgânica para manutenção ou incremento do húmus do solo, o que é necessário para se manter a estrutura do mesmo e aumentar a capacidade de retenção de água.
- Aumenta a produção de culturas em sistemas intensivos ou em explorações agrícolas familiares.
- Permite a reutilização de nutrientes.

Os materiais que podem ser utilizados para a compostagem são todos os restos de lavouras e capineiras, esterco de animais, aparas de grama, folhas, galhos, resíduos de

agroindústrias, como: restos de abatedouro, tortas e farinha, podem ser usados. Quase todo material de origem animal ou vegetal pode entrar na produção do composto, contudo, existem alguns materiais que não é aconselhado seu uso, como: madeira tratada com pesticidas contra cupins ou envernizadas, vidro, metal, óleo, tinta, couro, plástico, papel e esterco de animais alimentados com pastagem que recebeu herbicida (NEVES, 2007).

A identificação dos tipos de materiais também é um passo importante para a compostagem. O composto deverá ser uma combinação de materiais, um deles rico em carbono, outro rico em nitrogênio e um inoculante de microrganismos (NEVES, 2007).

Como fonte de carbono podem ser utilizados: capins, palhas, bagaços, serragens, sabugo etc. Como fonte de nitrogênio podem ser utilizados: esterco, tortas vegetais e leguminosas. E por fim, como fonte de microrganismos inoculantes podem ser utilizados: esterco, terriço ou o próprio composto (NEVES, 2007).

O composto pode ser enriquecido com a adição de materiais que melhoram suas características químicas e biológicas e sua qualidade. O material enriquecedor pode ter duas finalidades: corrigir uma deficiência do solo, que necessita de algum nutriente específico e/ou atender às necessidades da cultura. Podem ser utilizados: cinza, pó de rocha (calcário, fosfato natural etc.) e resíduos agroindustriais (tortas, farinha de osso, borra de café) etc. O local onde a compostagem será produzida deve ser próximo a uma fonte de água, já que o material é molhado à medida que as camadas são colocadas na pilha e também quando o material é removido, o que acontece inúmeras vezes durante o processo de compostagem. A água é de extrema importância para que ocorra a compostagem. Os micro-organismos necessitam de água para se desenvolverem, mas não em excesso. A quantidade vai depender do tipo de material e se ele está seco ou úmido, essa quantidade deve ser suficiente para molhar uniformemente a camada sem provocar escorrimento (NEVES, 2007).

A água e a grande diversidade de nutrientes e sua concentração aumentam a eficiência da compostagem. Os materiais carbonáceos fornecem energia e os nitrogenados auxiliam a reprodução dos microrganismos (BORSATO, 2015).

Segundo Gorgati (2001), para que eficiência do processo seja alcançada, o composto que será utilizado no processo deverá apresentar a relação C/N (carbono para nitrogênio) de 30 a 40/1, ou seja, para cada 1 parte nitrogênio deverá haver de 30 a 40 partes de carbono. Como o carbono é utilizado como fonte de energia para os microrganismos presentes no processo, 20 partes dele são excretadas como forma de gás carbônico. Logo, o composto resultante do processo deve ter uma relação de C/N de aproximadamente 10/1 (NEVES, 2007).

Após a escolha dos materiais a serem utilizados na compostagem é realizado o cálculo de proporção dos materiais escolhidos. É utilizado como regra geral um terço de material fibroso (palha) em relação a quantidade de esterço. Na prática, a proporção de mistura desses materiais é de 70% de material palhoso para 30% de esterco. O cálculo da proporção nada mais é do que adequar às quantidades de cada material, para que o processo de compostagem ocorra da melhor forma possível, mais rapidamente e sem perda de nitrogênio. A quantidade de cada material vai depender da quantidade de carbono e nitrogênio de cada um, melhor dizendo, da relação C/N dos materiais (NEVES, 2007).

Também são calculados a densidade do material seco e do material fresco, a proporção do material com base na matéria seca e na matéria fresca e a proporção dos materiais com base no volume (NEVES, 2007).

A montagem da pilha é o arranjo do material palhoso, da fonte de nitrogênio e do inoculante. A montagem do composto irá proporcionar uma melhor condição para a decomposição dos diferentes tipos de materiais, intercalando-se os mesmos em camadas. A disposição em camadas facilita a montagem e controla a proporção pré-estabelecida em volume dos diferentes materiais. A pilha necessita de dimensão e forma específicas para garantir as condições ótimas aos microrganismos que irão promover a decomposição do material (NEVES, 2007).

O tamanho da pilha é importante para se criar às condições adequadas de temperatura, acelerar a compostagem e facilitar o manejo. E por fim, o manejo é realizado para que se garanta as condições ideais de temperatura e umidade da pilha, fazendo com que a compostagem ocorra de forma eficiente. O manejo ocorre da seguinte forma: a pilha é revirada e com isso há eliminação de gás carbônico acumulado pelos microrganismos, incorporação de ar na pilha e dissipação do calor e do excesso de umidade (se houver) (NEVES, 2007).

Após isso, são feitas verificações regulares de temperatura e umidade da pilha para que se possa controlar a eficiência da compostagem (NEVES, 2007).

O rendimento da compostagem, quando utilizados os parâmetros corretos e nas quantidades necessárias, descritos anteriormente para que se atinja uma boa performance, varia entre 40% e 50% do volume de entrada de material orgânico (OLIVEIRA; SARTORI; GARCEZ, 2008).

De acordo com a Figura 1, a borra de café ainda pode ser utilizada na indústria de alimentos (INSTITUTE OF FOOD SCIENCE RESEARCH AND INSTITUTE OF FOOD SCIENCE, TECHNOLOGY AND NUTRITION, 2017) e na indústria cosmética (HERMANN, 2019).



## 4. Resultados

### 4.1 Estimativas de Emissões de CO<sub>2</sub>

A partir das informações sobre os componentes da borra do café juntamente com a quantidade de consumo de café no Brasil foi possível estimar a quantidade de resíduos. De acordo com a ABIC (2020), o consumo de café no Brasil, em 2020, foi de 814 mil toneladas. Deste total consumido, cerca de 67% do café transforma-se em borra, o que equivale a 545 mil toneladas. Considerando as proporções é possível decompor a borra de café em seus principais produtos de acordo com suas quantidades (Tabela 2).

Tabela 2 - Decomposição da borra de café em seus principais produtos

| Concentrações             | Parâmetros | Proporção de parâmetros na borra de café (toneladas) |
|---------------------------|------------|--|
| <b>Matéria Orgânica</b>   | 90,46%     | 493.000  |
| <b>Carbono/Nitrogênio</b> | 25/1*      | 25/1*  |
| <b>Nitrogênio</b>         | 2,30%      | 12,53  |
| <b>Fósforo</b>            | 0,15%      | 0,81   |
| <b>Potássio</b>           | 0,35%      | 1,9  |
| <b>Cálcio</b>             | 0,08%      | 0,44   |
| <b>Magnésio</b>           | 0,13%      | 0,71   |
| <b>Alumínio</b>           | 0,03%      | 0,16   |
| <b>Ferro</b>              | 0,01%      | 0,055  |
| <b>Total</b>              | 100%       | 545 mil toneladas                                    |

Fonte: Da Própria Autora.

\* 25 partes de Carbono para 1 parte de Nitrogênio.

Ao se utilizar a calculadora do Programa “PLANTE ÁRVORE” (PLANTE ÁRVORE, 2021) foi possível fazer uma estimativa das possíveis emissões de CO<sub>2</sub> proveniente da borra de café, considerando que grande parte desses resíduos seja descartado no meio ambiente. Ademais a calculadora ainda fornece o montante de árvores que deveriam ser plantadas para neutralizar essas emissões. Os resultados mostram que no ano de 2020, caso a borra de café seja destinada ao aterro sanitário, existe um potencial de emissões de CO<sub>2</sub> de 14,58 bilhões de toneladas e para zerar essa emissão seria necessário o plantio de 10,4 milhões de árvores (Tabela 3). Mitigar os efeitos das emissões de CO<sub>2</sub> é relevante em razão do grande potencial de contribuição para o aquecimento global. (ECYCLE, 2021).

Tabela 3 - Estimativas de CO<sub>2</sub> (eq) emitidos a partir de dos resíduos da borra do café brasileiro e o número de árvores necessárias para tornar a emissão carbono neutro.

| <b>Resíduo (borra de café em milhões toneladas)</b> | <b>Período</b> | <b>Total de emissões de CO<sub>2</sub> (toneladas)</b> | <b>Total de árvores plantadas para tornar a emissão de carbono neutra</b> |
|---|----------------|--|---|
| <b>545</b>  | 12 meses       | 14,58 bi   | 10.422.288  |
| <b>45,4</b>   | 1 mês          | 1,46 bi  | 868.524   |
| <b>1.5</b>  | 1 dia          | 48,6 mi  | 28.950  |

Fonte: Da Própria Autora.

Ao aplicar a análise para a Cafeteria Escola “CafEsal” foi possível fazer estimativas de CO<sub>2</sub> emitidos a partir da borra de café, bem como calcular o número de árvores necessárias para que a cafeteria neutralize suas emissões. Os resultados apontam que somente a Cafeteria Escola “CafEsal” emite cerca de 2.312.64 kg de CO<sub>2</sub> por ano, sendo necessário que a cafeteria plante mais de 16 mil arvores por ano para neutralizar suas emissões. Em um dia seria necessário a cafeteria plantar 68 árvores para neutralizar seus 9.636 kg de CO<sub>2</sub> emitidos (Tabela 4).

Tabela 4 - Estimativas de CO<sub>2</sub> emitidos a partir de dos resíduos da borra do café da Cafeteria Escola “CafEsal” e o número de arvores necessárias para tornar a emissão carbono neutro.

| <b>Período</b>  | <b>Resíduo (borra de café)</b> | <b>Total de emissões de CO<sub>2</sub> (kg)</b> | <b>Total de árvores plantadas</b> |
|-----------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|
| <b>12 meses</b> | 2400kg                         | 2.312.640                                       | 16.522                            |
| <b>1 mês</b>    | 200kg                          | 192.720   | 1376                              |
| <b>1 dia</b>    | 10kg                           | 9.636   | 68                                |

Fonte: Da Própria Autora.

Além de neutralizar as emissões, o plantio de arvores tem efeitos transbordamentos pois atua na recuperação de matas degradadas, recupera nascentes de rios, controla erosão do solo, reduz assoreamento de rios, dentre outros (PLANTE ARVORE, 2021).

#### **4.2 A compostagem como alternativa para minimizar os efeitos das emissões de CO<sub>2</sub>**

Como forma de mitigar as emissões provenientes da borra de café, a Cafeteria Escola “CafEsal” simulou a possibilidade de construir uma composteira com finalidade de dar destino a borra de café produzida nas suas dependências, além de gerar um fertilizante orgânico que possa ser utilizado nas mais variadas culturas.

Considerando que a compostagem pudesse ser feita na área da UFLA eliminaria a necessidade de aquisição de terreno para sua implementação. Para o cálculo de rendimento da compostagem foi utilizada uma planilha EXCEL fornecida pela Embrapa (2021).

As quantidades de insumos que serão utilizados para a produção do fertilizante orgânico são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Cálculo das proporções da produção do composto.

| <b>Material</b>                          | <b>Borra de café</b> | <b>Bagaço de cana</b> |
|--|----------------------|-----------------------|
| <b>C (%)</b>                             | 55,0                 | 42,4                  |
| <b>N (%)</b>                             | 2,20                 | 0,5                   |
| <b>C/N</b>                               | 25/1                 | 85/1                  |
| <b>Massa seca (%)</b>                    | 40,2                 | 59,8                  |
| <b>Densidade seca (kg/m<sup>3</sup>)</b> | 1608                 | 2392                  |
| <b>Volume (%)</b>                        | 21,3                 | 78,7                  |
| <b>Volume (kg)</b>                       | 200                  | 200                   |

Fonte: Da Própria Autora.

A Tabela 6 apresenta os dados de entrada utilizados para o dimensionamento da composteira, que posteriormente serão utilizados para determinação investimentos, custos e despesas. Assim, para um volume de 1000 litros do composto e uma relação C/N de 30 utilizando como fonte de carbono e nitrogênio, bagaço de cana e a borra de café (coletada da Cafeteria Escola CafEsal), o que resultará em 200kg de produto final (fertilizante orgânico), temos os seguintes dados calculados de proporções da compostagem na Tabela 6. O tempo estimado para produção do composto orgânico é de 4 meses, divididos em 2 etapas. A bioestabilização, que dura em torno de 30 a 60 dias; e a Umidificação, que dura em torno de 90 a 120 dias (ESALQ, 2021).

Tabela 6 - Dados de entrada para dimensionamento da composteira.

| <b>Descrição</b>                                | <b>Valor</b> |
|---|--------------|
| Quantidade diária de borra de café (kg)         | 8,4          |
| Quantidade mensal de borra de café (kg)         | 200          |
| <b>Quantidade diária de bagaço de cana (kg)</b> | 8,4          |
| <b>Quantidade mensal de bagaço de cana (kg)</b> | 200          |
| Dias de recebimento (mês)                       | 24           |
| Comprimento da baia (m)                         | 4            |
| Altura da baia (m)                              | 2            |
| Quantidade de baias                             | 1            |
| Volume do composto (kg)                         | 200          |

Fonte: Da Própria Autora.

A partir dos levantamentos realizados, a Tabela 7 apresenta os custos dos equipamentos necessários para operação da composteira, com respectivas quantidades, valores unitários e valores totais. Ressalta-se que para o trator mini escavadeira foi considerado o valor do aluguel mensal da máquina. Os orçamentos têm como referência os preços da empresa de e-commerce, Mercado Livre (2021) em pesquisa realizada entre janeiro e abril de 2021, já incluso o valor do frete (10%).

Tabela 7 - Dimensionamento da composteira.

| Descrição                         | Quantidade | Custo (R\$) ano  | Custo (R\$) mês    |
|-----------------------------------|------------|------------------|--------------------|
| Carrinho de Mão - Fisher de Aço   | 1          | 283,24           | (283,24/12) =23,60 |
| Enxada Larga Forjada Tramontina   | 1          | 152,73           | (152,73/12) =12,72 |
| Pá Quadrada Tramontina            | 1          | 71,39            | (71,39/12) =5,94   |
| Trator Miniescavadeira            | 1          | 97.200,00        | 8.100,00           |
| Termômetro Digital Infra-Vermelho | 1          | 65,89            | (65,89/12) =5,49   |
| <b>Subtotal</b>                   |            | <b>97.701,86</b> | <b>8.141,82</b>    |

Fonte: Da Própria Autora.

O conjunto de equipamentos necessários para instalação de um Sistema de Compostagem é apresentado na Tabela 8. Os orçamentos levantados têm como referência os preços da empresa de e-commerce Mercado Livre (2021) já com valor do frete incluso (10%).

Tabela 8 - Equipamentos utilizados na compostagem.

| Descrição                      | Quantidade | Custo (R\$) ano  | Custo (R\$) mês |
|--------------------------------|------------|------------------|-----------------|
| Picador Rotativo               | 1          | 6.193,95         | 516,16          |
| Peneira Rotativa               | 1          | 8.667,50         | 722,29          |
| Aeradores                      | 1          | 3.500,00         | 296,67          |
| Carretão (4,5 m <sup>3</sup> ) | 1          | 2.530,00         | 210,83          |
| <b>Subtotal</b>                |            | <b>20.891,45</b> | <b>1.740,95</b> |

Fonte: Da Própria Autora.

Os investimentos necessários para construção do pavilhão e piso para acondicionamento dos equipamentos, baias de compostagem acelerada e demais atividades podem ser observadas na Tabela 9. Considerando que a estimativa de financiamento seja de 5 anos ou 60 meses. Os orçamentos levantados têm como referência os preços da empresa de e-commerce Mercado Livre (2021) já com valor do frete incluso (10%).

Tabela 9 - Investimentos para construção do pavilhão

| Descrição                        | Quantidade         | Custo (R\$)       | Custo por mês <sup>+</sup> |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------------|
| Mini galpão pré-moldado metálico | 15x30              | 79.000,00         | 1.316,67                   |
| Piso de concreto polido (15 cm)  | 495m <sup>2*</sup> | 97.020,00         | 1.616,67                   |
| <b>Subtotal</b>                  |                    | <b>176.020,00</b> | <b>2.933,67</b>            |

Fonte: Da Própria Autora.

Nota 1: \* O custo unitário do piso de concreto polido é de R\$ 196,00 o m<sup>2</sup>.

Nota 2: + Como se trata de um investimento, considerou-se um horizonte de 5 anos ou 60 meses, portanto os custos parciais e totais foram divididos por 60 meses

Os custos variáveis de energia, combustível e fretes são apresentados na Tabela 10. O custo de energia foi retirado da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, 2021), sendo o valor de 1,2154 reais por kwh considerado para o setor empresarial simples. Já o custo com

combustível foi estimado com base nos valores dos postos locais que foi de R\$ 6,50 na primeira semana de outubro de 2021. O valor do frete foi calculado utilizando uma média nacional com base na calculadora do site Calcula Frete (CALCULA FRETE, 2021).

Tabela 10 – Custos de energia, combustível e fretamento.

| Descrição        | Quantidade | Custo em 12 meses | Custo (R\$) mês |
|------------------|------------|-------------------|-----------------|
| Energia Elétrica | 1000 kwh   | 14.584,80         | 1.215,40        |
| Combustível      | 212 L      | 16.536,00         | 1.378,00        |
| Fretes           | 4 viagens  | 18.813,60         | 1.567,80        |
| <b>Subtotal</b>  |            | <b>49.934,40</b>  | <b>4.161,20</b> |

Fonte: Da Própria Autora.

Os custos fixos para colocar a composteira em operação como salários, encargos e custo de insalubridade, bem como os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) são apresentados na Tabela 11. Em um ano de atividade o custo parcial foi de cerca de 42 mil reais. Os orçamentos levantados têm como referência os preços da empresa de e-commerce Mercado Livre (2021) já com valor do frete incluso (10%).

Tabela 11 - Custos fixos para a compostagem.

| Descrição                   | Quantidade/ano | Custo total 12 meses | Custo (R\$) mês |
|-----------------------------|----------------|----------------------|-----------------|
| Operador de Máquinas        | 12             | 18.382,56            | 1.531,88        |
| Encargos Trabalhistas 80%   | 12             | 14.706,00            | 1.225,50        |
| Insalubridade               | 12             | 7.353,00             | 612,75          |
| Bota Borracha Forrada (par) | 4              | 219,56               | 54,89           |
| Aventais de PVS             | 4              | 242,00               | 60,50           |
| Uniforme                    | 4              | 263,56               | 65,89           |
| Capa de Chuva               | 4              | 118,36               | 29,59           |
| Luvas PCV Forrada 45 cm     | 4              | 163,56               | 40,89           |
| Respiradores                | 4              | 228,80               | 57,20           |
| Protetor Auricular          | 4              | 193,36               | 48,34           |
| Óculos de Proteção          | 4              | 313,52               | 78,38           |
| <b>Subtotal</b>             |                | <b>42.184,28</b>     | <b>3.805,81</b> |

Fonte: Da Própria Autora.

A estimativa das despesas administrativas, por mês e no período de um ano são listadas na Tabela 12. O custo de energia foi retirado da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, 2021), sendo o valor de 1,2154 reais por kwh considerado para o setor empresarial simples. Material de escritório e material de limpeza foram estimados a partir das médias de preços nos estabelecimentos locais da cidade de Lavras/MG.

Tabela 12 - Despesas administrativas.

| Descrição              | Quantidade | Custo (R\$) 12 meses | Custo (R\$) mês |
|------------------------|------------|----------------------|-----------------|
| Energia Elétrica       | 100kwh     | 1.254,00             | 104,50          |
| Material de escritório | 1          | 660,00               | 55,00           |
| Material de Limpeza    | 1          | 1.200,00             | 100,00          |
| Telefone               | 1          | 1.679,88             | 139,99          |

|                 |                 |               |
|-----------------|-----------------|---------------|
| <b>Subtotal</b> | <b>4.793,88</b> | <b>399,49</b> |
|-----------------|-----------------|---------------|

Fonte: Da Própria Autora.

Os valores referentes às licenças prévia (LP), de instalação (LI) e de operação (LO) para implementar o sistema de compostagem da borra do café foram levantados junto ao órgão ambiental estadual, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD, 2021) de Minas Gerais, conforme Tabela 13.

Tabela 13 - Valores das taxas de licenciamento ambiental.

| <b>Descrição</b>      | <b>Custo (R\$)</b> | <b>Custo (R\$) 5 anos de licença</b> |
|-----------------------|--------------------|--------------------------------------|
| Licença Prévia        | 3.920,34           | 65,34                                |
| Licença de Instalação | 2.705,58           | 45,09                                |
| Licença de Operação   | 3.312,96           | 5,22                                 |
| <b>Subtotal</b>       | <b>9.938,88</b>    | <b>165,65</b>                        |

Fonte: Da Própria Autora.

A partir das estimativas de custos elencadas acima é possível encontrar o valor do custo mensal de funcionamento da composteira (Tabela 14). Assim, inicialmente a entrada em operação da composteira para processar 200 kg mensais de borra de café atinge um custo mensal de R\$ 21.371,26, o que representa uma escala pequena de trabalho e, portanto, elevado o custo do insumo (fertilizante) final (R\$ 106,85/kg), sendo necessário um preço de venda de R\$ 149,59/kg. Contudo, a estrutura montada pode trabalhar com a capacidade de até 2 toneladas/mês, o que representaria uma redução substancial tanto no custo total de produção mês (R\$ 10,69/kg) como no preço de venda (R\$ 14,95/kg).

Tabela 14 - Custos médios de produção e preço de venda do composto orgânico gerado a partir da composteira implementada na UFLA.

| <b>Descrição</b>       | <b>Quantidade (kg)</b> | <b>Custo/preço (R\$) mês</b> | <b>Quantidade (kg)</b> | <b>Custo/preço (R\$) mês</b> |
|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Custo Total            | 200                    | 21.371,26                    | 2000                   | 2.137,13                     |
| Custo Unitário         | 1                      | 106,85                       | 1                      | 10,69                        |
| Margem de Contribuição | 1                      | 40%                          | 1                      | 40%                          |
| Preço de venda         | 1                      | 149,59                       | 1                      | 14,95                        |

Fonte: Da Própria Autora.

A comercialização deverá acontecer o mais breve possível, devido à alta concentração de atividade de água, o que pode acarretar degradação e produção de toxinas pelos microrganismos (NEVES, 2007).

O composto curado deve ter:

- Mínimo de 40% de matéria orgânica;
- pH no mínimo de 6.0;
- Teor de nitrogênio acima de 1% no produto curado e seco;

- Relação C/N entre 10/1 e 12/1; sendo que a Lei exige no máximo 18/1. (IN n° 61, 2020).

## **5. Considerações finais**

O objetivo desse trabalho foi estimar os custos da construção de uma composteira como alternativa ao descarte da borra de café no meio ambiente e com forma de mitigar os efeitos das potenciais emissões de CO<sub>2</sub> dos resíduos do café na Universidade Federal de Lavras utilizando informações da Cafeteria Escola “CafEsal” da Universidade Federal de Lavras como exemplo.

Os resultados mostraram que a Cafeteria Escola “CafEsal” emite cerca de 2.314 kg de CO<sub>2</sub> por ano, sendo necessário que a cafeteria plante mais de 16 mil árvores por ano para neutralizar suas emissões. Em um dia seria necessário a cafeteria plantar 68 árvores para neutralizar sua emissão de CO<sub>2</sub>. Lembrando que esse mercado é potencialmente grande, uma vez que por ano no Brasil estima-se que produza 545 milhões de toneladas de borra de café ou 45 milhões de toneladas por mês.

Assim, como forma de criar uma alternativa para evitar o descarte da borra do café no meio ambiente para Cafeteria Escola “CafEsal” estimou-se o custo de implementar uma composteira no campus da Universidade Federal de Lavras. Ao considerar a operação da composteira a partir do processamento de 200kg gerados mensalmente pela CafEsal, os custos chegam a ser de R\$ 21.371,26, o que representa uma escala pequena de trabalho e, portanto, elevado o custo do fertilizante final produzido (R\$ 106,85/kg), sendo necessário um preço de venda de R\$ 149,59/kg. Contudo, a estrutura montada pode trabalhar com a capacidade de até 2 toneladas/mês, o que representaria uma redução substancial tanto no custo total de produção mês (R\$ 10,69/kg) como no preço de venda (R\$ 14,95/kg).

Dessa forma, como ação em pequena escala com objetivo de colocar em prática esse intuito, a implementação de um compostagem na Cafeteria Escola “CafEsal” da Universidade Federal de Lavras seria um passo para que houvesse conscientização da comunidade para o desenvolvimento de um planeta mais sustentável.

## Referências Bibliográficas

ABIC. Associação Brasileira da Indústria do Café: Indicadores da Indústria de Café 2018. Indicadores da Indústria de Café 2018. Disponível em: <http://abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe2018-2/>. Acesso em: 22 abr. 2021.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019. São Paulo.

ADAMS, M. R. & DOUGAN, J. Waste products. Disponível em: CLARKE, Ronald J. & MACRAE, R. (ed. 1). Coffee: technology. London, Elsevier, 1987. v.2, p.257-291.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. Ministério do Ambiente e da Ação Climática. Biorresíduos: contas certas nos resíduos. República Portuguesa. Julho, 2020.

AGROMOVE. 7 fatores que influenciam os preços de adubos. Por Catharina Thomazella ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL. Agriannual 2015. São Paulo: Informa Economics FNP, 2016. 362 p.

BORSATO, M. V. Análise De Viabilidade Técnica-Econômica-Financeira Da Implantação De Um Empreendimento De Compostagem De Resíduos Orgânicos A Ser Instalado Na Cidade De Ponta Grossa. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2015

BOUZON, M. Logística Reversa e Economia Circular. Fundação Getúlio Vargas. 2106.

BRASIL. Decreto nº 6.041, de 8 de fevereiro de 2007. Institui a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, cria o Comitê Nacional de Biotecnologia e dá outras providências. Brasil, p. 1, 2007.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n. 8, p. 1-74, 2 ago. 2010.

BRUNI, A. L.FAMÁ, R. As decisões de investimentos. São Paulo: Atlas, 2003 Calcula Frete. Disponível em: < <http://calculafrete.com/>>. Acesso em: 19 out. 2021.

CABRAL, M. S. e MORIS, V. A. Reaproveitamento da borra de café como medida de minimização da geração de resíduos. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, SP, 2010.

CANAL RURAL. CNA diz que aumento de ICMS de fertilizantes pode trazer insegurança jurídica. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/programas/informacao/mercado-e-cia/cna-diz-que-aumento-de-icms-de-fertilizantes-pode-trazer-inseguranca-juridica/>>. Acesso em: 13 ago. 2021.

CARDIM, G. R. (2008). Manual de Boas Práticas Ambientais. Brasília: Senado Federal.



CCT. Convenção Coletiva do Trabalho. 2020/2020. Disponível em: <<http://www.febrac.org.br/v1/images/CCTS/MT000331.2020.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais S.A. VALORES DE TARIFAS E SERVIÇOS. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>>. Acesso em: 19 out. 2021.

Centro De Pesquisas Em Energia Elétrica. (2016). Relatório Técnico 789/00. Disponível em: <<http://www.cepel.br/~per/download/rer/rt-789-00.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

COHEN, E.; FRANCO, R. Avaliação de projetos sociais. Petrópolis, RJ: Vozes, 4º ed, 2000.

COM. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS: Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. 2011.

CONAB. Levantamento indica produção de 50,92 milhões de sacas de café em 2019. [S. 1.], 2019. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/46165397/saframundial-do-ano-cafeeiro-2018-2019-atinge-1745-milhoes-desacas#:~:text=do%20total%20global,A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20caf%C3%A9%20em%20n%C3%ADvel%20mundial%20no%20ano%20cafeeiro,milh%C3%B5es%20que%20equivale%20a%2040%25>>. Acesso em: 22 abr 2021.

CONAB. Relatório do Café Solúvel no Brasil. [S. 1.], 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2626-producao-do-cafe-em-2018-e-recorde-esupera-61-milhoes-de-sacas>. Acesso em: 22 abr. 2021.

COPASA. Sistema Tarifário Copasa. 2021. Disponível em: <[http://mzweb.com.br/copasa/web/arquivos/COPASA\\_SPCM\\_17102006\\_port.pdf](http://mzweb.com.br/copasa/web/arquivos/COPASA_SPCM_17102006_port.pdf)>. Acesso em 27 jul. 2021.

CORDEIRO, N. Compostagem de Resíduos Verdes e Avaliação dos Compostos Obtidos – Caso de Estudo ALGAR S. A. Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

CUNHA QUEDA, A.C.F. (1999) Dinâmica do azoto durante a compostagem de materiais biológicos putrescíveis. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agro-Industrial. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.257 pp.

CURSOS CPT. Carbono no solo e emissões de gases de efeito estufa. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/artigos/carbono-solo-emissoes-de-gases-efeito-estufa>>. Acesso em: 19 out. 2021.

DANTAS, A. Análise de Investimentos e Projetos aplicada à Pequena Empresa. Brasília: Universidade de Brasília, 1996

DELOITTE TOUCHE TOHMATSU LIMITED. Global life sciences outlook: moving forward with cautions optimism. Report, 2016.

DIAS, R. F.; DE CARVALHO, C. A. A. Bioeconomia no Brasil e no Mundo: Panorama Atual e Perspectivas. Rev. Virtual Quim., 2017, 9 (1), 410-430. Data de publicação na Web: 14 de dezembro de 2016.

DST. Department of Science and Technology (South Africa). The Bio-economy Strategy. 2013.

DUNAPRESS. A Noruega e a sua excelência ambiental: Bioeconomia, Gestão de Madeira, Energias Limpas e G7. Publicado em 21 set. 2018. Disponível em: <<https://dunapress.org/2018/09/21/a-noruega-e-a-sua-excelencia-ambiental-bioeconomia-gestao-de-madeira-energias-limpas-e-g7/>>. Acesso em 22 abr. 2021.

DWIH São Paulo. BRASIL E ALEMANHA: CASOS DE SUCESSO EM BIOECONOMIA. Disponível em: <<https://www.dwih-saopaulo.org/pt/temas/bioeconomia/brasil-e-alemanha-casos-de-sucesso-em-bioeconomia/>>. Acesso em: 11 de abril de 2021.

ECYCLE. “O que é dióxido de carbono e quais seus efeitos?”. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/dioxido-de-carbono/>>. Acesso em: 01 out. 2021.

ELKINGTON, John. Sustentabilidade. Canibais com Garfo e Faca. São Paulo. M. Books do Brasil Editora Ltda.. 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Planilha facilita cálculos nos processos de compostagem. 2021. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/59898514/planilha-facilita-calculos-nos-processos-de-compostagem> > Acesso em: 13/07/21.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Bioeconomia: a ciência do futuro no presente. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/tema-bioeconomia/sobre-o-tema>>. Acesso em: 11 de abril de 2021.

ESALQ. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’. “Compostagem”. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/cprural/upimg/evento/arq/22.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

ESFAHANI, A., WONG, J. M. W., MIRRAHIMI, A., VILLA, C. R., & KENDALL, C. W. C. (2011). The application of the glycemic index and glycemic load in weight loss: A review of the clinical evidence. IUBMB Life, 63(1), 7–13.

EUROMONITOR INTERNACIONAL. As 10 principais tendências globais de consumo 2019. ALISON ANGUS E GINA WESTBROOK. 2019.

EUROPEAN COMMISSION. Accompanying the document Communication on Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Brussels, 13 feb. 2012.

EUROPEAN COMMISSION. Expert Group Report Review of the EU Bioeconomy Strategy

and its Action Plan. Directorate-General for Research and Innovation. 2017.

EVANGELISTA, A. W. P. et al. Viabilidade financeira da produção de café irrigado. *Coffe Science*, v. V.6, n. 2, p. 137–146, 2011.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. ASSESSING THE CONTRIBUTION OF BIOECONOMY TO COUNTRIES' ECONOMY: A brief review of national frameworks. Rome. 2018.

FARIA APC, CAROTTA MSLM, FRAGUAS NAMK, NETO MRF, MENDES MF, PEREIRA CSS. Desenvolvimento de Sabonete Glicerinado com Adição do Óleo Extraído da Borra do Café. XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Química. 2018.

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR PROCESS ENGINEERING AND PACKAGING IVV. Macaw palm fruit as a raw material for food and non-food applications – Acrowards. Disponível em: <<https://www.ivv.fraunhofer.de/en/recycling-environment/technical-proteins/acrowards.html>>. Acesso em 11 de abril de 2021.

GORGATI, C. Q. Resíduos Sólidos Urbanos em Área de Proteção aos Mananciais – Município de São Lourenço da Serra – SP: Compostagem e Impacto Ambiental. 2001. 74f. Tese. (Doutorado em Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL. Amazônia e Cerrado receberão R\$ 2 milhões para projetos da bioeconomia. Publicado em 02/12/2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/12/amazonia-e-cerrado-receberao-r-2-milhoes-para-projetos-da-bioeconomia>>. Acesso em 11 de abril de 2021.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL. Bioeconomia Brasil – Sociobiodiversidade. Publicado em 06/09/2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/bioeconomia-brasil-sociobiodiversidade>. Acesso em 11 de abril de 2021.

HAUG, R.T. (1980) Compost engineering: principles and practice. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster (cit. Cunha Queda, 1999).

HEIJMAN, W. How big is the bio-business? Notes on measuring the size of the Dutch bio-economy. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 77, p. 5-8, 2016.

HERMANN, K. A. C.; MAGNAGO, R. F., BIANCHET, R. T.; MOECKE, E. H. S.; CUBAS, A. L. V. Avaliação do Uso da Borra de Café para Utilização em Produtos Cosméticos. *Rev. Virtual Quim.*, 2019, 11 (6), 1810-1822. Data de publicação na Web: 2 de janeiro de 2020

IICA. Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura. A pandemia torna mais necessário potencializar a bioeconomia para impulsionar o desenvolvimento da América Latina e do Caribe, disse o economista de Berkeley David Zilberman. 2016. Disponível em: <<https://iica.int/pt/prensa/noticias/pandemia-torna-mais-necessario-potencializar-bioeconomia-para-impulsionar-o>>. Acesso em: 28 abr. 2021.

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE RESEARCH AND INSTITUTE OF FOOD SCIENCE, TECHNOLOGY AND NUTRITION. Use of spent coffee grounds as food ingredient in bakery products. (CIAL, UAM-CSIC), 28049 Madrid, Spain b, ICTAN-CSIC, Madrid 28040, Spain – 2017.

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 61 DE 8 DE JULHO DE 2020. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. Publicado em: 15/07/2020 | Edição: 134 | Seção: 1 | Página: 5. Órgão: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasil 2035 – Cenários para o Desenvolvimento. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão Ministro. 2017.

ISTO É. Café é segunda bebida mais consumida entre brasileiros, mostra pesquisa. Edição 2684 25/06. Estadão Conteúdo. 21 de maio de 2019. Disponível em:< <https://istoe.com.br/cafe-e-segunda-bebida-mais-consumida-entre-brasileiros-mostra-pesquisa/>> Acesso em: 01/07/2021.

JOHNSON, F. X. Commentary. Biofuels, Bioenergy and the Bioeconomy in North and South. Industrial Biotechnology, 289-291. 2016.

KASSAI, J. R.; KASSAI, S. A.; NETO, A. A. Retorno de Investimento: Abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. São Paulo: Atlas, 2000.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KLITKOU, Antje et al. From Waste to Value. Oslo: Routledge, 2019. 326 p. Cap. 3, pág 52.

KRAXNER F, Nordström EM et al (2013) Global bioenergy scenarios—future forest development, land-use implications, and trade-offs. Biomass Bioenergy 57:86–96.

LEIMBACH M, Popp A, LOTZE-CAMPEN H, BAUER N, DIETRICH JP, Klein D (2011) Integrated assessment model—the interplay of climate change, agriculture and land use in a policy tool. In: Handbook on climate change and agriculture, p 204.

LEWANDOSWKI, I. Bioeconomy Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy. University of Hohenheim. 2018.

MAPA. Café no Brasil. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>. Acesso em: 22 abril. 2021.

MARCHI, C. M. D. F., GONÇALVES, O. I. Compostagem: a importância da reutilização dos resíduos orgânicos para a sustentabilidade de uma instituição de ensino superior. Revista Monografias Ambientais, v. 19, e1, 2020.

Martins, A. L.. (2015). Historiografia do Café: Sugestão de Percurso. Disponível em: [http://memoria.fundap.sp.gov.br/memoriapaulista/sites/default/files/publicacao/TEXTO\\_COMPLETO\\_ANA\\_LUIZA.Pdf](http://memoria.fundap.sp.gov.br/memoriapaulista/sites/default/files/publicacao/TEXTO_COMPLETO_ANA_LUIZA.Pdf).

MARTINS, J., PEREIRA, F., SILVA, M. A Bioeconomia Brasileira em Números. BNDES. Brasil. Setorial 47, p 237-332.

MCCORMICK, K., KAUTTO, N. "The Bioeconomy in Europe: An Overview. Sustainability, 5, 2589-2608." (2013) MCCORMICK, K.; KAUTTO, N. The Bioeconomy in Europe: An Overview. Sustainability, 5, 2589-2608. 2013.

MERCADO LIVRE. Disponível em: < <https://www.mercadolivre.com.br/>>. Acesso em: 19 out. 2021.

MERKEL (1981) Composting In: Managing livestock wastes. Ed. por AVI.: 306-322 (cit. Cunha Queda, 1999).

MF RURAL – Marketplace. Disponível em: <<https://www.mfrural.com.br/detalhe/366666/bagaco-de-cana>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

MINAGRO. Argentine Ministry of Agroindustry. Bioeconomía Argentina. Visión desde Agroindustria. Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria Presidencia de la Nación. 2016.

MOSTI and Bioeconomy Corporation. Ministry of Science, Technology and Innovation. 2016. Bioeconomy Transformation Program. Enriching the Nation, Securing the Future. Malaysia: MOSTI and Biotechcorp.

MURTHY, P., NAIDU, M. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. Plantation Products Spices & Flavour Technology Dept, Central Food Technological Research Institute, Council of Scientific and Industrial Research, New Delhi, India – jun/2012.

MUSSATTO, S. I.; MACHADO, E. M. S.; MARTINS, S.; TEIXEIRA, J. A. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. Food and Bioprocess Technology, New York, v. 4, n. 5, p. 661-672, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>.

NEVES, I. Dossiê Técnico – Compostagem. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT. Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/IEL – BA. Abril, 2007.

NIELSEN. 2015 Global Health & Wellness Survey. January, 2015.

O. CARLOS; J.R.D. FINZER; T.A. PEREIRA. Loção Hidratante contendo Óleo de Borra de Café. Universidade de Uberaba (UNIUBE), Departamento de Engenharia Química. III Encontro de Desenvolvimento de Processos Agroindustriais. 2019.

OBORNE, M.; The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda, OECD Observer, 2009.

OBY. Gestão Ambiental. 8 R's da sustentabilidade. 2 de junho de 2016. Disponível em: <http://www.obyambiental.com/8-rs-da-sustentabilidade/>. Acesso em: 21 de abril de 2021.

OLIVEIRA, A., SILVA, A., ANDRADE, I. Economia Circular: Conceitos e Contribuições na Gestão de Resíduos Urbanos. Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE - Ano XXI – V. 3 - N. 44 - Dezembro de 2019 - Salvador, BA – p. 273 – 289.

OLIVEIRA, E.C.A. de; SARTORI, R.H; GARCEZ, T.B. Compostagem. 2008. 19f. Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2008.

OLIVEIRA, M., M. Compostagem em Pequena Escala Utilizando Borra de Café como Alternativa para Valorização de Resíduos Sólidos Orgânicos em Instituições de Ensino Superior – dez/2018.

OLX. Miniescavadeira Yanmar SV08 ano 2012 com 4600 horas, em SP. Disponível em:<<https://sp.olx.com.br/grande-campinas/agro-e-industria/maquinas-pesadas-para-construcao/miniescavadeira-yanmar-sv08-ano-2012-com-4600-horas-em-sp-908089539>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

OSEN, R. International Bioeconomy: Opportunities for collaboration between Germany and Brazil. Presentation on sustainable food production on the 1st International symposium on Bioeconomy. Head of Food Technology Fraunhofer Institute for Process Engineering and Packaging Sao Palo, Brazil, December 9th, 2016.

PIRES, P., GEWANDSZNAJDER, M. Identificação e avaliação de oportunidades para a valorização da borra do café no município do Rio de Janeiro. Escola de Química UFRJ. Rio de Janeiro. Julho, 2020.

PIRES., B. A. Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Compostagem Acelerada para Resíduos Sólidos Urbanos. UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL. Passo Fundo, 2011.

PLANTE ARVORE. Disponível em: <https://plantearvore.com.br/sobre-o-programa/>. Acesso em: 01 out. 2021.

PORTAL DA INDÚSTRIA. Indústria Sustentável: economia circular. Economia Circular. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-sustentavel/temasde-atuacao/economia-circular/>. Acesso em: 10 set. 2019.

POSSAMAI, R. C. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA (iLP) NO BIOMA CERRADO. Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas – EESP – FGV, NO PROGRAMA DE PÓS GRADUÇÃO STRICTO SENSU EM AGRONEGÓCIO., 2017.

PREÇO CERTO. Como precificar um produto de maneira rápida e eficiente. 05 de maio de 2020. Disponível em: <https://conteudo.precocerto.co/como-precificar-um-produto/>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

PROFISSÃO BIOTEC. Biotecnologia pelo mundo: Alemanha. Disponível em:

<<https://profissaobiotec.com.br/biotecnologia-pelo-mundo-alemanha/>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

REVISTA ATTALEA. Consumo doméstico de café deve crescer 3,5% ao ano até 2021. Disponível em: <https://revistadeagronegocios.com.br/consumo-domestico-de-cafe-devecrescer-35-ao-ano-ate-2021/>. Acesso em: 22 abr. 2021.

REVISTA SAFRA. Cresce o número de brasileiros em busca de uma alimentação saudável. Lilia Kawazoe - Revista Safra. Fevereiro, 2020.

ROCHA, M. OLIVEIRA, N. TESCAROLLO, I. Esfoliante formulado com pó de café como alternativa ao uso de microesferas de plástico. *InterfêceHS - Revista de Saúde, Meio ambiente e Sustentabilidade* Vol. 15 no. 1 – junho de 2020, São Paulo: Centro Universitário Senac ISSN 1980-0894.

RODRIGUES I.S., MOURA, A.B.A., SOUSA, H.S., COSTA, M.V.O. , MIGUEL, T.B., TUSSOLINI, L. Reaproveitando Resíduos: Maneiras de destinação e reutilização da Borra de Café. XXV Congresso Brasileiro de Ciência Tecnologia de Alimentos. Gramado/RS. 2016.

RODRIGUES, O. T., Minimizar a Geração de Resíduos Sólidos: Um Guia Conceitual. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Brasília – dezembro de 2020.

SCOT CONSULTORIA. Carta Gestor - Indicadores financeiros para a agropecuária: parte 2. Quinta-feira, 16 de junho de 2016 - 11h15. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/cartas/43377/carta-gestor---indicadores-financeiros-para-a-agropecuaria:-parte-2.htm>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

SEMAD. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/>>. Acesso em: 19 out. 2021.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural Administração Regional do Estado de São Paulo. Olericultura Orgânica – Compostagem. SÃO PAULO - abril de 2006.

SILLANPÄÄ, M.; NCIBI, C. Bioeconomy: Multidimensional Impacts and Challenges. In: *A Sustainable Bioeconomy*. [s.l.] Springer, 2017. p. 317–343.

SILVA, Martim Francisco de Oliveira; PEREIRA, Felipe dos Santos; MARTINS, José Vitor Bomtempo. *A bioeconomia brasileira em números*. 2018.

SIQUEIRA, G. F. et al. *Bioeconomia: Resíduos Lignocelulósicos Agroindustriais Pré-Tratados por Basidiomicetos para Nutrição Animal*. Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2017.

SMEETS E, WETERINGS R (1999) Environmental indicators: typology and overview. European Environment Agency, Copenhagen, p 19.

TAMANNA, N., & MAHMOOD, N. Food processing and maillard reaction products: effect on human health and nutrition. *International Journal of Food Science*, 2015, 1–6.

TF. TABELAS DE FRETE. Atualizada em: 04 de janeiro de 2016. Disponível em: <<https://www.tabelasdefrete.com.br/planilha/carga-tonelada/20>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

WEETMAN, Catherine. Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. 1 ed. São Paulo: Autêntica Business, 2019.

WEICHERT, Marcio. A cidade do amanhã: Enfrentando desafios urbanos e oportunidades. Diálogo Brasil-Alemanha de Ciência, Pesquisa e Inovação, São Paulo, N°7, p. 24 – 40, 2017.

WICKE B, van der Hilst F et al (2015) Model collaboration for the improved assessment of biomass supply, demand, and impacts. GCB Bioenergy 7(3):422–437.

WIERNY, M., COREMBERG, A., COSTA, R., TRIGO, E., & REGUNAGA, M. (2015). Measuring the bioeconomy: quantifying the Argentine case. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Bolsa de Cereales de Buenos Aires.