

**(X) Graduação ( ) Pós-Graduação**

## **DETERMINAÇÃO DO BALANÇO DE MASSA PARA UMA AGROINDÚSTRIA PRODUTORA DE CAFÉ ESPECIAL**

**Gabriel Rocha Barrioni**  
Universidade Federal de Viçosa - UFV  
gabriel.barrioni@ufv.br

**Lucas Felipe Duarte Santos**  
Universidade Federal de Viçosa - UFV  
lucas.f.santos@ufv.br

**Murilo Henrique Moreira**  
Universidade Federal de Viçosa - UFV  
murilo.moreira@ufv.br

**Pablo Henrique Soares dos Santos**  
Universidade Federal de Viçosa - UFV  
pablo.soares@ufv.br

**Gustavo Alves de Melo**  
Universidade Federal de Lavras - UFLA  
gustavo.melo3@estudante.ufla.br

**Maria Cristina Angélico Mendonça**  
Universidade Federal de Lavras – UFLA  
mariacam@ufla.br

**Maria Gabriela Mendonça Peixoto**  
Universidade Federal de Viçosa - UFV  
mgabriela@ufv.br

**Samuel Borges Barbosa**  
Universidade Federal de Viçosa - UFV  
samuel.b.barbosa@ufv.br

### **RESUMO**

A necessidade de identificar perdas durante um processo e consequentemente encontrar a quantidade de insumos necessária para atendimento de uma demanda, motivam e requerem utilização de princípios como o balanço de massa. Neste contexto o presente trabalho apresenta a elucidação dos princípios do balanço de massa e exemplifica a sua determinação, para uma agroindústria produtora de café especial. O trabalho foi desenvolvido através de métodos quantitativos buscando identificar a quantidade necessária de insumos, para atender determinadas demandas. Portanto, na concepção do projeto foi considerada a produção de dois tipos de cafés, o café especial e o café Commodity. Devido aos seus processos produtivos diferentes, foi elucidada dois meios de produção distintos. Sendo, de extrema importância, para entendermos os sistemas e consequentemente as perdas durante os processos. Assim resultando em quantidade distintas de insumos, necessárias para atendimento de cada demanda.

**Palavras-chave:** Agroindústria; Café especial; Balanço de massa.

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo Paixao e Cachapuz (2000), existe uma lei imposta pela natureza chamada lei da conservação de massa, e ela é fundamental na engenharia e na ciência. Nenhuma matéria é criada espontaneamente, nem perdida, tudo é transformado, segundo a Lei de Lavoisier. Ainda segundo os autores, é um conceito que parece de fácil entendimento, mas envolve vários processos de entradas e saídas. Dentro das indústrias, um dos princípios para fazer medir e analisar métricas do processo produtivo, como eficiência, rendimento, dimensionamento das instalações e equipamentos é o balanço de massa (MACHADO, 2016).

Todo processo que possui um início, meio e um fim, com entrada de matérias primas, transformações dentro do processo e saída de um produto final, está relacionado com o conceito de balanço de massa (FELDER; ROUSSEAU, 2020). De acordo com Aquim (2004), para se realizar o balanço de massa é necessário selecionar o volume de controle juntamente com suas fronteiras bem identificadas. Após isso, realizar um fluxograma de todo o processo produtivo dentro do volume de controle e avaliar o fluxo de material/produto em seu interior. Feito isso, só existem três possibilidades possíveis: (i) o material sair de lá intacto, sem nenhuma alteração; (ii) O material acumular e ficar preso dentro do sistema; (iii) O material ser transformado em outras substâncias (AQUIM, 2004)

Além da necessidade de se ter o volume de controle bem definido, é indispensável o conhecimento do processo como um todo e de todas as máquinas e equipamentos envolvidas no processo (WANG; SUN, 2003). Também é necessário classificar o sistema como fechado (quando não há troca de matéria com a vizinhança, ou seja, quantidade fixa de matéria) ou aberto (quando há troca de material e energia com a vizinhança) (AQUIM, 2004). De acordo com Badino e Cruz (2017), ainda é possível classificar os processos como batelada, contínuo ou semicontínuo; regime permanente ou regime transiente.

Definido todos estes pontos, o balanço de massa se torna indispensável para o processo produtivo. Seu objetivo é controlar e aperfeiçoar as atividades das matérias primas na indústria, garantir a segurança do projeto, analisar e corrigir alguma parte do processo que seja necessário (FERREIRA, 2015). Segundo Aguiar et. al (2020), o balanço de massa faz a análise de todo o fluxo de matéria desde o início (entrada) até o final (saídas) para encontrar qual a quantidade de matéria prima transformada no processo e quanto sobra de produto final.

Dito isso, segundo Wang e Lim (2014), em cada etapa do processo produtivo do café existe perda da massa total do café. Em cada fase, a perda de massa se dá por um motivo

diferente. Por exemplo, na secagem se dá pela remoção de água e eliminação de compostos voláteis enquanto no despulpamento, ocorre as perdas das cascas e a separação de acordo com o tamanho e peso. Na limpeza, são retidos os galhos e as pedras que ainda restaram, enquanto na seleção os grãos de café são colocados em baixo da água, e apenas os grãos que boiarem na água são utilizados. Ainda existe o processo de torrefação onde são realizadas reações exotérmicas que liberam dióxido de carbono e outros compostos orgânicos. Cada processo possui diferentes porcentagens de perdas, podendo ser variáveis de acordo com a qualidade do café.

O presente trabalho bem por objetivo verificar quais as perdas ocorrentes no processo de beneficiamento do café e analisar a partir disso qual o percentual aproveitável de cada saca. A estrutura do projeto se divide em: Introdução, fundamentação teórica sobre a agroindústria no Brasil e o balanço de massa, processos metodológicos, os resultados obtidos, a conclusão do trabalho e por fim as referências utilizadas..

## **2 AGROINDÚSTRIA NO BRASIL**

As agroindústrias podem ser definidas como aquelas que são responsáveis por realizar o beneficiamento de produtos oriundos da pecuária ou de origem vegetal e também por realizar a transformação desses insumos em outros produtos (SCHINAIDER, et al, 2018). Apesar de ser uma definição abrangente, outra definição dada a agroindústria possui uma visão mais holística do setor, o qual afirma que a agroindústria abriga os agentes que fazem parte do segmento de insumos, da produção, da distribuição e do consumo do produto final (LOURENZANI; SILVA, 2006). Todavia, a agroindústria é facilmente diferenciada dos demais segmentos industriais, já que apresenta características, que são a sazonalidade, precibilidade e heterogeneidade da matéria-prima (SANTOS, 2018).

No cenário atual que o mundo se encontra, a agroindústria possui um papel de grande relevância, já que o crescimento populacional tem aumentado a demanda por alimentos, além disso, diversos produtos agrícolas vêm sendo utilizados para a geração de energia (FAVRO; ALVES, 2020). Atualmente, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)(2020), a agroindústria é responsável por aproximadamente 6% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, sendo um dos principais geradores de renda para milhares de pessoas. Esse número vem crescendo cada vez mais, sendo que no ano de 2020, o setor teve um crescimento de 8,72%, alavancando ainda mais a participação do agronegócio na economia brasileira (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO

BRASIL, 2020).

Internamente, a concentração de agroindústrias no país teve como foco os estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Santa Catarina, enquanto a menor concentração se encontra nas regiões norte e nordeste (IPEA, 2011). Essa concentração na região pode ser explicada a partir de alguns fatores, como a densa oferta de matéria-prima nessas regiões, a proximidade com o mercado consumidor, além de possuírem maior disponibilidade de tecnologia, o que facilita a organização da produção (FAVRO; ALVES, 2020). Embora as regiões norte e nordeste tenham baixa concentração de agroindústrias, elas vêm apresentando alto crescimento nos últimos anos, muito por conta dos incentivos fiscais estabelecidos pelos governos estaduais e a mão-de-obra barata (SANTOS, 2013)..

### **3 BALANÇO DE MASSA**

Na engenharia um dos princípios fundamentais para quantificar diversos parâmetros em uma produção, como rendimentos, eficiência, e até mesmo dimensionamentos de instalações e equipamentos é o balanço de massa (MACHADO, 2012). Em uma análise de um processo novo, ou até mesmo em um já existente, o balanço de massa pode ser bastante útil para as tomadas de decisões dentro de um processo industrial (AQUIM, 2004). Desta forma, equações e conceitos relacionados a fluxo de matéria dentro de um processo foram baseados em bibliografias de engenharia química como Bennett e Myers (1978).

Segundo Machado (2012), o balanço de massa tem sua base nos conceitos e princípios de conservação de massa, ou seja, tendo um estudo durante a entrada e a saída dos matérias durante o processo produtivo. Ainda segundo o autor, o objetivo desta operação é conseguir coletar informações minuciosas do processo para implementar melhorias, através de dados obtidos durante a mensuração dos rendimentos e das perdas do material durante todo o processo. Diante disso, Aquim (2004) trata o balanço de massa como um inventário de um determinado material em relação a um sistema definido.

Dessa forma, Batista e Gislene (2015) ressaltam que fluxo de matéria depende do contexto do problema que se pretende analisar, mas sempre baseando na Lei de Conservação de Massa de Lavoisier, que diz que a massa total dos produtos é sempre igual à massa total dos reagentes. Portanto, para a elaboração do balanço de massa Machado (2012) afirma que alguns elementos são fundamentais para o seu desenvolvimento devido as especificidades de cada processo.

#### **4 METODOLOGIA**

Para a definição do balanço de massa de uma agroindústria de café especial e café commodity foi necessário definir os processos de cada tipo de café, para após conseguir mensurar, por meio de pesquisas na bibliografia, a perda de massa em cada processo de cada tipo de café. Após a obtenção dos dados foi realizado um somatório de todas as porcentagens de perda de massa de cada tipo de café, para no fim realizar uma regra de três simples para conseguir encontrar a quantidade ideal de material para conseguir atender a demanda estimada, visando evitar possíveis compras excessivas ou insuficientes de matéria prima.

Na engenharia um dos princípios fundamentais para quantificar diversos parâmetros em uma produção, como rendimentos, eficiência, e até mesmo dimensionamentos de instalações e equipamentos é o balanço de massa (MACHADO, 2012). Em uma análise de um processo novo, ou até mesmo em um já existente, o balanço de massa pode ser bastante útil para as tomadas de decisões dentro de um processo industrial (DIAS, 2000). Desta forma, será obtido a quantidade ideal de compra de matéria prima através do balanço de massa.

Apesar do método quantitativo ser preferível e mais usual do que o método qualitativo, ambos são da mesma classe (Cleary, Horsfall, & Hayter, 2014), para Minayo (1993), cabe ao método qualitativo relatar, analisar e explicar o objeto em estudo. Além disso, o método quantitativo possui grande relevância nos estudos ao permitir clareza nas observações das tendências e dados analisados (MINAYO, 1993). A aplicação do método quantitativo será por meio das porcentagens e valores de perdas de massa que influenciarão no planejamento de compra dos insumos necessários na produção. Do outro lado, o modelo qualitativo seria aplicado para entender os requisitos para o café ser especial.

Para Dias (2000), o método científico dedutivo parte de premissas gerais verdadeiras e por meio da dedução lógica inferir ocorrências particulares verdadeiras. Diante disso, a pesquisa apresentará caráter dedutivo, uma que vez que parte da premissa de que cada processo do café especial e do café commodity possuem perdas de massas diferentes. Dessa forma, o trabalho partirá desta premissa geral verdadeira e irá desdobrar por respostas por meio do silogismo através do balanço de massa da produção e da regra de três simples para encontrar a quantidade ideal de compra da matéria prima..

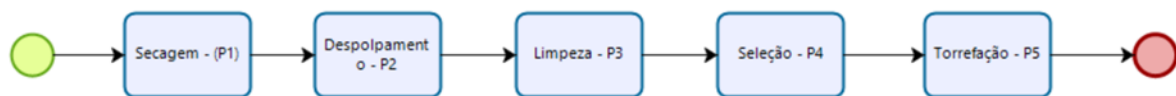
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante disso, a análise do balanço de massa de cada tipo de café foi realizada de forma separada visando a obtenção maior das especificidades de cada processo. Portanto, a abordagem será apresentada em tópicos diferentes, cuja em cada um deles será demonstrado cada fluxo do processo, além dos respectivos cálculos necessários para encontrar o valor ótimo.

### 5.1 Café Especial

A produção do café especial segue o fluxo dos processos apresentados na Figura 1.

**Figura 1: Processo do Café Especial**



Fonte: Autores (2022)

A Tabela 1 representa a porcentagem de perda de massa total e parcial de cada etapa do processo produtivo do café especial, seguido da perda acumulada de cada atividade de acordo com os dados levantados de pesquisas realizadas na bibliografia do Google Acadêmico, Embrapa e Emater - MG. Enquanto a Tabela 2 demonstra a relação entre a perda de massa em uma saca de 60 kg e o material que será utilizado para o consumo do café especial.

**Tabela 1: Perda por saca café especial**

PERDA DE MASSA POR SACA DE CAFÉ ESPECIAL				
PROCESSOS	IDENTIFICAÇÃO	PERDA EM %	PERDA EM KG	PERDA ACUMULADA
SECAGEM	P1	6,38%	3,83	56,17
DESPOLPAMENTO	P2	45,00%	25,28	30,89
LIMPEZA	P3	1,00%	0,31	30,59
SELEÇÃO	P4	0,98%	0,30	30,29
TORREFAÇÃO	P5	3,80%	1,15	29,14
<b>PERDA DE MASSA EM SACA</b>		<b>57,16%</b>	<b>30,86</b>	

Fonte: Autores (2022)

Na etapa P1 do processo, os grãos são despejados no equipamento silo alimentador, objetivando uma secagem mais uniforme e mais rápida, visando assim, uma estocagem longa e sem deterioração dos produtos, a perda de massa em P1 aproxima-se de cerca de 6,38%. Seguindo para o processo de despulpamento (P2), os grãos nesta etapa sofrem um despulpamento e perdas das suas cascas, além de uma separação de acordo com seu tamanho e peso, perdendo aproximadamente 45% da sua massa. Em seguida, o café realiza uma nova limpeza (P3) retendo as pedras e galhos que ainda restaram, retendo apenas 1% da massa agregada. Já a etapa de seleção (P4) sofre uma perda de 0,98% de sua massa, pois os grãos de café são submergidos em água para realizar a triagem do café especial, sendo utilizado apenas os grãos que boiarem na água. E por fim, o processo de torrefação (P5) que é responsável por reter 3,80% da massa, além de realizar uma indução de calor no café, favorecendo o surgimento do aroma e do sabor.

**Tabela 2: Relação por saca**

<b>PERDA DE MASSA EM SACA</b>	<b>57,16%</b>	<b>30,86</b>
<b>MATERIAL PRODUTIVO EM SACA</b>	<b>42,84%</b>	<b>29,14</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100,00%</b>	<b>60,00</b>

Fonte: Autores (2022)

Diante disso, cada saca de 60 Kg de grãos de café, apenas 29,14 Kg serão aproveitados para a venda do café especial. Desta forma, para encontrarmos a quantidade necessária de material em Kg iremos realizar uma regra de três para conseguir mensurar a quantidade necessária que deverá ser comprada para atender a fatia de mercado que foi planejada.

Para conseguirmos mensurar a quantidade necessária a ser comprada de café para atender a demanda do café especial é necessário partir de alguns princípios. O primeiro se baseia em que a demanda necessária para conseguir atender o mercado especial é de 41.529 Kg. O segundo é que de acordo com estudos na bibliografia, cerca de 65% da saca de 60 Kg é aproveitada devido ao beneficiamento do café (separação dos grãos não apropriados a se tornarem cafés especiais), esboçado na Equação 1. Por fim, o terceiro princípio deve-se ao fato de considerarmos, de acordo com a Tabela 2, que apenas cerca de 42,84% do valor da Equação 1 será aproveitado para o café especial, como explicita a Equação 2,

$$\begin{array}{l} 41529 \text{ Kg} \\ X \text{ Kg} \end{array} \begin{array}{l} \rightarrow 65\% \\ \rightarrow 100\% \end{array}$$

$$X = 63.891 \text{ Kg}$$

$$\begin{array}{l} 42,84\% \\ 100\% \end{array} \begin{array}{l} \rightarrow 63891 \text{ Kg} \\ \rightarrow Y \text{ Kg} \end{array}$$

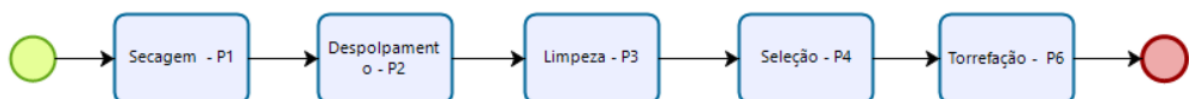
$$Y = 149.136 \text{ Kg}$$

Portanto, conclui-se que para atender toda a demanda de café especial será necessário a compra de 149.136 Kg ou 2.486 sacas de café para conseguir atingir a fatia de mercado de 41.529 Kg ou 693 sacas de café especial.

### 5.2 Café Commodity

A figura 2 representa o processo da produção do Café Commodity que é o produto base de ambos os processos, com as respectivas simbologias a ser utilizada durante o balanço de massa.

**Figura 2: Processo do Café Commodity**



Fonte: Autores (2022)

A Tabela 3 apresenta a porcentagem de perda de massa total e parcial de cada etapa do processo produtivo do café commodity, seguido da perda acumulada de cada atividade de acordo com os dados levantados de pesquisas realizadas na bibliografia do Google Acadêmico. Enquanto a Tabela 4 demonstra a relação entre a perda de massa em uma saca de 60 kg e o material que será utilizado para o consumo do café commodity.



**Tabela 3: Perda por saca café *commodity***

PERDA DE MASSA POR SACAS DE CAFÉ ESPECIAL				
PROCESSOS	IDENTIFICAÇÃO	PERDA EM %	PERDA EM KG	PERDA ACUMULADA
SECAGEM	P1	6,38%	3,83	56,17
DESPOLPAMENTO	P2	45,00%	25,28	30,89
LIMPEZA	P3	1,00%	0,31	30,59
SELEÇÃO	P4	0,98%	0,30	30,29
TORREFAÇÃO	P6	9,80%	2,97	27,32
<b>PERDA DE MASSA EM SACAS</b>		<b>63,16%</b>	<b>32,69</b>	

Fonte: Autores (2022)

**Tabela 2: Relação por saca café *commodity***

<b>PERDA EM MASSA EM SACAS</b>	<b>63,16%</b>	<b>32,69</b>
<b>MATERIAL PRODUTIVO EM SACAS</b>	<b>36,84%</b>	<b>27,31</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100,00%</b>	<b>60,00</b>

Fonte: Autores (2022)

Vale ressaltar que a diferença em perda em % do café *commodity* e do café especial se deve a torrefação do café *commodity* (P6) ter uma temperatura mais elevada, gerando uma perda de massa maior neste tipo de café como mostrado na Tabela 3. Por fim, o estudo não desenvolveu cálculos para encontrar a quantidade ideal de compra do café *commodity* devido que os grãos que serão utilizados para este tipo de café serão oriundos dos materiais não selecionados do café especial. Portanto, a demanda será puxada de acordo com os grãos não selecionados do café especial.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, a partir do estudo do balanço de massa, foi possível observar que no processo de produção ocorrem muitas perdas, desde os processos iniciais até os finais. Diante disso, o estudo dele se mostra de extrema importância para as agroindústrias, já que para conseguir atender toda a demanda prevista, é necessário saber qual a quantidade de matéria-prima deverá ser adquirida, já que as perdas são previstas. Além disso, como ocorrem variações na produção, devido a diversos fatores, pode ser que determinados lotes de matéria-prima sofram perdas maiores, assim com o balanço de massa construído, a empresa pode conseguir obter as margens de segurança para evitar que ocorram prejuízos.

Ademais, a partir da estruturação do balanço de massa é possível realizar a previsão dos gastos com a matéria-prima, sendo importante para empresas iniciantes no mercado, já que isso possibilita uma análise de viabilidade econômica financeira mais assertiva. Para os próximos trabalhos, fica como sugestão verificar os índices de perda que ocorrem na produção de café das empresas que o forneceram, pois assim, os cálculos realizados estarão mais próximos da realidade.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Ana Carolina de; et al. **Projeto de Implementação de uma Indústria de Produção de Resina Bioplástica a Partir do Amido das Cascas de Mandioca**. Trabalho da Universidade de Aprendizagem Projeto de Engenharia, Curso de Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2020.
- AQUIM, Patrice Monteiro de. **Balanço de Massa: uma ferramenta para otimizar os processos de ribeira e Curtimento**. 2004.
- BADINO JÚNIOR, Alberto Colli; CRUZ, Antonio José Gonçalves da. **Balancos de massa e energia na análise de processos químicos**. 2017.
- DIAS, Cláudia; FERNANDES, Denise. Pesquisa e método científicos. **Publicação eletrônica**. Brasília, v. 3, 2000.
- FAVRO, Jackelline; ALVES, Alexandre Florindo. Agroindústria: delimitação conceitual para a economia brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 29, n. 3, p. 19, 2020.
- FELDER, Richard M.; ROUSSEAU, Ronald W.; BULLARD, Lisa G. **Elementary principles of chemical processes**. John Wiley & Sons, 2020.
- FERREIRA, Márcia Isabel Santos. **Projeto Preliminar de uma Unidade de Produção de Polipropileno**. Projeto de Mestre em Tecnologia Química do Instituto Politécnico de Tomar, 2015
- GATHUO, B.; RANTALA, P.; MÄÄTTÄ, R. Coffee industry wastes. **Water Science and Technology**, v. 24, n. 1, p. 53-60, 1991.
- HAYTER, Mark; CLEARY, Michelle; HORSFALL, Jan. Qualitative research: quality results?. **Journal of Advanced Nursing**, v. 70, n. 4, 2014.
- LOURENZANI, Wagner Luiz; SILVA, CAB da. **Os desafios da agroindústria de pequeno porte**. In: International Conference on Agri-Food Chain. 2006.
- MACHADO, Simone Silva. **Tecnologia da fabricação do açúcar**. 2016.
- MINAYO, Maria Cecilia de S.; SANCHES, Odécio. Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade?. **Cadernos de saúde pública**, v. 9, n. 3, p. 237-248, 1993.

PAIXÃO, Maria Fátima; CACHAPUZ, Antonio. Mass conservation in chemical reactions: The development of an innovative teaching strategy based on the history and philosophy of science. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 1, n. 2, p. 201-215, 2000.

SANTOS, G. R. (2013). Agroindústria e desenvolvimento: uma análise da distribuição regional e dos efeitos diretos na economia. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, 2, 363-420.

SANTOS, Kelly Cristina Monteiro dos et al. **Análise de práticas sustentáveis nos setores administrativos de uma agroindústria de laticínios do sertão da Paraíba**. 2018.

SCHINAIDER, Alessandra Daiana et al. **Agroindústria: conceitos e relação com o desenvolvimento rural**. Gestão e planejamento de agroindústrias familiares, p. 9, 2018.