

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

CAMPUS DE ARARAQUARA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BIOMATERIAIS E BIOPROCESSOS

MESTRADO PROFISSIONAL

THAÍS ALVES DA SILVA

AVALIAÇÃO DOS TEORES DE CAFEÍNA E TEOBROMINA
PRESENTES NAS FOLHAS E NOS RAMOS DE ERVA-MATE (*Ilex
paraguariensis*) E SEUS IMPACTOS NO CUSTO DE PRODUÇÃO DE
UM EXTRATO SECO PADRONIZADO

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Soleo de Funari

ARARAQUARA - SP

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
CAMPUS DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BIOMATERIAIS E BIOPROCESSOS

AVALIAÇÃO DOS TEORES DE CAFEÍNA E TEOBROMINA
PRESENTES NAS FOLHAS E NOS RAMOS DE ERVA-MATE (*Ilex
paraguariensis*) E SEUS IMPACTOS NO CUSTO DE PRODUÇÃO DE
UM EXTRATO SECO PADRONIZADO

THAÍS ALVES DA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP - Instituto Ciências Farmacêuticas de Araraquara, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Soleo de Funari

ARARAQUARA – SP

2020

S586a Silva, Thaís Alves da.
Avaliação dos teores de cafeína e teobromina presentes nas folhas e nos ramos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e seus impactos no custo de produção de um extrato seco padronizado / Thaís Alves da Silva. – Araraquara: [S.n.], 2020.
72 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos. Área de Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos.

Orientador: Cristiano Soleo de Funari.

1. Resíduo industrial. 2. Erva-mate. 3. Cafeína. 4. Teobromina. 5. Folha. 6. Ramo. I. Funari, Cristiano Soleo de, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Câmpus de Araraquara



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: “AVALIAÇÃO DOS TEORES DE CAFEÍNA E DE TEOBROMINA PRESENTES NAS FOLHAS E NOS RAMOS DE ERVA MATE (Ilexparaguariensis) E SEUS IMPACTOS NO CUSTO DE PRODUÇÃO DE UM EXTRATO SECO PADRONIZADO”

AUTORA: THAÍS ALVES DA SILVA

ORIENTADOR: CRISTIANO SOLEO DE FUNARI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em ENGENHARIA DE BIOMATERIAIS E BIOPROCESSOS, área: Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CRISTIANO SOLEO DE FUNARI
Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP - Botucatu

Dr. ALAN CESAR PILON
Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP - Ribeirão Preto

Prof. Dr. RONDINELLI DONIZETTI HERCULANO
Departamento de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Farmacêuticas - UNESP - Araraquara

Araraquara, 22 de maio de 2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me concedeu saúde e forças para buscar pelos meus objetivos ao longo desta jornada como universitária.

Aos meus pais, Irene e Paulo, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Aos meus colegas de trabalho, que contribuíram no levantamento de dados e coleta de amostras para o desenvolvimento do trabalho, com destaque para a equipe de pesquisa e desenvolvimento, ao gerente Fábio e a pesquisadora Luciana.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cristiano Soleo de Funari e a Profa. Dra. Maria Márcia Pereira Sartori por todo o suporte e empenho dedicado a elaboração deste trabalho, torcendo sempre pelo nosso sucesso, com suas correções, incentivos e ensinamentos.

Ao Economista Fausto Canoas pelas orientações com a análise de custo.

Ao meu colega Felipe Sanchez, por toda colaboração e dedicação na realização das análises.

As minhas amigas Carolina Albano e Geórgia Feltran, por todo apoio, incentivo em cada fase alcançada.

A Universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

A gestão dos resíduos sólidos é um grande desafio para o poder público, empresas e sociedade, pois o aumento da população e do consumo, como consequência, gera aumento dos resíduos. A transformação de resíduos em matérias-primas é uma forma de mitigar o acúmulo de resíduos e de poupar recursos ambientais. Um tipo de matéria-prima que ganhou grande atenção nos últimos tempos foi a erva-mate. Sendo uma espécie nativa da América do Sul, seu consumo em nosso país se concentra nas regiões Sul e Sudeste. Suas folhas são empregadas no preparo de bebidas quentes ou frias como chá mate, mate solúvel, tererê e chimarrão, além da confecção de fármacos. Outra parte dessa planta que vem sendo aproveitada na produção industrial é o chamado “palito”, que é um resíduo gerado na pós-colheita durante a etapa de secagem e moagem. Indústrias do segmento utilizam como matéria-prima padrão para comercialização e industrialização uma composição aproximada de 30% ramos e 70% folhas. Alguns estudos têm mostrado que componentes desta planta, como flavonoides, metilxantinas (cafeína e teobromina) e minerais são úteis para nossa saúde. Fundamentado nesta ideia, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o teor de cafeína e de teobromina presente em composições distintas de folha e ramos a fim de determinar a viabilidade técnica e financeira de utilizar este resíduo na fabricação de extrato seco de erva-mate. Inicialmente a matéria-prima (folhas e ramos) foi fornecida por três empresas localizadas em diferentes regiões do Sul do Brasil (Catanduvas – SC; Campina Bonita – PR e Canoinhas – SC), sendo seu preparo e processo realizados em Botucatu-SP. Em seguida, as amostras foram analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência (*High performance liquid chromatography* - HPLC) com o intuito de quantificar o teor de cafeína e teobromina presente em cada amostra, composta de diferentes porcentagens de folhas e ramos respectivamente (100%-0%; 80%-20%; 60%-40%; 40%-60%; 20%-80%; 0%-100%). Na etapa adjacente, realizou-se um levantamento de custo para identificar a viabilidade financeira na utilização do ramo como matéria-prima na etapa de extração do processo industrial de fabricação da erva-mate extrato seco. A partir das análises obtidas, observou-se que quanto maior o teor de cafeína e teobromina nas amostras, melhor o rendimento no processo industrial, sendo o grupo da matéria-prima constituída de 100% folhas o melhor para este quesito, já que esses componentes se encontram em maior quantidade nas folhas. Em relação aos fornecedores, para o teor de cafeína, o fornecedor C se destacou na qualidade da matéria-prima fornecida, porém para o teor de teobromina, os três fornecedores (A, B, C) não apresentaram diferenças entre si. E para terminar, ao relacionar o custo com o volume de matéria-prima utilizada no processo industrial é possível concluir que para a empresa é viável economicamente investir em uma matéria-prima composta por 100% folhas e garantir um menor tempo de processo e menor volume de água, tornando o processo produtivo sustentável.

Palavras-chave: Resíduo industrial. Erva-mate. Cafeína. Teobromina. Folha. Ramo.

ABSTRACT

The management of solid waste is a major challenge for public authorities, companies and society, as the increase in population and consumption, as a consequence, generates an increase in waste. The transformation of waste into raw materials is a way to mitigate the accumulation of waste and to save environmental resources. Nowadays, a detailed description of the chemical composition of this material has become essential, prioritizing its use and applications, in addition to providing options for new studies and products. For example, the recycling of materials such as plastics, paper, glass and aluminum to prepare new products. Organic matter residues can be used as alternatives in several processes, among them composting or in the production of animal feed. One type of raw material that has gained great attention in recent times has been yerba-mate. Being a species native to South America, its consumption in our country is concentrated in the south and southeast regions. Its leaves are used in the preparation of hot or cold drinks such as mate tea, soluble mate, tererê and chimarrão, in addition to the manufacture of drugs. Another part of this plant that has been used in industrial production is the so-called "toothpick", which is a residue generated in the post-harvest during the drying and grinding stage. Industries of the segment use as a standard raw material for commercialization and industrialization a composition of approximately 30% toothpicks and 70% sheets. Some studies have shown that components of this plant, such as flavonoids, methylxanthines (caffeine and theobromine) and minerals are useful for our health. Based on this idea, the present work aims to evaluate the content of caffeine and theobromine present in different compositions of leaf and sticks for use in the industrial dry extract process. Initially, the raw material (leaves and sticks) was supplied by three companies located in different regions of southern Brazil (Catanduvas - SC; Campina Bonita - PR and Canoinhas - SC), and their preparation and process were carried out in Botucatu-SP. Then, the samples were analyzed by high performance liquid chromatography (*High performance liquid chromatography* - HPLC) in order to quantify the caffeine and theobromine content present in each sample, composed of different percentages of leaves and branch respectively (100% -0%; 80% -20%; 60% -40%; 40% -60%; 20% -80%; 0% -100%). In the adjacent step, a cost survey was carried out to identify the financial viability in using the branch as a raw material in the extraction step of the industrial process for the production of yerba-mate dry extract. From the analysis obtained, it was observed that the higher the caffeine and theobromine content in the samples, the better the yield in the industrial process, being the group of raw material made up of 100% leaves the best for this item, since these components are found in greater quantity in the leaves. Regarding the suppliers, for the caffeine content, supplier C stood out in the quality of the raw material supplied, however for the theobromine content, the three suppliers (A, B, C) did not present differences between them. And finally, by relating the cost to the volume of raw material used in the industrial process, it is possible to conclude that for the company it is economically viable to invest in a raw material composed of 100% leaves and guarantee a shorter processing time and less volume of water, making the productive process sustainable.

Key words: Industrial waste. Yerba-mate. Caffeine. Theobromine. Leaf. Branch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diferentes estruturas que compõem a erva-mate.	15
Figura 2: Árvore da erva-mate.	18
Figura 3: Distribuição geográfica da erva-mate no Brasil.	19
Figura 4: Plantação de erva-mate em meio a um terreno rodeado por coqueiros.	20
Figura 5: Folhas e ramos pós-colheita.	20
Figura 6: Tratamento térmico da matéria-prima para sua estabilização, realizada após a colheita.	21
Figura 7: Etapa de moagem, onde a amostra coletada passa pela trituração.	22
Figura 8: Fluxograma das principais etapas de processamento da erva-mate: da colheita à industrialização.	23
Figura 9: Reator onde são inseridas a matéria-prima e a água em camadas para a extração de metilxantinas.	24
Figura 10: Filtro rotativo por onde passam a mistura a fim de separar resíduos sólidos do drenado.	25
Figura 11: Amostra da erva-mate após o processo de filtração.	25
Figura 12: Concentrador tipo <i>falling films</i> utilizado para evaporar a água a fim de diminuir o volume do drenado.	26
Figura 13: Processo de secagem via <i>Spray Dryer</i> com o objetivo de obter o extrato seco final da erva-mate.	27
Figura 14: Amostra de extrato seco da erva-mate após passar pelo processo de secagem via <i>Spray Dryer</i>	27
Figura 15: Estruturas das Xantinas – cafeína, teobromina e teofilina.	31
Figura 16: Principais classes de polifenóis presentes na erva-mate.	32
Figura 17: Representação das amostras utilizadas no processo de análise. Em a, amostra de folhas e em b amostra de ramos.	36
Figura 18: Amostras separadas para análise em diferentes proporções.	36
Figura 19: Amostras durante o processo de extração do extrato para análise em <i>HPLC</i>	37
Figura 20: Equipamento utilizado na análise das amostras por cromatografia líquida de alta eficiência (<i>HPLC</i>).	39
Figura 21: Curva de calibração referente ao padrão de cafeína (a) e teobromina (b).	42
Figura 22: Cromatograma do padrão para cafeína (a) e teobromina (b).	42
Figura 23: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da cafeína nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor a). Em a, 100% folhas, em b 80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas e em e 20% folhas.	43
Figura 24: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da teobromina nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor a). Em a, 100% folhas, em b 80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas, em e 20% folhas) e em f 0% folhas (100% ramos).	44
Figura 25: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da cafeína nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor b). Em a, 100% folhas, em b 80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas e em e 20% folhas.	45
Figura 26: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da teobromina nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor b). Em a, 100% folhas, em b	

80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas, em e 20% folhas) e em f 0% folhas (100% ramos).	46
Figura 27: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da cafeína nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor c). Em a, 100% folhas, em b 80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas e em e 20% folhas.....	47
Figura 28: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da teobromina nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor c). Em a, 100% folhas, em b 80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas, em e 20% folhas) e em f 0% folhas (100% ramos).	48
Figura 29: Análise de <i>PCA</i> referente aos diversos grupos de folhas e ramos disponibilizada por cada fornecedor referente ao teor de cafeína.....	52
Figura 30: Análise de <i>PCA</i> referente aos diversos grupos de folhas e ramos disponibilizada por cada fornecedor referente ao teor de teobromina.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Aplicação da erva-mate nos diversos processos industriais.	28
Tabela 2: Atividades biológicas relatadas para compostos encontrados em erva-mate.	34
Tabela 3- Proporção de folhas e ramos das amostras analisadas da planta <i>Ilex paraguariensis</i>	36
Tabela 4: Concentração dos padrões de cafeína.	38
Tabela 5: Concentração dos padrões de teobromina.	38
Tabela 6: Porcentagens obtidas dentro dos tempos de 0-32 minutos.	39
Tabela 7: Tabela usada para calcular os custos de produção das diferentes matérias-primas (diferença na porcentagem de folhas e ramos).	41
Tabela 8: Valores médios do rendimento em escala industrial e média do teor de cafeína e teobromina em cada amostra por fornecedor.	49
Tabela 9: Valores médios de cafeína para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	55
Tabela 10: Volume de planta para produzir 1 Kg de Extrato Seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	56
Tabela 11: Rendimento por Kg de matéria-prima para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	56
Tabela 12: Volume de água para produzir 1 Kg de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	57
Tabela 13: Volume de água para produzir 1 tonelada de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	57
Tabela 14: Custo de produção para 1 Kg de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	58
Tabela 15: Valores médios de teobromina para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	59
Tabela 16: Volume de planta para produzir 1 Kg de Extrato Seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	59
Tabela 17: Rendimento por Kg de matéria-prima para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	60
Tabela 18: Volume de água para produzir 1 Kg de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	60
Tabela 19: Volume de água para produzir 1 tonelada de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	61
Tabela 20: Custo de produção para 1 Kg de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.	61

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Cálculo realizado pelo software Empower™ para % cafeína.	40
Equação 2: Cálculo realizado pelo software Empower™ para % teobromina.	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HPLC – *High performance liquid chromatography*

PCA – *Principal Component Analysis*

DAD – *Arranjo de Diodos*

PAD/UV – *Ultravioleta*

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 ERVA MATE (<i>ILEX PARAGUARIENSIS</i> ST HILL)	17
3.2 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E PARTICIPAÇÃO ECONÔMICA	18
3.3 CULTIVO	19
3.4 PROCESSAMENTO PÓS-COLHEITA	20
3.5 PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	23
3.6 APLICAÇÃO INDUSTRIAL	28
3.7 RESÍDUOS E IMPACTO AMBIENTAL	29
3.8 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	30
3.9 PROPRIEDADES TERAPÊUTICAS DA ERVA-MATE	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1 SOLVENTES, ADITIVOS E PADRÕES	35
4.2 AMOSTRA VEGETAL	35
4.3 PREPARO DOS EXTRATOS	37
4.4 PREPARO DAS SOLUÇÕES DOS PADRÕES	37
4.5 ANÁLISE POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA ACOPLADA A DETECTOR DE ULTRAVIOLETA (HPLC-PAD/UV)	39
4.6 AVALIAÇÃO DE CUSTO	41
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6 CONCLUSÃO	62
7 REFERÊNCIAS	63
8 ANEXO	67

1. Introdução

A gestão dos resíduos sólidos vem sendo discutida há algumas décadas nas esferas nacional e internacional, devido à expansão da consciência coletiva com relação ao meio ambiente. Tornou-se um grande desafio para o poder público, para a sociedade civil e também para as indústrias de iniciativas privadas, pois o aumento da população e do consumo, como consequência, gera aumento dos resíduos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

A busca por soluções na área de resíduos reflete a demanda da sociedade, que pressiona por mudanças motivadas pelos elevados custos socioeconômicos e ambientais. Se manejados adequadamente, os resíduos sólidos podem adquirir valor comercial e podem ser utilizados em forma de novas matérias-primas ou novos insumos. A transformação de resíduos em matérias-primas é uma forma de mitigar o acúmulo de resíduos e poupar recursos ambientais. Por exemplo, a reciclagem de plásticos, papéis, vidros e alumínio para o preparo de novos produtos. Já resíduos de matéria orgânica podem ser utilizados como alternativas para compostagem ou empregados em ração animal (GRIMBERG, 2004). Um tipo de matéria-prima que ganhou grande atenção nos últimos tempos foi a erva-mate.

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hill) caracteriza-se por ser arbórea da família *Aquifoliaceae* e gênero *Ilex*, cresce naturalmente e tem seu cultivo concentrado no sul do Brasil, Argentina e Paraguai (MAZUCHOWSKI, 1991; PAGLIOSA, 2009; SOTÉRIO, *et. al.* 2015). Na América do Sul é bastante conhecida e empregada na forma de bebidas quente ou fria, como o chimarrão, o chá mate e o tererê (ESMELINDRO, *et. al.* 2002). No Brasil, apresenta expressiva participação econômica, destacando-se principalmente em estados da região Sul, Sudeste, Centro-oeste, sendo estes os principais produtores e consumidores (VIDOR, *et. al.* 2000; PAGLIOSA, 2009).

No processo industrial há o grande interesse da utilização das folhas e pequenos ramos da erva-mate com diâmetro (\emptyset) menor que 10 mm, (Figura 1). Sabe-se que cerca de cinco toneladas de resíduos sólidos são descartadas por hectare de colheita e este número é representado por ramos de erva-mate de maior diâmetro.

Figura 1: Diferentes estruturas que compõem a erva-mate.



Fonte: (PAGLIOSA, 2007).

Em sua composição química a erva-mate é constituída por açúcares, diversas vitaminas, aminoácidos, compostos fenólicos e metilxantinas (0,7 a 2,3% de cafeína, 0,3% de teobromina e traços de teofilina), além de saponinas triterpênicas (SIMÕES *et al.*, 2017).

A matéria-prima vegetal (folhas e pequenos ramos) é colhida no campo, e posteriormente segue para um processo de secagem natural e estabilização. Na etapa de pós-colheita é gerado um resíduo conhecido como palito e pó de mate, do qual não apresenta valor comercial (DANIEL, 2009). Esse resíduo geralmente é descartado e a matéria-prima é embalada e enviada para a empresa responsável pelo processamento industrial. Na empresa a matéria-prima (folhas e pequenos ramos) passa pelas etapas de extração, filtração, concentração e secagem para a obtenção do extrato seco de mate (ESMELINDRO, *et. al.* 2002).

2. Objetivo

O trabalho tem por objetivo avaliar o teor de cafeína e teobromina presentes nos ramos de maior diâmetro (palito) através da técnica de *HPLC* e determinar a viabilidade técnica e financeira de utilizar este resíduo proveniente do processo de pós-colheita nas etapas de secagem e moagem, como parte da matéria-prima no processo industrial de fabricação de extrato seco de erva-mate.

3. Revisão bibliográfica

3.1 Erva Mate (*Ilex paraguariensis* St Hill)

Seu nome científico foi conferido pelo botânico francês Auguste de Saint-Hilaire, que estudou diversas plantas pelo Sul do Brasil, entre elas a “árvore-do-mate” que naquele período seria usado para a produção da “erva do Paraguai” ou “mate” (MAZUCHOWISKI, 1991; GERHARDT, 2013). Entretanto, atualmente o termo erva-mate é utilizado popularmente tanto para se referir à planta como para o produto, que na maioria das vezes é produzido pelas indústrias com o constituinte de folhas e pequenos ramos (PAGLIOSA, 2012). Esse produto é adquirido por meio do processo de secagem e fragmentação, conduzido principalmente ao preparo de bebidas tradicionais, como o chimarrão ou tererê (MACCARI JUNIOR, 2005).

De acordo com Da Croce (1999) e Mendes (2005), a erva-mate encontra-se na subdivisão das angiospermas (*Angiospermae*), na classe das dicotiledônias (*dicotyledoneae*) e sub-classe arquiclamídea (*archiclamydea*). Pertence a ordem das aquilofoliáceas (*aquilofoliaceae*), de gênero *Ilex* e daí a nomeação científica de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire.

A árvore da erva-mate chega a apresentar uma altura de 10 a 15 metros; seu tronco possui estrutura cilíndrica, reta e em alguns casos um pouco tortuosa, de cor acinzentada. Sua copa é baixa com folhagem verde escuro, como pode ser observado na Figura 2 (MAZUCHOWISKI, 1991; PAGLIOSA, 2019).

Figura 2: Árvore da erva-mate.



Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento¹.

¹Disponível em <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/a3p/eixos-tematicos/gestao-adequada-dos-residuos>>. Acesso em: 12/04/2020.

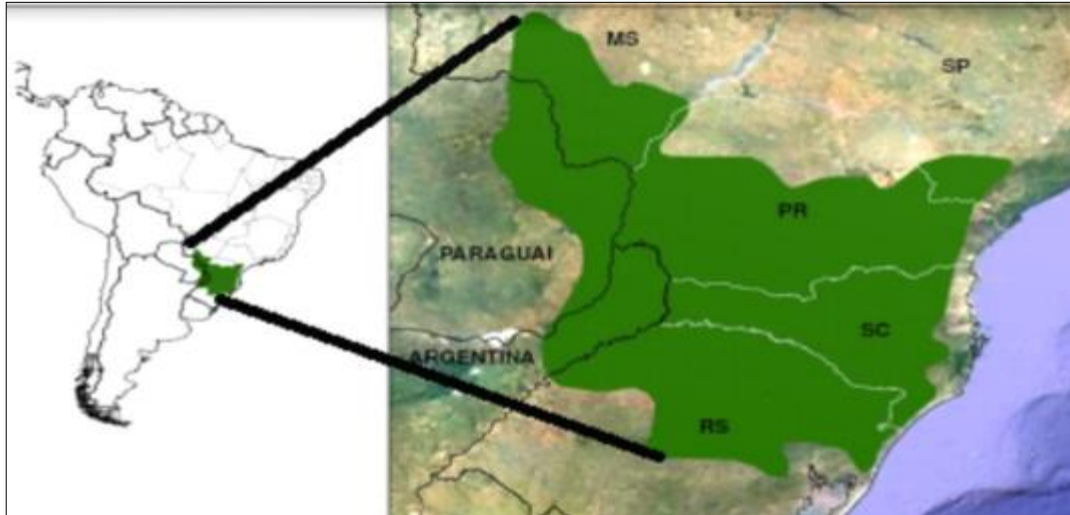
3.2 Distribuição geográfica e participação econômica

Em seu estado natural a erva-mate está distribuída nas regiões subtropical e temperada da América do Sul. No Brasil a distribuição ocorre nos estados de Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, sudeste de São Paulo e Mato Grosso do Sul (Figura 3), correspondendo a uma área de aproximadamente 450.000 Km² que equivale a 5% do território brasileiro. (DA CROCE, 2000; MENDES, 2005).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) no ano de 2017 a atividade extrativa de erva-mate nativa, que se concentra na Região Sul, gerou valor de produção R\$ 423,9 milhões, crescimento de 6,4% frente ao ano de 2016. É no Estado do Paraná onde se encontram os 10 municípios que obtiveram

maior produção em 2017, com destaque para São Mateus do Sul, que segue como maior produtor nacional, com 18,9% da produção do País (PEVIS, 2018).

Figura 3: Distribuição geográfica da erva-mate no Brasil.



Fonte: Researchgate (2020)¹

¹Disponível em <https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Area-de-ocorrencia-natural-da-Erva-Mate-Ilex-paraguariensis_fig1_305893465>. Acesso em 15/04/2020.

3.3 Cultivo

A vegetação da erva-mate se dá em solos bem drenados com elevado teor de alumínio e de matéria orgânica, não sendo observada em solos hidromórficos (saturado por água) (DANIEL, 2009).

O crescimento da erva-mate acontece espontaneamente associado a ervais nativos, como por exemplo, a plantação de Araucária ou de coqueiros, dando preferência aos terrenos compactos e pouco íngremes. (PAGLIOSA, 2019)

Durante o período de colheita é retirado da árvore de erva-mate (Figura 4) os ramos e as folhas para serem utilizados no processo de industrialização. A poda ocorre após o quarto ou quinto ano de plantio e acontece em um período entre maio e setembro, concentrando-se nos meses de junho a agosto, denominado período de safra (PAGLIOSA, 2019).

Figura 4: Plantação de erva-mate em meio a um terreno rodeado por coqueiros.



Fonte: Globo Rural¹

¹Disponível em <<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI152883-18078,00-ERVAMATE+AINDA+E+UMA+BOA+OPCAO+NO+SUL+DO+PAIS.html>> Acesso em 04/04/2020.

3.4 Processamento Pós-colheita

Após a colheita, a matéria-prima (folhas e ramos apresentadas na Figura 5) é transportada até as indústrias de beneficiamento e colocada em um pátio.

Figura 5: Folhas e ramos pós-colheita.



Fonte: EMBRAPA¹.

¹Disponível em <<https://www.embrapa.br/florestas/busca-de-imagens/-/midia/4330001/colheita-de-erva-mate>>. Acesso em 04/04/2020.

A primeira etapa de processamento é o tratamento térmico, popularmente chamado de sapeco (Figura 6), onde a erva-mate é submetida a uma alta temperatura, em torno de 400°C, por um período de aproximadamente cinco minutos em um cilindro metálico rotativo. Este procedimento tem por objetivo estabilizar a droga pela retirada da umidade superficial e inativação de enzimas capazes de escurecer as folhas verdes. O tratamento térmico deve ser realizado logo após a colheita, em um prazo de até 24h, para evitar a fermentação, que é favorecida pela umidade e temperatura (EFING, 2008). A etapa consecutiva é a secagem, que tem por objetivo reduzir o teor de água nas folhas e nos ramos, podendo ser realizado em um secador rotativo ou de esteira (PAGLIOSA, 2019).

Figura 6: Tratamento térmico da matéria-prima para sua estabilização, realizada após a colheita.



Fonte: Ervateria Sabadin¹

¹Disponível em <<http://www.ervateirasabadin.com.br/processamento>>. Acesso em 04/04/2020.

A etapa de trituração, denominada popularmente como “cancheamento”, consiste na trituração ou fragmentação da erva-mate (Figura 7). Normalmente é feito por um triturador de madeira dura (produtor) ou por cancheador metálico (industrial). A finalidade da trituração é reduzir o tamanho das folhas e dos ramos

secos. Após esta etapa, a erva-mate passa por uma peneira para realizar a separação granulométrica, constituindo desta maneira a matéria-prima para as indústrias na preparação dos produtos comerciais (MENDES, 2005).

Figura 7: Etapa de moagem, onde a amostra coletada passa pela trituração.

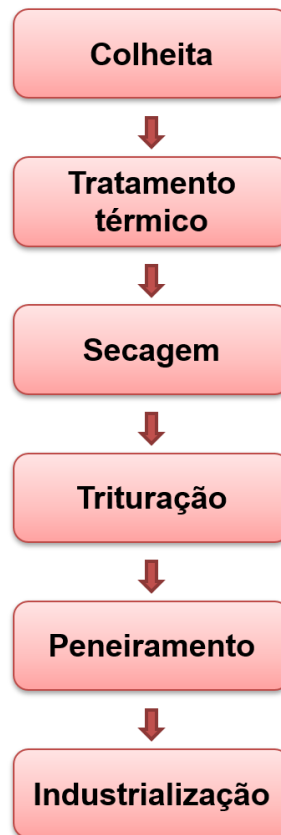


Fonte: Município Campo Alegre¹

¹Disponível em
<<https://www.campoalegre.sc.gov.br/noticias/index/ver/codMapaltem/18541/codNoticia/433783>>.
Acesso em 04/04/2020.

Na Figura 8 é possível visualizar todas as etapas de processamento da erva-mate, desde a colheita até a etapa de industrialização.

Figura 8: Fluxograma das principais etapas de processamento da erva-mate: da colheita à industrialização.



3.5 Processamento Industrial

A matéria-prima (folhas e pequenos ramos) recebida na empresa passa por algumas etapas, como: extração, filtração, concentração e secagem; até a obtenção do extrato seco de erva-mate.

3.5.1 Extração

A primeira etapa é a extração, onde a matéria-prima e a água são inseridas em camadas em um reator com agitação constante a uma temperatura de $90^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 2 horas (Figura 9), com a finalidade de extrair a maior concentração possível de metilxantinas (cafeína e teobromina), de modo a atender a especificação do cliente.

Figura 9: Reator onde são inseridas a matéria-prima e a água em camadas para a extração de metilxantinas.



Fonte: Soluções Industriais¹

¹Disponível em <<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/maquinas-e-equipamentos/reatinox/produtos/instalacoes-e-equipamentos-industriais/sistema-agitacao-reatores>>. Acesso em 10/04/2020.

3.5.2 Filtração

Após o processo de extração a mistura passa por um filtro rotativo com a finalidade de separar o resíduo sólido do drenado (Figura 10). A quantidade de drenado deve equivaler de 80 a 85% da quantidade de água. O resíduo sólido gerado nesse processo é destinado a compostagem, já o drenado (solução de interesse apresentada na Figura 11) seguirá para a etapa de concentração.

Figura 10: Filtro rotativo por onde passam a mistura a fim de separar resíduos sólidos do drenado.



Figura 11: Amostra da erva-mate após o processo de filtração.



3.5.3 Concentração

A concentração ocorre em um concentrador do tipo *falling films* (Figura 12) que opera com uma vazão de entrada (Kg/h) de 3.000 / 5.000, temperatura do trocador de calor de 85°C +/- 5°C, temperatura de evaporação de 70°C +/- 5°C e

vácuo (bar): 0,7 à 0,8 bar para obter um Brix na saída do equipamento de 25 à 30° Brix. A etapa de concentração tem por objetivo diminuir o volume do drenado evaporando água. Após a etapa de concentração o drenado segue para a etapa de secagem.

Figura 12: Concentrador tipo *falling films* utilizado para evaporar a água a fim de diminuir o volume do drenado.

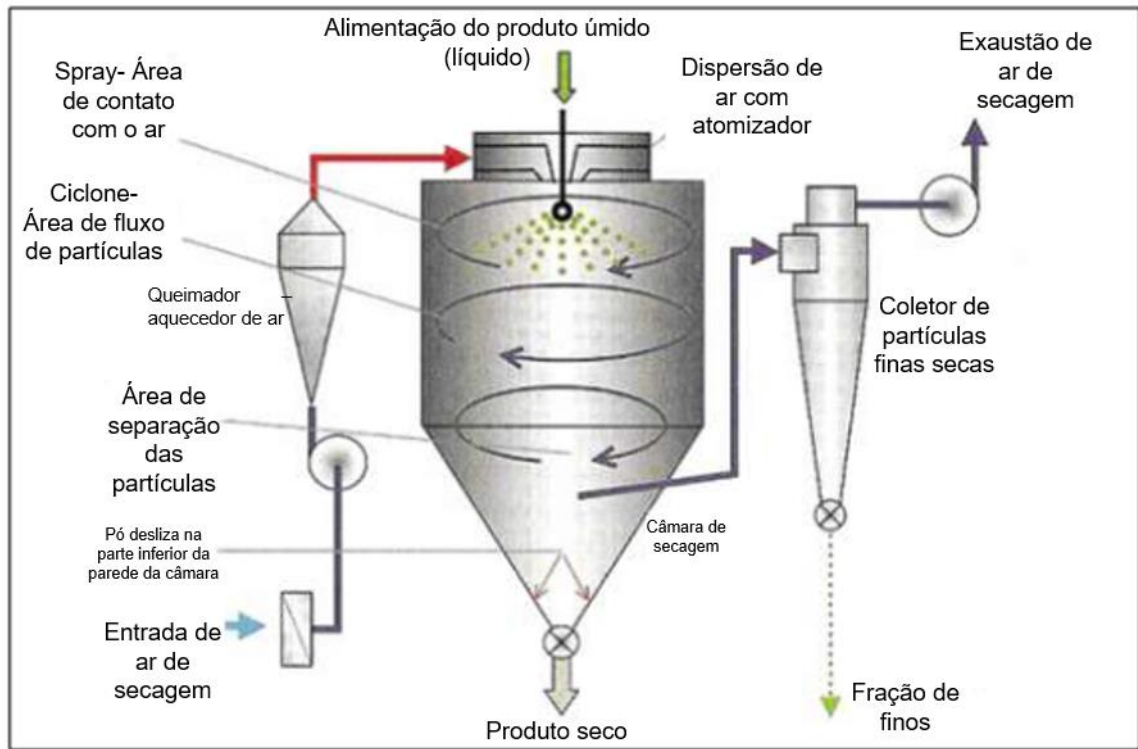


3.5.4 Desidratação por atomização em *Spray Dryer*

Na etapa de desidratação por atomização em *Spray Dryer* de disco rotativo (Figura 13) o equipamento opera com uma temperatura de entrada de 215°C +/-5°C, temperatura de saída de 100°C +/-5°C, velocidade do disco de 85 à 90% e vácuo de 12 mmCA na câmara de secagem. A vazão de entrada do produto deve ser de 410 L/h +/- 30 L/h e os ciclones primário e secundário devem estar com 50% da válvula aberta. A finalidade da etapa de secagem é remover as moléculas de água presas e transformar o drenado em extrato seco de erva-mate, como mostrado na Figura 14. Depois da etapa de secagem o produto é envasado e fica aguardando o resultado

das análises físico químicas e microbiológicas, Resultados dentro da especificação o produto está aprovado e pronto para venda.

Figura 13: Processo de secagem via *Spray Dryer* com o objetivo de obter o extrato seco final da erva-mate.



Fonte: Adaptado de Denmark, 2002.

Figura 14: Amostra de extrato seco da erva-mate após passar pelo processo de secagem via *Spray Dryer*.



3.6 Aplicação industrial

Inicialmente a aplicação da erva-mate era voltada exclusivamente para o consumo de bebidas como o chimarrão, tererê e chá. Atualmente, tem sido explorada pela indústria alimentícia e química, seja para produção de bebidas, usos medicinais e de higiene. (MENDES, 2005).

Na Tabela 1 é possível visualizar inúmeras possibilidades de uso alternativo da erva-mate. Esta pode ser utilizada também pela indústria de insumos para alimentos como corante natural e conservante alimentar, além de produtos como sorvetes, balas, bombons e chicletes (PAGLIOSA, 2019).

Tabela 1: Aplicação da erva-mate nos diversos processos industriais.

Aplicação Industrial	Subprodutos comerciais	Forma de Utilização
BEBIDAS	Chimarrão, tererê, chá mate (queimado ou verde), Mate solúvel	Infusão quente ou fria
	Refrigerantes, suco, cerveja e vinho	Extrato de folha diluído
INSUMOS DE ALIMENTOS	Corante natural e conservante alimentar	Clorofila e óleo essencial
	Sorvetes, balas, bombons, chicletes e gomas	
MEDICAMENTOS	Estimulante do sistema nervoso central	Extrato de cafeína e teobromina
	Composto para tratamento de hipertensão, bronquite e pneumonia	Extrato de flavonoides
HIGIENE GERAL	Bactericida e antioxidante; hospitalar e doméstico; esterilizante e emulsificante	Extrato de saponina e óleo
	Tratamento de esgoto; reciclagem de lixo urbano	
PRODUTOS DE USO PESSOAL	Perfumes, desodorantes, cosméticos, sabonetes	Extrato de folhas seletivo e clorofila

Fonte: Adaptado de (PAGLIOSA, 2019).

Um quesito muito importante para o desenvolvimento e aplicação da erva-mate em novos seguimentos é a qualidade e rastreabilidade dos processos e produto envolvidos, de modo a garantir um produto dentro da especificação

atendendo as características sensoriais, físicas, químicas e microbiológicas (MENDES, 2005).

3.7 Resíduos e impacto ambiental

Na etapa de colheita da erva-mate, as cascas e os ramos com diâmetro acima de 10 mm não possuem utilidade para indústria e são descartadas no solo. Estima-se que este descarte seja de aproximadamente cinco toneladas por hectare, onde é considerado um adubo nas próprias plantações de erva-mate. Em alguns casos, são considerados adubos para outras culturas. Como dito anteriormente, na pós-colheita, nas etapas de secagem e trituração (cancheamento), é gerado o resíduo, denominado palito e pó de mate, sendo que os mesmos não possuem valor agregado a comercialização e são descartados (DANIEL, 2009).

O processo de industrialização da erva-mate na empresa consome aproximadamente 200.000 Kg/ano, gerando um grande volume de resíduo vegetal como bagaço e torta de filtro. A técnica de compostagem é utilizada para reaproveitar esses materiais e o seu produto, o composto, é rico para reestruturar solos, devolvendo os nutrientes, aumentando sua capacidade de retenção de água, permitindo o controle de erosão e evitando o uso de fertilizantes sintéticos. Temos também o resíduo proveniente do consumo de chimarrão e tererê, que não possui uma designação e também segue para descarte (PAGANINI, 2017).

Escassas são as pesquisas sobre a composição química dos resíduos descartados no campo durante a colheita e os resíduos gerados no processo de industrialização, no entanto estes resíduos podem conter substâncias benéficas à saúde, rentáveis para a formulação de novos produtos e para a economia regional. Todavia, observa-se que o desenvolvimento de novos produtos está focado, principalmente, para as folhas e pequenos ramos de erva-mate. Sendo que há a oportunidade de pesquisar a composição química de outras partes da planta descartados, a fim de conhecer as suas características e viabilizar, futuramente, a sua exploração, a fim de diminuir o volume de resíduo gerado.

O excesso de resíduo gerado pelas agroindústrias causa um impacto muito grande ao meio ambiente, pois introduzir em excesso material orgânico, vitaminas no solo leva a uma saturação, tornando o solo de difícil manejo (DANTAS, 2014).

De acordo com Vieira *et al.* (2008) o resíduo denominado pó de mate gerado durante o processo de pós colheita na etapa de trituração contem altos níveis de polifenóis totais. Um exemplo positivo de aplicação deste resíduo é a introdução do mesmo, como matéria-prima na indústria de ração animal para bovinos leiteiros a fim de agregar maior valor nutricional ao leite e produtos. A indústria citrícola é outro exemplo em que os resíduos (cascas, sementes e a polpa de laranja) ganham uma nova aplicação industrial, sendo introduzidos como complemento na ração de rebanhos bovinos (leite e corte). (UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS NA DIETA DE BOVINOS LEITEIROS, 2014)

3.8 Composição Química

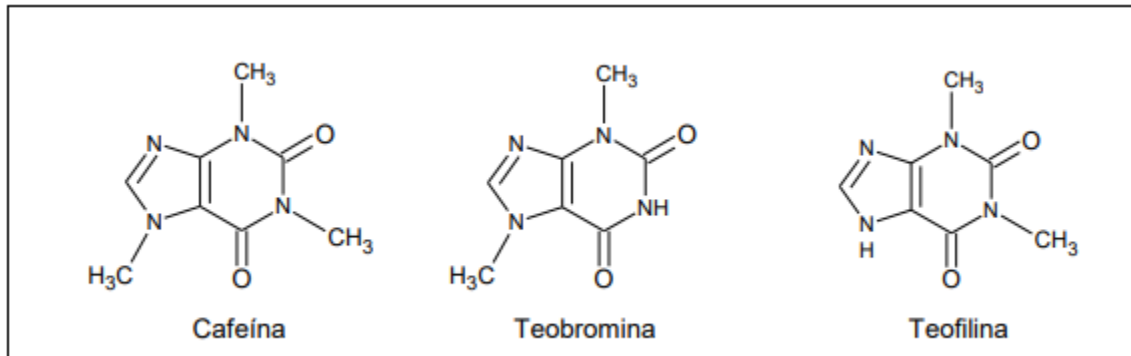
Durante a procura de novos agentes terapêuticos, a farmacologia tem levado em consideração os conhecimentos adquiridos tanto em levantamentos bibliográficos, como o conhecimento popular. O estudo fitoquímico das plantas medicinais ganhou território e hoje constitui uma das alternativas nesta procura desses novos agentes terapêuticos (DARTORA, 2010).

Nas investigações fitoquímicas de *Ilex paraguariensis* St.Hil encontram-se muitas classes de constituintes químicos, os quais acredita-se serem benéficos à saúde (MACCARI JUNIOR, 2005). Dentre estes destacam-se: xantinas (cafeína, teobromina, teofilina), polifenóis (ácidos clorogênicos e ácido cafeico), flavonoides (quercetina, rutina e campferol, dentro outros), aminoácidos, minerais (P, Fe e Ca) e vitaminas (C, B1 e B2) (PAGLIOSA, 2019).

2.3.1 Xantinas

São substâncias pertencentes a classe dos alcaloides purínicos que se encontram em diversas espécies vegetais. No mate destacamos: cafeína (1,3,7-trimetilxantina), teobromina (3,7-dimetilxantina) e teofilina (1,3-dimetilxantina) (DARTORA, 2010) (Figura 15). A cafeína e teobromina estão em maiores concentrações nas folhas e em menores nos ramos. Já a teofilina é encontrada em pequenas proporções somente nas folhas. A concentração de xantinas nas folhas da erva-mate está associada a fatores genéticos e ambientais, sendo influenciadas pela época de colheita e processo de secagem. (SCHUBERT *et al.*, 2006; DARTORA, 2010).

Figura 15: Estruturas das Xantinas – cafeína, teobromina e teofilina.



Fonte: (DARTORA, 2010)

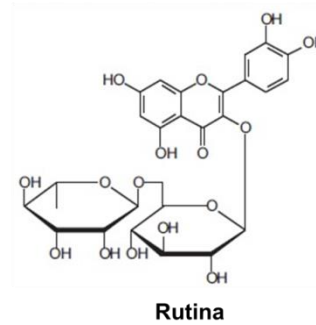
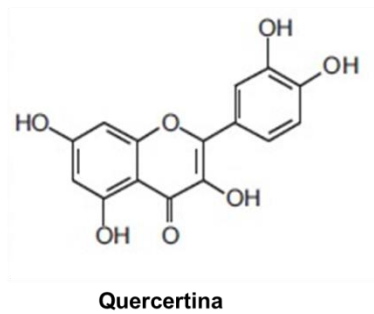
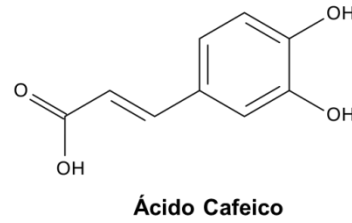
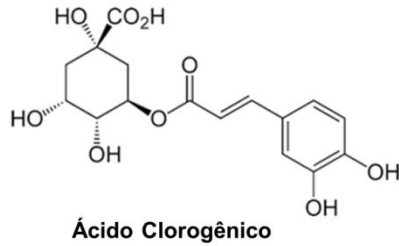
2.3.2 Polifenóis

Os polifenóis são uma classe de compostos bioativos presentes nos vegetais e que apresentam diversas propriedades, destacando-se as antitumorais, anti-inflamatórias e antioxidantes. Caracterizam-se por possuírem em sua estrutura uma ou mais hidroxilas ligadas a anéis benzênicos (DONADUZZI, *et. al.* 2000). Polifenóis atuam nas relações ecológicas da planta com o meio ambiente em que se encontram, além de estarem diretamente relacionados à função alelopática, proteção da planta contra radiação UV e na proteção contra insetos, herbívoros e patógenos. Fisiologicamente atuam no metabolismo da planta, estando presente em todos esses processos: crescimento vegetal, germinação de sementes, e mecanismos de transdução dos sinais luminosos na resposta fototrópica. A diversidade química e de papéis fisiológicos dos compostos fenólicos leva a crer que possa ocorrer variação na concentração destes compostos em função de variáveis ambientais (DONADUZZI, *et. al.* 2003). A estrutura hidrocarbônica dessas substâncias é que define a que classe cada uma pertence, sendo denominadas como ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, antocianinas, cumarinas, antraquinonas e, menos comumente, estilbenos e lignanas. (DARTORA, 2010).

A concentração de polifenóis na erva-mate (Figura 16) tem ligação com a capacidade antioxidante da planta (CHANDRA; DEMEJIA, 2004). Estudos anteriores mostram que ela apresenta uma concentração maior de ácido clorogênico do que encontrada no chá verde (BASTOS *et al.*, 2006b), que na sua infusão apresenta elevadas concentrações de catequinas (DARTORA, 2010). Estas diferenças de concentrações de polifenóis podem estar relacionadas de acordo com os processos

de moagem, grau de pureza e também com o tipo de solvente orgânico usado para sua extração. (DANIEL, 2009).

Figura 16: Principais classes de polifenóis presentes na erva-mate.



Fonte: Chemical Book¹

¹Disponível em <<https://pt.fashionbeautytopics.com/33110-chlorogenic-acid>>. Acesso em 25/04/2020.

2.3.3 Minerais

Em sua composição, a erva-mate apresenta elevadas concentrações de compostos inorgânicos, alguns minerais, como: alumínio, cromo, cobre, ferro, manganês, níquel, potássio e zinco são interessantes devido a sua importância no metabolismo e desenvolvimento humano (DARTORA, 2010). Daniel (2009), Carducci, *et. al.* (2000) e Tenório e Torija (1991) constataram em seus trabalhos que a concentração destes minerais pode variar de acordo com tipo de solo onde a planta se desenvolve e também por fatores sazonais.

2.3.4 Saponinas

As saponinas constituem uma das mais importantes classes de metabólitos secundários produzidos pelas gimnospermas e angiospermas. São compostos amargos, solúveis em água, encontrados em muitos tipos de plantas e suas características os classificam como um tensoativo natural, utilizado principalmente pela propriedade emulsificante (HECK; DEMEJIA, 2007). Acredita-se que muitas das

características presente neste composto tornam as infusões da erva-mate distintas das demais. Tem papel fundamental, não somente no sabor, mas em processos anti-inflamatórios e hipocolesterolêmicos (GNOATTO *et al.*, 2005; DARTORA, 2010). Muitas das saponinas encontradas na erva-mate apresentam propriedades antiparasíticas, incluindo as metasaponinas 1, 3 e 4. Também confirmou-se que os triterpenóides encontrados em *Ilex* são antitripanossomais (TAKETA, 2004).

3.9 Propriedades terapêuticas da erva-mate

O conhecimento e o uso de plantas medicinais pela população brasileira são equivalentemente grandes e isto é algo transmitido de geração em geração. O estudo de plantas medicinais tornou-se uma ciência complexa, resultando na necessidade de diferentes formas de conhecimento, além de profissionais especializados em diferentes áreas do saber (DARTORA, 2010).

Com diversas propriedades terapêuticas, a erva-mate tornou-se alvo desses estudos devido às muitas ações no organismo, das quais ressaltamos funções antioxidantes, diuréticas, digestivas, laxante e tonificante, além de ajudar no combate e prevenção de patologias vasculares, fraquezas, depressão nervosa, úlcera e problemas pancreáticos. Um dos motivos principais do uso da erva é devido sua ação estimulante sobre o sistema nervoso central, cardiovascular e renal. Existem também estudos sobre a ação inibidora do apetite e à potencialidade de alguns agentes antidiabéticos (PAGLIOSA, 2019). Muitas destas propriedades atribuídas ao mate têm relação com a cafeína presente em sua composição, sendo que para o mate o teor deste composto é da ordem de 1%. A ação farmacológica da cafeína é complexa e abrange vários órgãos, como: coração, cérebro, pulmão e estômago (TUNNER, *et. al.* 2009).

Os polifenóis presentes no mate são agentes redutores e, em conjunto com outras substâncias redutoras, como a vitamina C, a vitamina E podem proteger os tecidos contra o estresse oxidativo, sendo comumente mencionados como antioxidantes. Por isso, estão associados à prevenção do câncer, de doenças cardiovasculares e inflamatórias e à inibição da oxidação do colesterol. Os polifenóis também influenciam a qualidade sensorial de alimentos de origem vegetal e algumas bebidas, sendo encontrados em plantas, frutas, sucos e vinhos (EFING, 2008). É relatada também a presença de flavonoides, entre os constituintes

químicos presentes na erva-mate, com propriedades antioxidantes, antimicrobianas, antitrombóticas, antialérgicas, antitumorais, antiasmáticas e inibidoras de enzimas (EFING, 2008). A Tabela 2 abaixo apresenta uma lista de compostos identificados na erva-mate associados aos seus benefícios biológicos.

Tabela 2: Atividades biológicas relatadas para compostos encontrados em erva-mate.

Compostos	Atividades Biológicas
Cafeína	Anticarcinogênica, antiobesidade, antioxidante, diurética, vasodilatadora
Ácido Clorogênico	Antioxidante, analgésico, antiaterosclerótico, bactericida, antidiabético, antitumoral
Clorofila	Bactricida, anticâncer
Colina	Antidiabética, lipotrópica
Ácido Nicotínico	Hipocolesterolêmica
Ácido Pantotênico	Antialérgico
Rutina	Antioxidante, antitumoral, antiulcera, vasodilatadora
Taninos	Antioxidante, antitumoral
Teobromina	Diurética, estimulante, miorelaxante
Teofilina	Diurética, estimulante, vasodilatadora
Ácido Ursólico	Analgésico, antioxidante, antitumoral, antialzheimer

Fonte: Adaptado de (DARTORA, 2010).

4. Materiais e Métodos

4.1 Solventes, aditivos e padrões

Para o preparo da solução de ácido ortofosfórico 0,2% foi utilizado os solventes: ácido ortofosfórico 85% P.A.(Merck, Alemanha) grau HPLC-UV e água ultrapura (MILLI-Q, Brasil). A solução diluente (ácido ortofosfórico 0,2%: Metanol (6:4 V/V)) foi preparada com ácido ortofosfórico 85% P.A.(Merck, Alemanha) grau HPLC-UV e Metanol (Merck, Alemanha) grau HPLC-UV.

As amostras vegetais foram preparadas com os solventes: ácido ortofosfórico 0,2% Metanol, água ultrapura (MILLI-Q, Brasil) e solução diluente.

As amostras dos padrões de cafeína e teobromina foram preparadas com os padrões analíticos: Cafeína (pureza 99,8%, USP, lote: R04330, Brasil), Teobromina (pureza 99,8%), Chromadex, lote: 20248-WSC, EUA), água ultrapura (MILLI-Q, Brasil) e solução diluente.

Os solventes utilizados para análises por *HPLC* foram: acetonitrila (Merck, Alemanha) grau HPLC-UV e ácido fosfórico 0,2% (Merck, Alemanha).

4.2 Amostra vegetal

As amostras utilizadas foram compostas por folhas e ramos (Figura 17) em proporções diferentes da planta *Ilex paraguariensis* (Figuras 18), advindas de três fornecedores distintos (A, B e C), localizados no Sul do país. O fornecedor A se encontra na cidade de Catanduvas – SC, o fornecedor B em Campina Bonita – PR e o fornecedor C em Canoinhas – SC, onde cada proporção apresentava um valor monetário, como se vê na Tabela 3. O experimento de referência utilizado atualmente pela indústria é composto por 80% folhas e 20% de ramos.

Tabela 3- Proporção de folhas e ramos das amostras analisadas da planta *Ilex paraguariensis*.

(%) FOLHAS	(%) RAMOS	CUSTO/1Kg(R\$)
100	0	R\$ 12,5; R\$ 14,9*
80	20	R\$ 9,90
60	40	R\$ 5,90
40	60	R\$ 5,00
20	80	R\$ 4,00
0	100	R\$ 5,90

Os valores de custo/kg que apresentam (*) são valores referente ao fornecedor C.

Figura 17: Representação das amostras utilizadas no processo de análise. Em a, amostra de folhas e em b amostra de ramos.

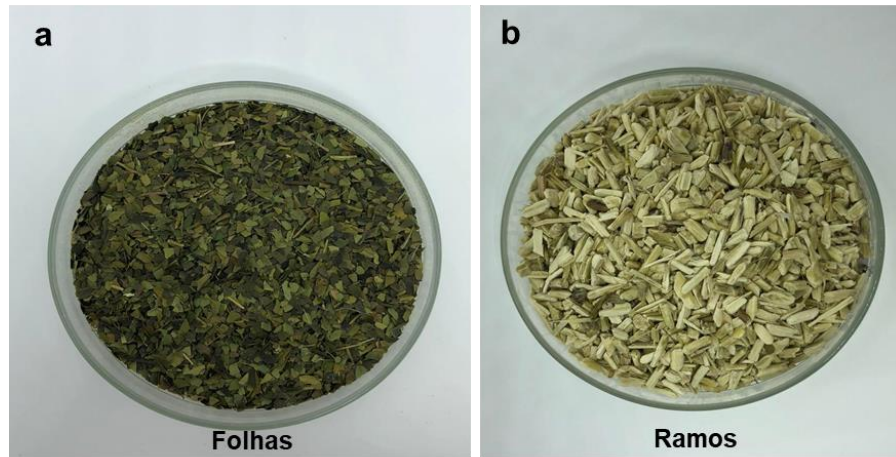
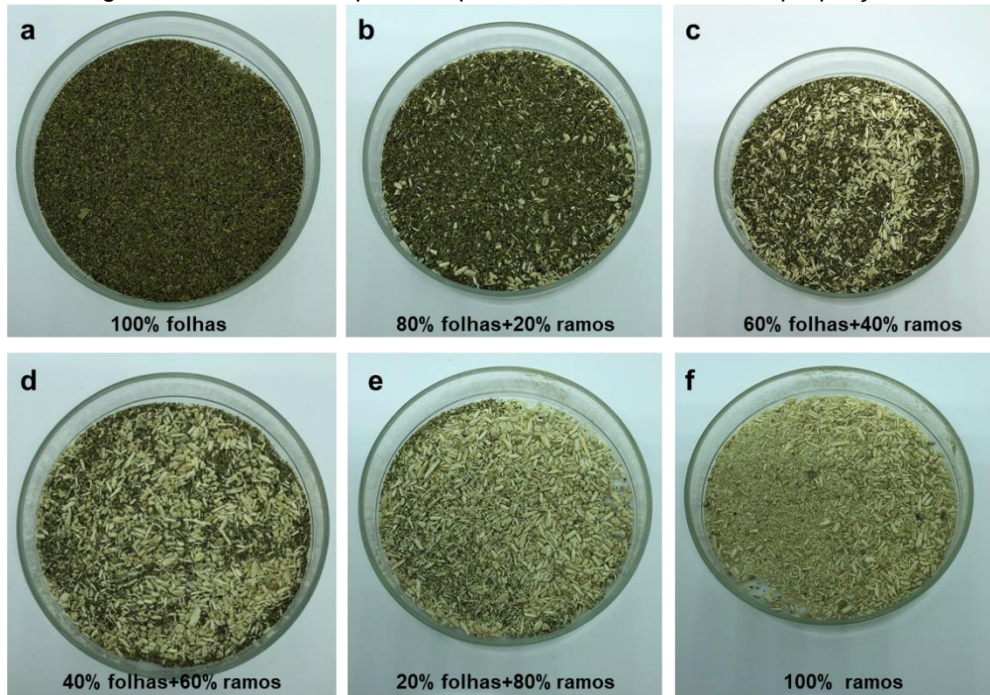


Figura 18: Amostras separadas para análise em diferentes proporções.

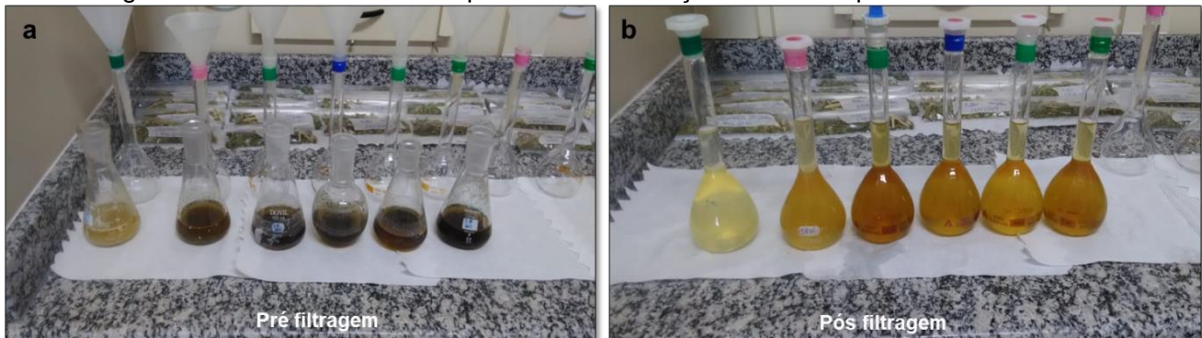


Em a, 100% folhas, em b 80% folhas + 20% ramos, em c 60% folhas + 40% ramos, em d 40% folhas + 60% ramos, em e 20% folhas + 80% ramos e finalmente em f 100% ramos.

4.3 Preparo dos extratos

A matéria-prima foi moída em um moinho analítico (A11 Basic Mill, IKA, Japan), com o objetivo de aumentar a superfície de contato durante o processo de extração. Foi pesado 1,0 g de planta moída em um erlenmeyer de 125 ml ao qual foram adicionados 45 mL de água ultrapura. A extração ocorreu sob refluxo por 2 horas, à 70-80 °C, sem agitação. Após esta etapa, a amostra foi resfriada e filtrada em um balão volumétrico de 50 mL por algodão e completado com água (Figura 19). Foram pipetados 10 mL da amostra em balão de 20 mL, que foi completado com a solução diluente de modo a obter o extrato na concentração desejada. A solução foi homogeneizada e filtrada por membrana de filtração 0,22µm. Todas as extrações foram realizadas em triplicata para avaliação de alterações no teor de cafeína e teobromina de cada amostra.

Figura 19: Amostras durante o processo de extração do extrato para análise em *HPLC*.



Em a, processamento pré-filtragem e em b extratos pós-filtragem já prontos para serem injetados no equipamento.

4.4 Preparo das soluções dos padrões

Para o preparo da solução de ácido ortofosfórico 0,2%, foi adicionado 800 mL de água ultrapura e 2 mL de ácido ortofosfórico em um balão volumétrico de 1000 mL e completado o volume do balão com água ultrapura. A solução foi homogeneizada e filtrada por membrana de filtração 0,22µm.

Para o preparo da solução diluente solução ácido ortofosfórico 0,2%: Metanol (6:4 V/V), foram misturados 300mL de ácido fosfórico 0,2% com 200ml de metanol.

4.4.1 Padrão de cafeína

Pesado quatro concentrações diferentes do padrão de cafeína (lote R043300, USP 99,8%) em balança analítica (Mettler toledo – Microbalança XP26) e diluído em um balão volumétrico de 10 mL. Na Tabela 4 é apresentada a concentração de cada solução de cafeína, em ppm. Foram adicionados aproximadamente 5mL da solução diluente e deixados em banho ultrassônico por 30 minutos. Após resfriado, o balão volumétrico foi completado com o diluente. Em seguida, as soluções foram filtradas por membrana 0,22 µm para injeção no sistema UPLC-UV.

Tabela 4: Concentração dos padrões de cafeína.

138,7 ppm
101,3 ppm
67,96 ppm
47,54 ppm

4.4.2 Padrão de teobromina

Pesado quatro concentrações diferentes do padrão de teobromina (lote 20248-WSC, Chromadex 99,8%) em balança analítica (Mettler toledo – Microbalança XP26) e diluído em um balão volumétrico de 10mL. Na Tabela 5 é apresentada a concentração de cada solução de teobromina em ppm. Foram adicionados aproximadamente 5mL da solução diluente e deixados em banho ultrassônico por 30 minutos. Após resfriado o balão volumétrico foi completado com o diluente. Em seguida foi pipetado 5mL desta solução para outro balão volumétrico de 10ml, e completado este segundo balão com o diluente. E por final filtrado por membrana 0,22µm para injeção no sistema HPLC-UV.

Tabela 5: Concentração dos padrões de teobromina.

116,8 ppm
85,6 ppm
41,94 ppm
29,36 ppm

4.5 Análise por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a detector de ultravioleta (HPLC-PAD/UV)

As análises foram realizadas usando um sistema (HPLC-PAD/UV) Waters Technologies, Brasil (Figura 20), compreendendo por uma bomba quaternária (QSM-R), um amostrador automático, um compartimento de coluna com termostato com fase móvel pré-aquecedor e um detector de arranjo de diodos (DAD). As separações foram obtidas em uma coluna do tipo Lichrospher 100 RP 18e (250 x 4 mm x 5µm) à 20 °C. Os componentes da fase móvel foram ácido fosfórico (A) 0,2% e acetonitrila (B). A vazão do sistema foi de 1 mL/min e o volume de injeção foi de 20 µL. As separações foram monitoradas em $\lambda = 280$ nm.

Os dados da porcentagem obtidos dentro de tempos estimados entre 0 – 32 min estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Porcentagens obtidas dentro dos tempos de 0-32 minutos.

TEMPO (min)	(%) A	(%) B
0	92	8
12	90	10
14	88	12
26	78	22
30	92	8
32	92	8

Figura 20: Equipamento utilizado na análise das amostras por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).



Através do *software* Empower™ da Waters™ que relaciona as variáveis: área, massa, diluição e pureza foram obtidas as concentrações de cada amostra analisada. O cálculo realizado pelo software é apresentado nas equações 1 e 2.

O *software* Empower™ é validade e garante confiabilidade nos resultados produzidos.

Equação 1: Cálculo realizado pelo software Empower™ para % cafeína.

$$\% \text{ Cafeína} = \frac{A_{\text{amostra}} \times M_{\text{padrão}} \times P_{\text{padrão}} \times D_{\text{amostra}}}{A_{\text{padrão}} \times M_{\text{amostra}} \times D_{\text{padrão}}} \times 100$$

Equação 2: Cálculo realizado pelo software Empower™ para % teobromina.

$$\% \text{ Teobromina} = \frac{A_{\text{amostra}} \times M_{\text{padrão}} \times P_{\text{padrão}} \times D_{\text{amostra}}}{A_{\text{padrão}} \times M_{\text{amostra}} \times D_{\text{padrão}}} \times 100$$

Onde:

A amostra: área do pico de cafeína/teobromina na amostra

A padrão: Área média das injeções de cafeína/teobromina na solução padrão.

P padrão: Pureza do padrão (em decimal).

M padrão: Massa media do padrão cafeína/teobromina (em mg).

M amostra: Massa da amostra utilizada (em mg).

D amostra: Diluição da amostra.

D padrão: Fator de diluição do padrão de cafeína/teobromina

100 :Fator para expressão do resultado em porcentagem.

Realizaram-se 3 injeções de cada concentração de padrão e duas injeções de cada amostra de extrato preparada (em triplicata).

A etapa de quantificação do teor de cafeína e teobromina das amostras vegetais foi realizada em escala laboratorial. Com base no teor obtido em cada amostra para determinar o rendimento por quilograma de matéria-prima, o volume de planta utilizado para produzir um quilograma de extrato seco, o volume de água e o custo de produção foi realizado um escalonamento industrial, levando em consideração que os processos industriais de extração e secagem tem uma eficiência de 80% e 85% respectivamente.

4.6 Avaliação de Custo

Para a realização desta etapa, utilizou-se uma tabela (representada pela Tabela 7) onde todos os dados foram trabalhados de forma a analisar o melhor custo benefício quanto à quantidade de matéria-prima utilizada.

Tabela 7: Tabela usada para calcular os custos de produção das diferentes matérias-primas (diferença na porcentagem de folhas e ramos).

CUSTO DE PRODUÇÃO MATE EXTRATO SECO					
DADOS GERAIS DO PRODUTO					
Produto: Mate Extrato Seco			Moeda: R\$	1,00	
Obs.: Teor min. 3%			Quantidade Produzida (Kg):	1.000,00	
Data: 08/05/2019			Ratio:	1	
A) Custo de Matéria Prima					
Código	Descrição	Qtde.	Unitário	Total	%
8	MATE - 100% folhas	1.000,000	12,50	12.500,00	98,12
9	AGUA POTAVEL	8.000,000	0,03	240,00	1,88
Total de Matéria Prima ==>>>>				12.740,00	100,00
B) Custo de Embalagem					
Código	Descrição	Qtde.	Unitário	Total	%
4	EMBALAGEM	40	22,00	880,00	100,00
Total de Embalagem ==>>>>				880,00	100,00
C) Custo de Processo					
Código	Descrição	Horas	Unitário	Total	%
12221	Reator II - 12000 L	10,00	425,09	4.250,90	14,13
14221	reator desligado	16,00	21,25	340,00	1,13
2004	Limpeza Equipamento (Reator)	2,00	40,00	80,00	0,27
12431	Evaporador Falling Film - 5000 L (5 estágios)	2,50	2.160,00	5.400,00	17,95
2003	Limpeza Equipamento (Falling Film)	8,00	350,00	2.800,00	9,31
13061	Quebrador de Gelo	4,00	158,94	635,74	2,11
13011	Tanque de Preparo de Mistura	16,00	86,08	1.377,24	4,58
13021	Pasteurizador	6,40	412,00	2.636,80	8,77
13041	Spray Dryer III	8,00	1.542,00	12.336,00	41,02
2002	Limpeza Equipamento (Spray III)	4,00	55,00	220,00	0,73
Total de Processo ==>>>>				30.076,69	100,00
D) CUSTO DIRETO					
CUSTO DIRETO TOTAL			43,70	43.696,69	100,00
E) CUSTOS E DESPESAS FIXOS					
CUSTO DE DESPESAS FIXO TOTAL				7.799,42	100,00
Preço sem impostos (R\$) 54,73 / Kg Mate Extrato Seco					

4.7 Análise estatística

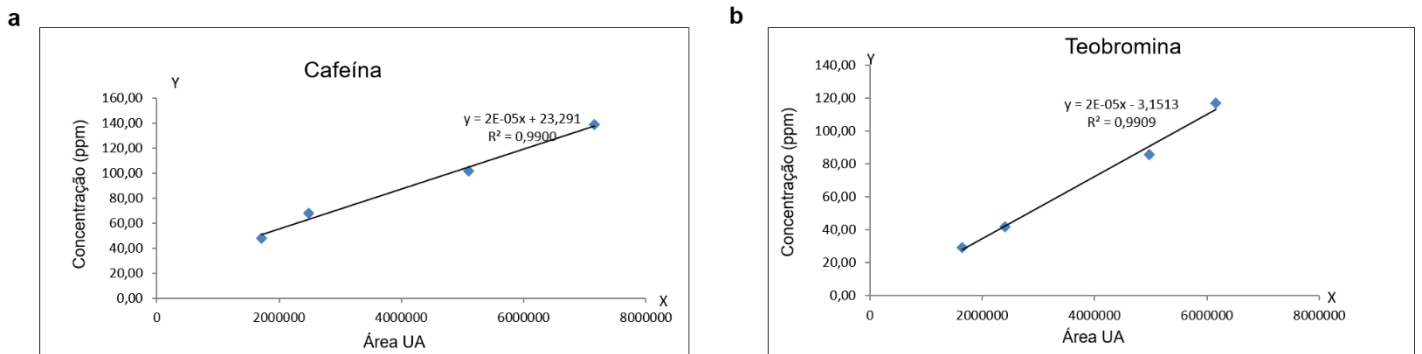
Os dados obtidos através da Tabela 7 foram avaliados com o auxílio das ferramentas estatísticas de PCA (*Principal Component Analysis*) e Univariada (Teste de Tukey).

5 Resultados e discussão

5.1 Rendimentos e quantificações de teobromina e cafeína por HPLC-PAD/UV

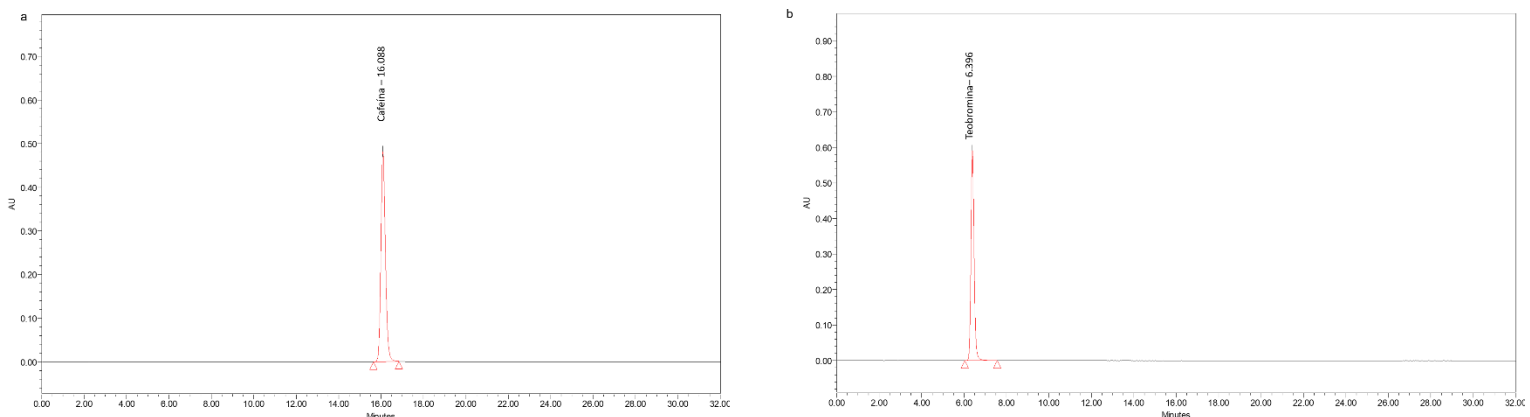
A Figura 21 traz as curvas de calibração para cafeína e teobromina, enquanto que a Figura 22 mostra os cromatogramas obtidos para os padrões.

Figura 21: Curva de calibração referente ao padrão de cafeína (a) e teobromina (b).



Os coeficientes de determinação da regressão (r^2) encontrados tanto para a cafeína ($r^2=0,99$), quanto para a teobromina ($r^2=0,99$) demonstram as qualidades das duas curvas analítica, pois quanto mais próximo a 1 mais precisa será a representação pela equação da reta obtida na regressão, da variação da resposta analítica em função do teor. Assim, as curvas analíticas para quantificação apresentam grande confiabilidade.

Figura 22: Cromatograma do padrão para cafeína (a) e teobromina (b).



As Figuras 23, 24, 25, 26, 27 e 28 trazem os cromatogramas representativos obtidos para as amostras contendo de 100 a 0% de folhas (ou seja, de 0 a 100% de ramos), com destaque para os picos correspondentes a cafeína e teobromina dos fornecedores A, B e C respectivamente. Nota-se que para ambos os compostos de

interesse, uma separação de linha de base foi obtida. Tal resolução é necessária para se quantificar os compostos com maior acurácia. Nas Figuras 23, 25 e 27, destacamos que para o grupo de 100% ramos o equipamento não quantificou teor de cafeína para as nove amostras injetadas, porém observou-se o teor de teobromina, como mostra nas Figuras 24, 26 e 28.

Figura 23: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da cafeína nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor a). Em a, 100% folhas, em b 80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas e em e 20% folhas.

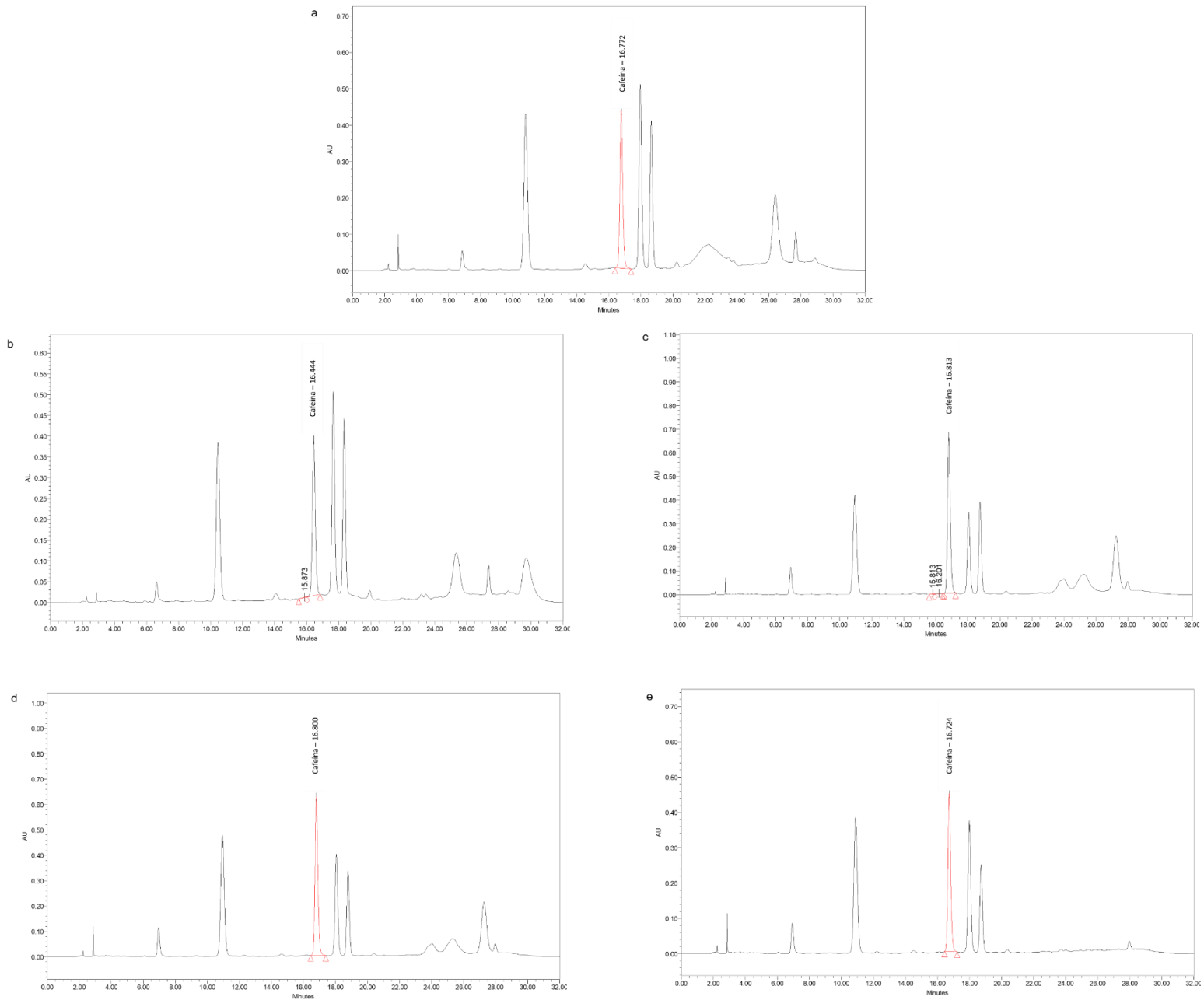


Figura 24: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da teobromina nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor a). Em a, 100% folhas, em b 80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas, em e 20% folhas) e em f 0% folhas (100% ramos).

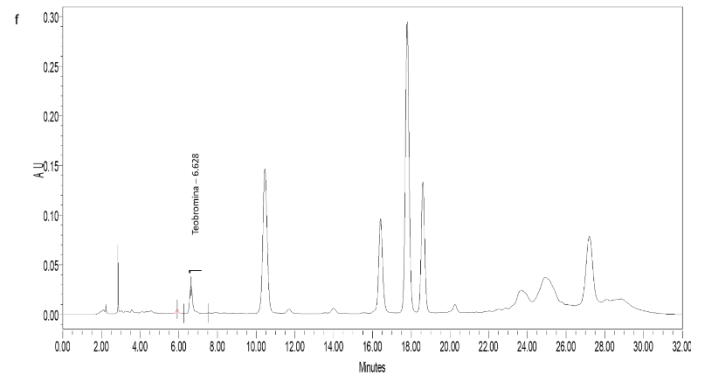
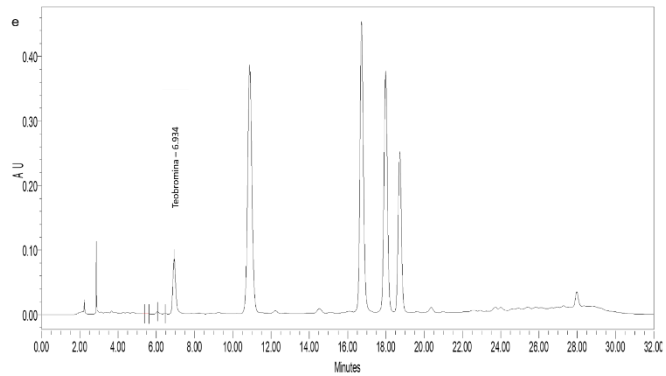
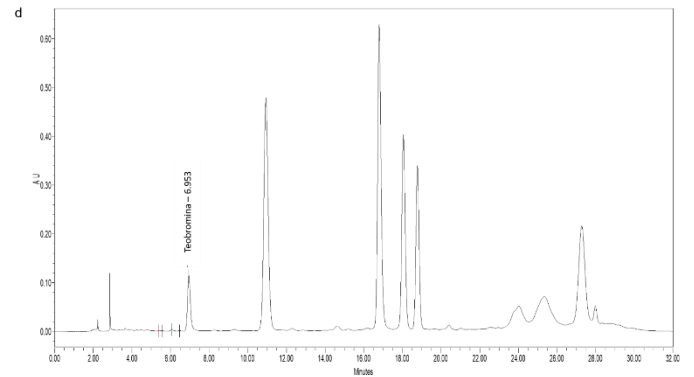
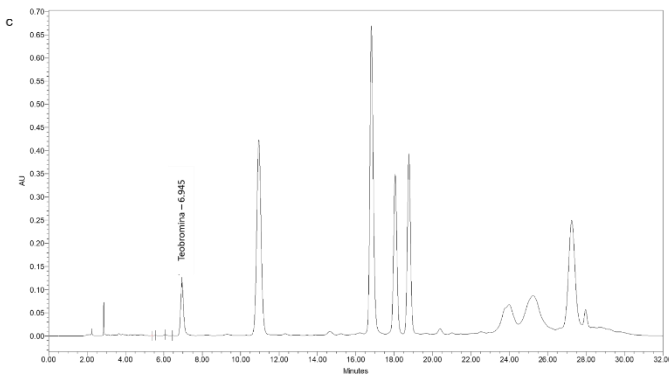
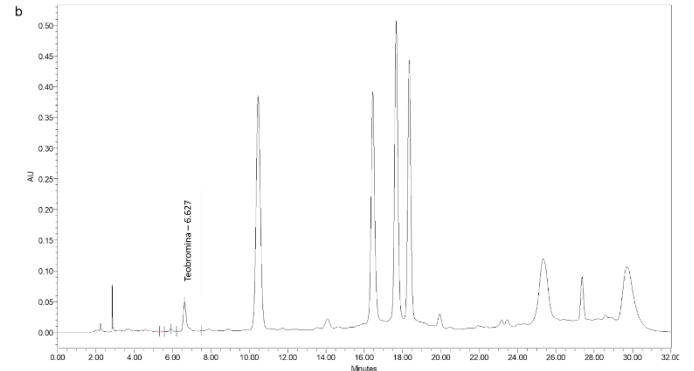
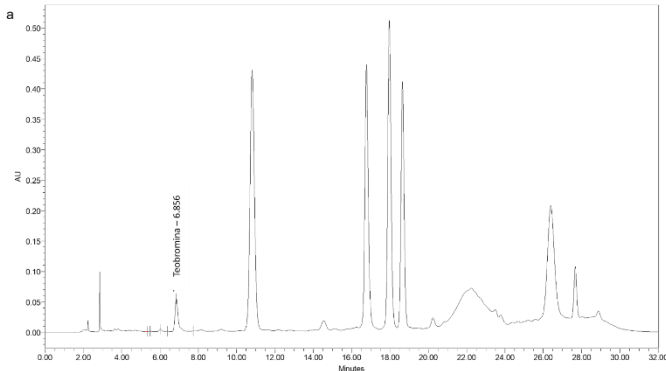


Figura 25: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da cafeína nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor b). Em a, 100% folhas, em b 80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas e em e 20% folhas.

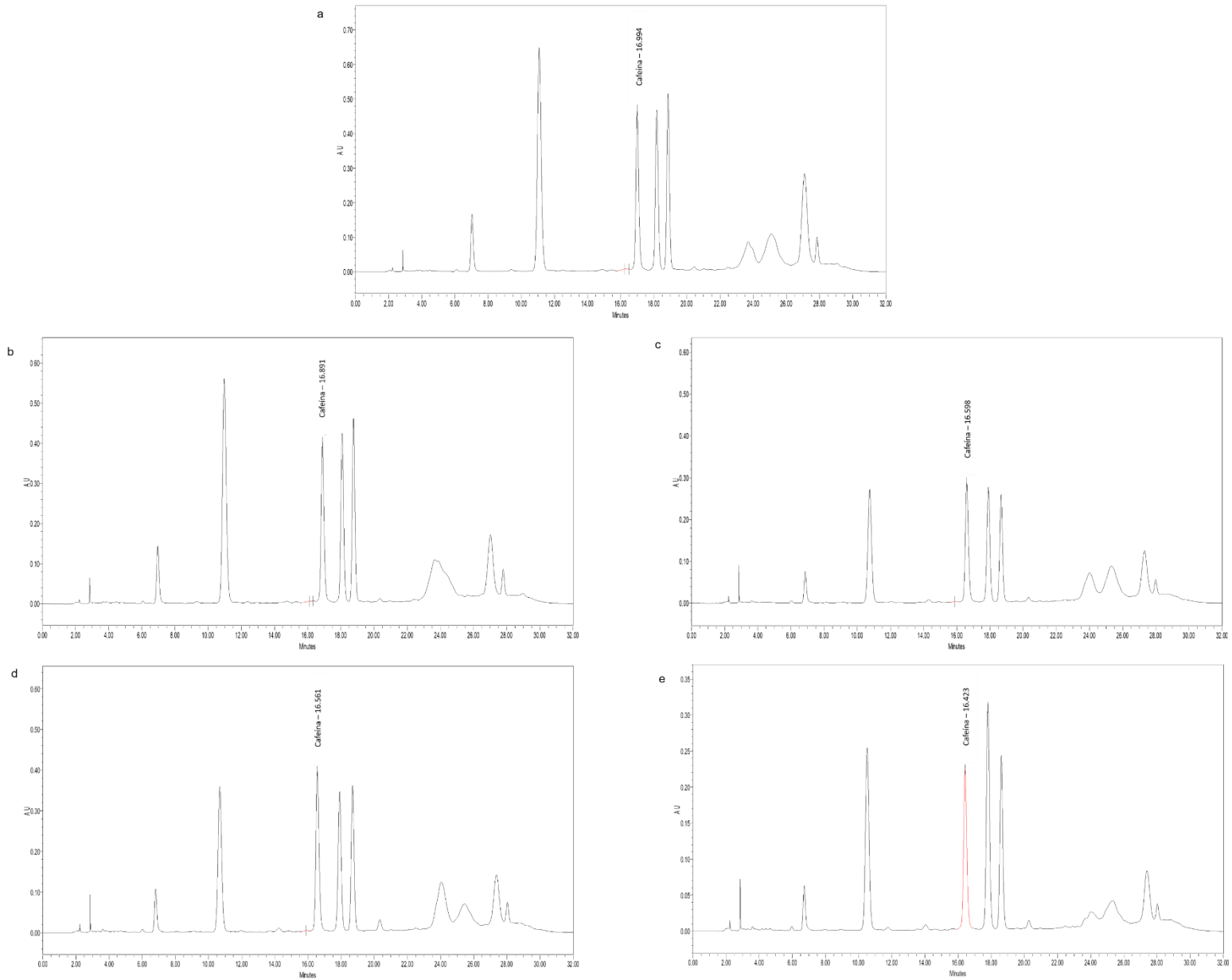


Figura 26: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da teobromina nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor b). Em a, 100% folhas, em b 80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas, em e 20% folhas) e em f 0% folhas (100% ramos).

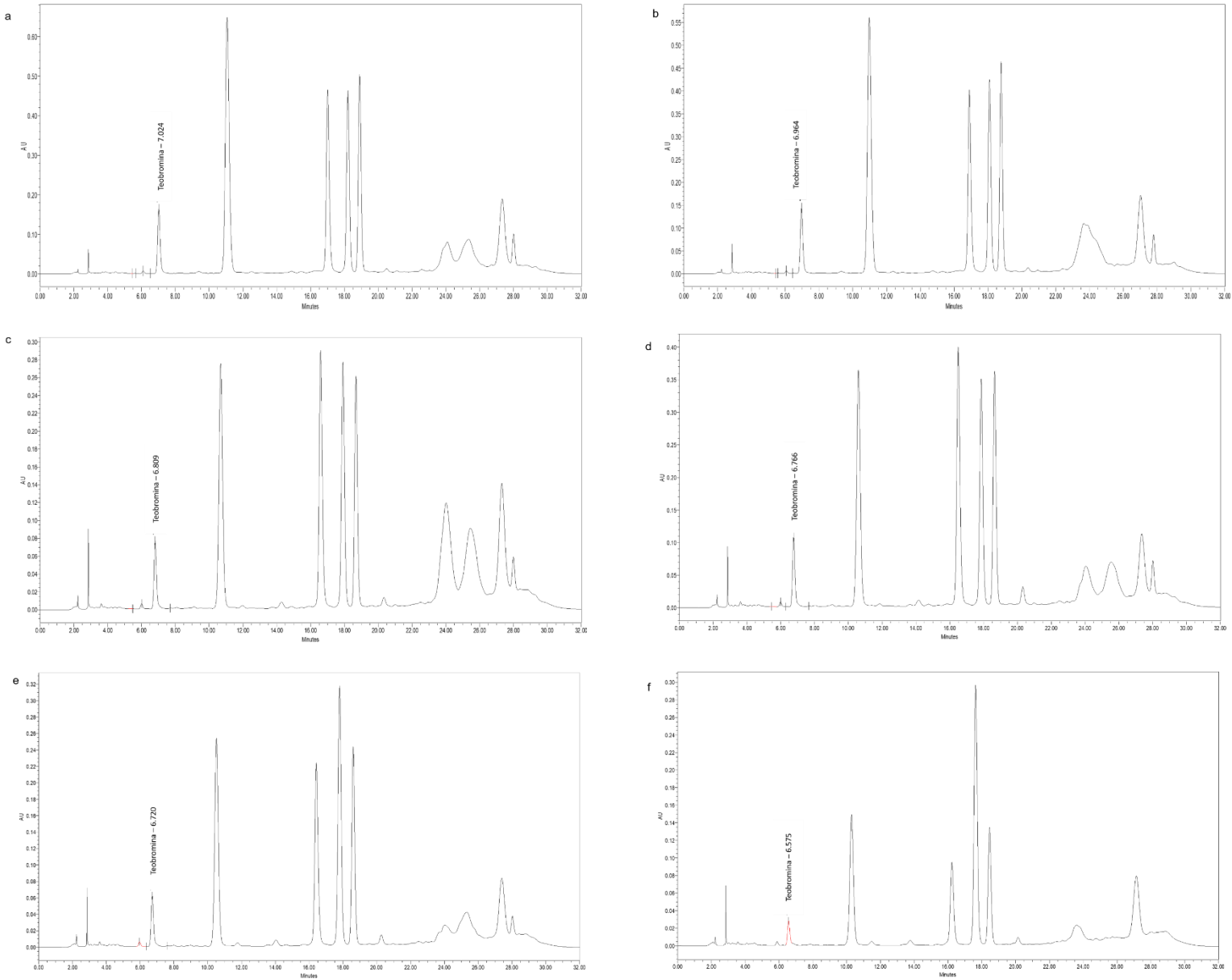


Figura 27: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da cafeína nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor c). Em a, 100% folhas, em b 80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas e em e 20% folhas.

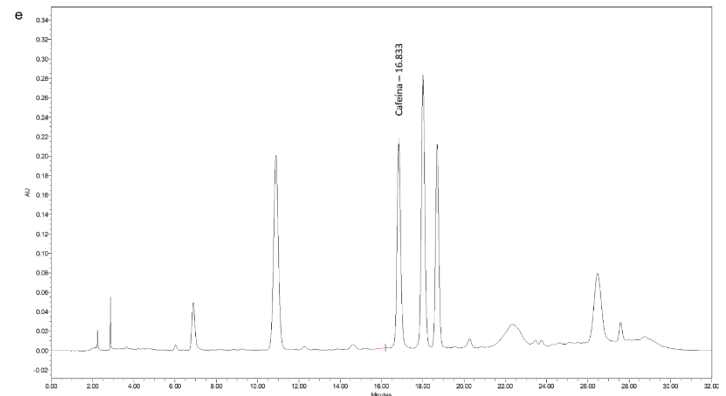
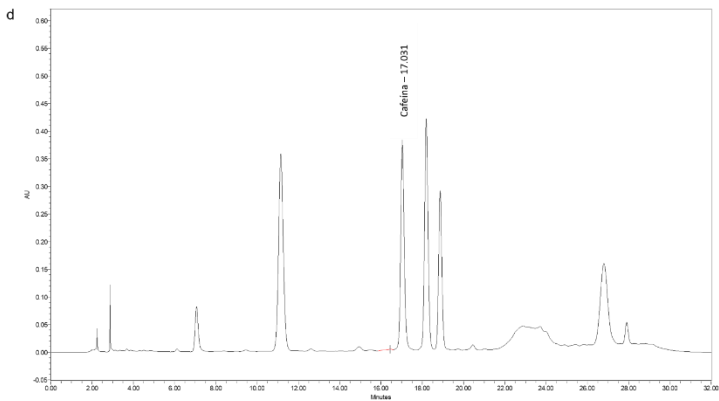
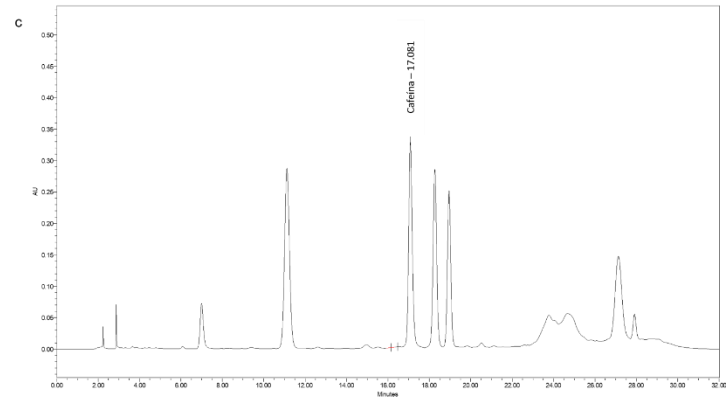
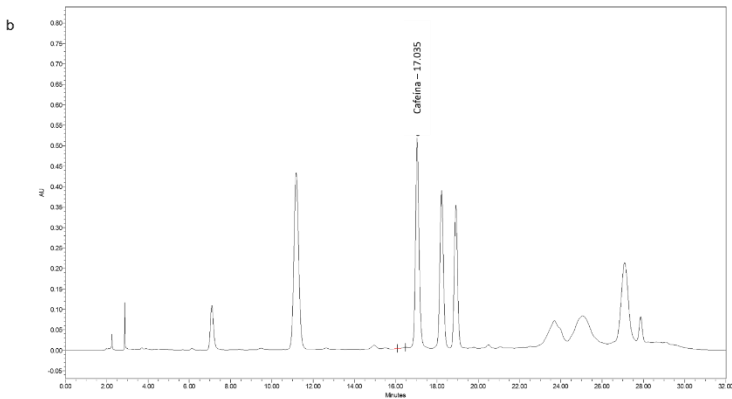
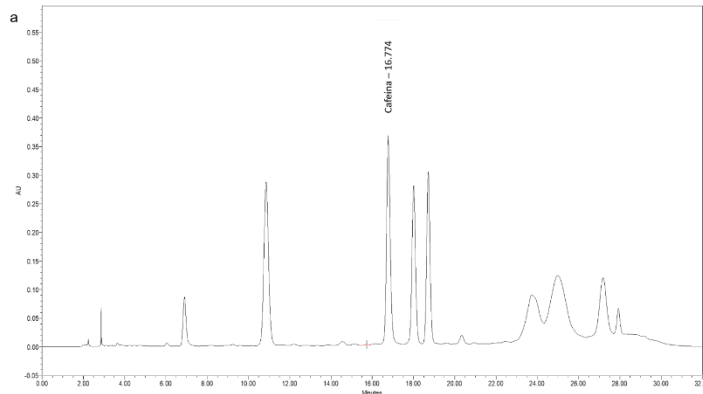
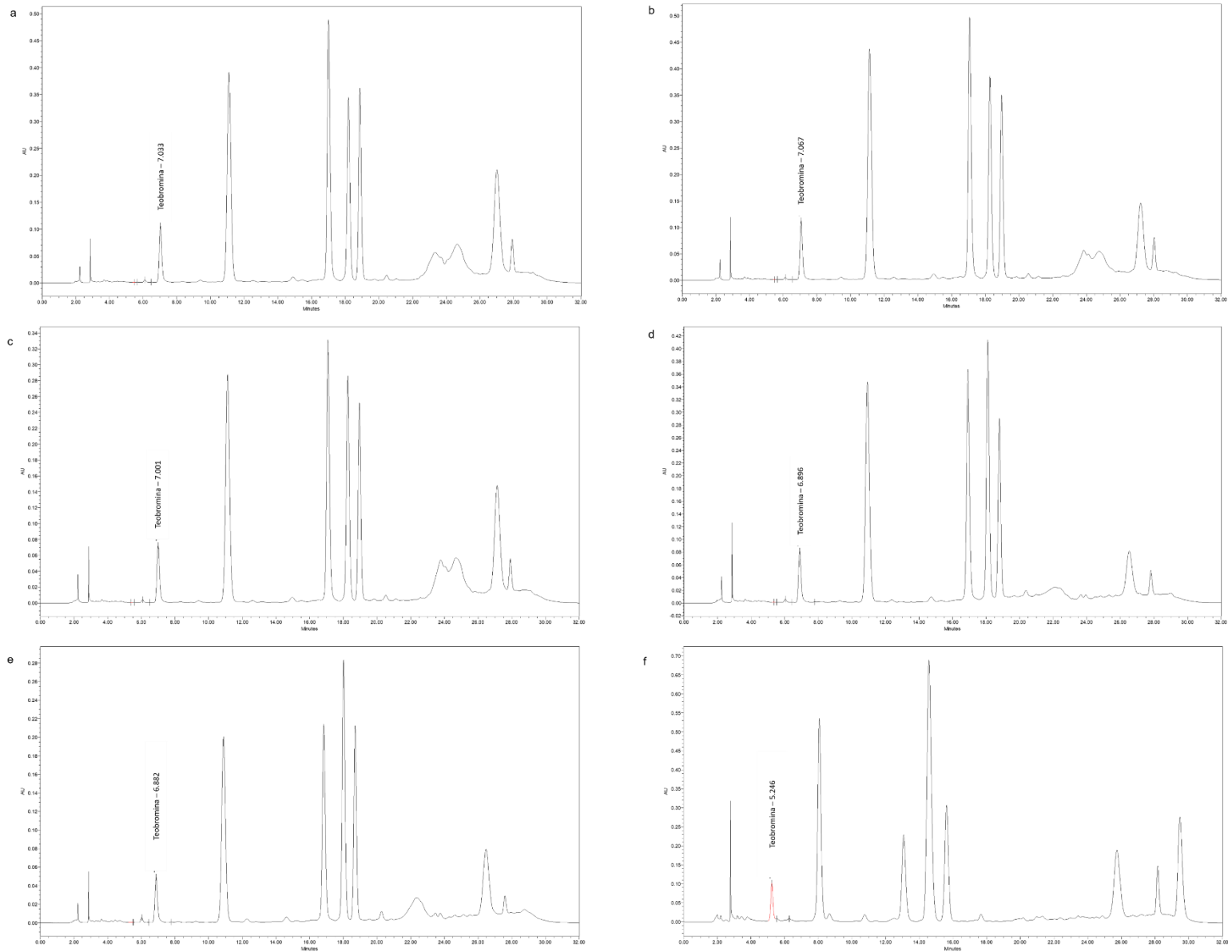


Figura 28: Cromatogramas HPLC-PAD/UV (280 nm) da teobromina nas amostras apresentando diferentes porcentagens de folhas (fornecedor c). Em a, 100% folhas, em b 80% folhas, em c 60% folhas, em d 40% folhas, em e 20% folhas) e em f 0% folhas (100% ramos).



A Tabela 8 a seguir, traz o rendimento escalonado industrialmente e a média encontrada para os teores de cafeína e teobromina em escala laboratorial das amostras analisadas para os três fornecedores.

Tabela 8: Valores médios do rendimento em escala industrial e média do teor de cafeína e teobromina em cada amostra por fornecedor.

% de folhas (fornecedor)	%Rendimento	% de cafeína (Mean, SD)	% de teobromina (Mean, SD)
100 (A)	3,0±4,2	1,12±0,061	0,16±0,071
80 (A)	2,4±3,7	0,9±0,03	0,14±0,077
60 (A)	1,7±1,9	0,63±0,017	0,071±0,0036
40 (A)	1,5±1,6	0,55±0,055	0,06±0,002
20 (A)	0,9±1,1	0,35±0,035	0,039±0,0067
0 (A)	NA ±0,7	NA	0,027±0,027
100 (B)	2,5±5,7	0,95±0,11	0,21±0,078
80 (B)	2,5±5,7	0,94±0,072	0,21±0,05
60 (B)	1,6±1,8	0,62±0,012	0,068±0,0041
40 (B)	1,4±1,5	0,52±0,0099	0,058±0,0015
20 (B)	0,8±0,9	0,33±0,022	0,05±0,0051
0 (B)	NA ±7,3	NA	0,028±0,027
100 (C)	3,9±5,6	1,5±0,64	0,21±0,072
80 (C)	3,0±4,2	1,1±0,54	0,16±0,072
60 (C)	2,3±3,1	0,86±0,43	0,12±0,051
40 (C)	2,0±2,9	0,75±0,24	0,11±0,030
20 (C)	1,3±1,6	0,49±0,18	0,059±0,025
0 (C)	NA ±7,8	NA	0,029±0,030

Um dos pontos chaves no beneficiamento de produtos agrícolas como a erva-mate é a distribuição geográfica da produção de matéria-prima, dado esse que permite a determinação da distância entre os centros produtores e as unidades de beneficiamento. Segundo Santos *et al.* (2003) e Andrade (1999), a procedência e as características ambientais do local de produção da erva-mate podem gerar diferenças sensíveis no produto, com atributos específicos a cada região. Distâncias maiores implicam em maior tempo entre a colheita e o processamento, o que pode gerar perdas qualitativas e quantitativas na matéria-prima. Pensando por esse lado, escolheu-se três fornecedores de regiões do Sul do Brasil a fim de avaliar as condições dos produtos fornecidos.

Como tendência geral, independentemente do fornecedor, foi possível observar um maior teor de cafeína e teobromina nas folhas em comparação com os ramos. Assim, o teor destes dois compostos de interesse foi caindo progressivamente nas amostras à medida que a % de folhas foi diminuindo (Tabela 8). A Figura 23f ilustra bem esta tendência, com praticamente ausência de cafeína quando um extrato com 100% de ramos foi analisado. Como já relatado antes, a cafeína e a teobromina são as xantinas mais abundante na natureza, estando a cafeína em primeiro lugar. Sabe-se que na erva-mate o amargor da planta e a ação estimulante (MACCARI JUNIOR, 2005; MATEOS *et al.*, 2017) estão atribuídas a cafeína, além disso, é de conhecimento também que este composto tem ação sobre o sistema nervoso central e incita a diurese (MATEOS *et al.*, 2017). De acordo com Dartora (2010) a concentração de xantinas nas folhas da erva-mate está associada a fatores genéticos e ambientais, sendo influenciadas pela época de colheita e processo de secagem.

Levando em consideração que a etapa de extração tem uma eficiência de 80% pode-se determinar o rendimento médio do processo de extração em escala industrial com base nos teores obtidos de cafeína e teobromina para cada fornecedor. Destaca-se aqui a importância da eficiência da etapa de extração já que a matéria-prima apresenta como já dito anteriormente, diversas propriedades de valor terapêutico, sendo um grande alvo não somente pela indústria ervateira, mas também pelas indústrias química e farmacêutica no ramo de pesquisa e desenvolvimento de produtos e medicamentos à base da erva (CARELLI, *et al.*, 2011).

5.2 Análises de Custo

Com base nos teores de cafeína e teobromina obtidos pelo *HPLC* em escala laboratorial foi realizado o escalonamento industrial que através da planilha de determinação de custo, foram avaliados para cada grupo os seguintes parâmetros dentre os fornecedores A, B e C:

- Volume de matéria-prima (Kg) para produzir 1 Kg de extrato seco min. 3% teor;
- Rendimento por Kg de matéria-prima;
- Volume de água (L) para produzir 1 Kg de extrato seco min. 3% teor;

- Volume de água (L) para produzir 1 ton. de extrato seco min. 3% teor;
- Custo de produção de 1 Kg de extrato seco min. 3% teor.

O volume de matéria-prima na produção de 1 Kg de extrato seco min.3% de teor de cafeína foi determinado considerando o rendimento da matéria-prima e a eficiência da etapa de extração e secagem. Na empresa a eficiência da etapa de extração é 80% e na etapa de secagem 85%. No ANEXO 1 tem-se os dados obtidos para cada um dos fornecedores avaliados.

A análise de PCA (*Principal Component Analysis*) formou grupos onde é possível avaliar o teor de cafeína e teobromina correspondente às matérias-primas dos fornecedores A, B e C, utilizando o rendimento de processo, consumo de água e custo. Para essa análise utilizou-se o *software* Minitab 16.

As Figuras 29 e 30 apresentam os PCAs, uma para cada resposta monitorada tanto para o teor de cafeína, como para teobromina. Os dados para cada triplicata podem ser vistos no nas Tabelas A2 e A3 do anexo. Na Figura 29 ao avaliar o teor de cafeína, podemos observar que a PCA representa 97,6% da variância amostral, sendo 91,1% representada pela primeira componente (eixo X) e 6,5% pela segunda componente (eixo y).

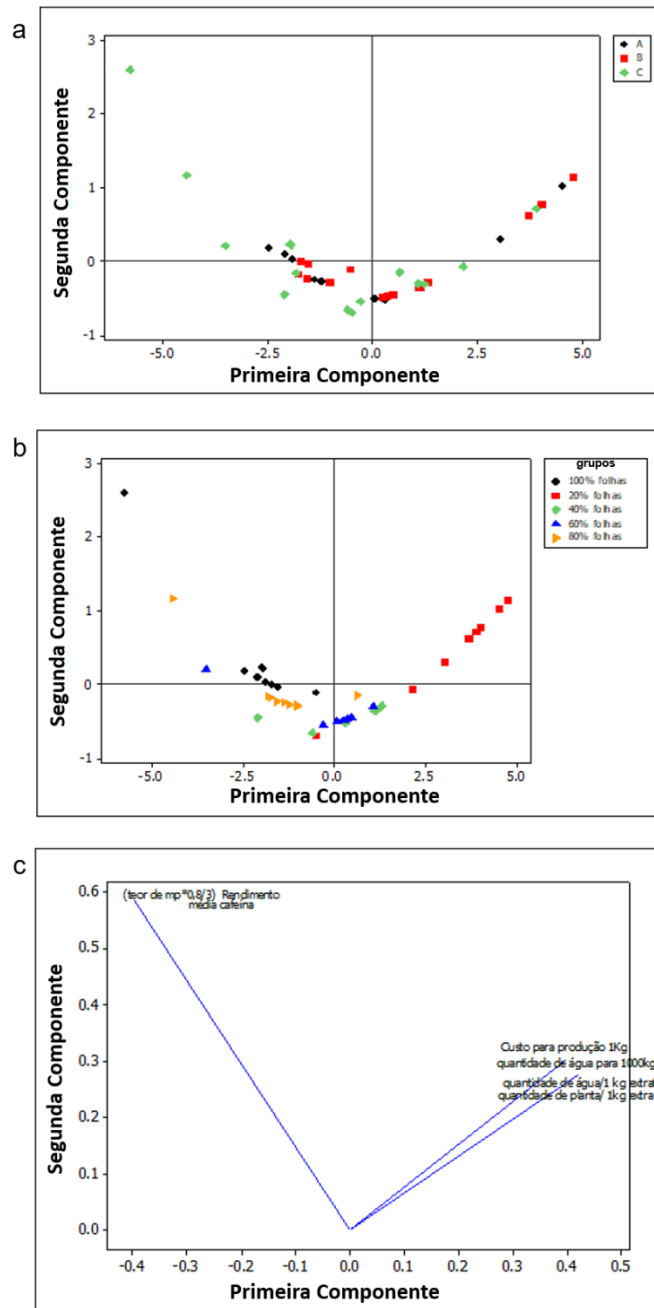
Na (Figura 29 a) realizou-se uma avaliação dos fornecedores com relação suas matérias-primas, onde o círculo preto representa o fornecedor A, o quadrado vermelho o fornecedor B e o losango verde representa o fornecedor C. Assim é possível afirmar que o fornecedor C que apresentou um teor maior de cafeína em comparação com os fornecedores A e B. Pode-se observar que o grupo 100% folhas apresenta um melhor rendimento do processo o qual reduz de forma proporcional conforme a diminuição de folhas (Figura 29 b). Para o tratamento 20% folhas, teve-se o menor rendimento de processo.

Na avaliação da correlação entre as variáveis analisadas (Figura 29 c), pode-se observar que o rendimento do processo de extração é inversamente proporcional ao consumo de água, volume de matéria-prima e custo de produção, ou seja, quando um aumenta o outro diminui.

Assim podemos concluir que o fornecedor C que apresentou melhor matéria-prima terá maior rendimento no processo ao utilizar o tratamento com maior

proporção de folhas de 100%, pois ao utilizar grupos com maior proporção de ramos o custo para produção é maior, a quantidade de matéria-prima utilizada é maior e o consumo de água também.

Figura 29: Análise de PCA referente aos diversos grupos de folhas e ramos disponibilizada por cada fornecedor referente ao teor de cafeína.



Em a: PCA referente à amostra disponibilizada para o estudo por cada fornecedor, em **b** PCA referente aos diversos grupos estudados, onde há diferença na porcentagem de folhas da erva-mate utilizada e em **c** correlação entra os custos benefícios sobre os fornecedores e o processamento da erva-mate.

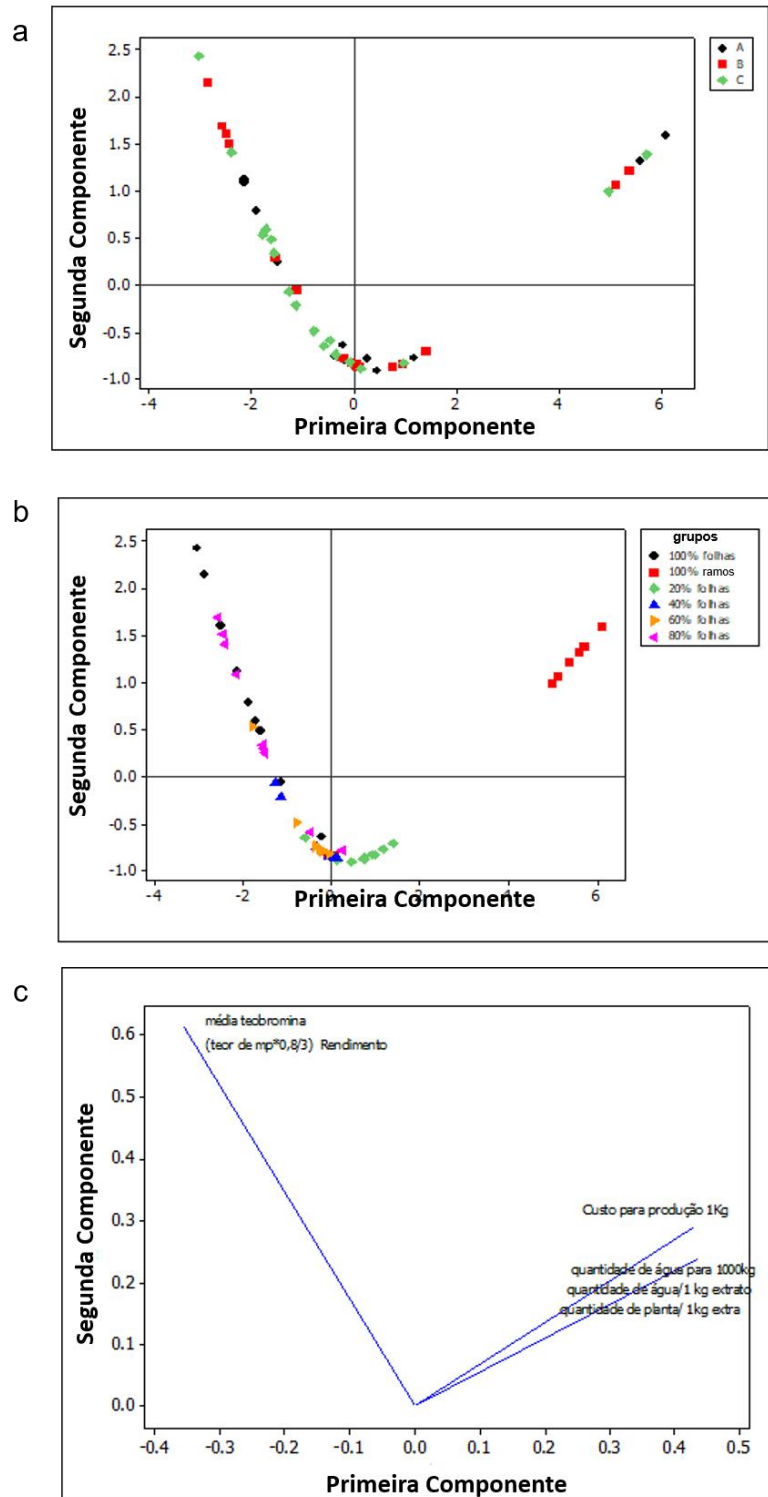
Ao avaliar o teor de teobromina, observou-se na Figura 30 que a *PCA* representa 99,9% da variância amostral, sendo 83,1% representada pela primeira componente (eixo X) e 16,8% pela segunda componente (eixo y).

Observa-se na (Figura 30 a) uma avaliação dos fornecedores com relação a suas matérias-primas e assim foi possível afirmar que não existe variação entre os fornecedores A, B e C nos resultados com relação às amostras analisadas.

Na (Figura 30 b) pode-se observar que o tratamento 100% folhas apresenta um melhor rendimento do processo o qual reduz de forma proporcional conforme a diminuição de folhas no tratamento. Para o tratamento 100% ramos teve-se o menor rendimento de processo (0,027).

Na avaliação da correlação entre as variáveis analisadas (Figura 30 c), pode-se concluir que o rendimento do processo de extração é inversamente proporcional ao consumo de água, volume de matéria-prima e custo de produção, ou seja, quando um aumenta o outro diminui. Assim podemos concluir que os fornecedores A, B e C não se diferem na qualidade da matéria-prima fornecida para o teor de teobromina, porém a matéria-prima terá maior rendimento no processo ao utilizar a porcentagem com maior proporção de folhas (100%), pois ao utilizar grupos com maior proporção de ramos o custo para produção é maior, a quantidade de matéria-prima utilizada é maior e o consumo de água também.

Figura 30: Análise de *PCA* referente aos diversos grupos de folhas e ramos disponibilizada por cada fornecedor referente ao teor de teobromina.



Em **a**, *PCA* referente à amostra disponibilizada para o estudo por cada fornecedor, em **b** *PCA* referente aos diversos grupos estudados, onde há diferença na porcentagem de folhas da erva-mate utilizada e em **c** correlação entra os custos benefícios sobre os fornecedores e o processamento da erva-mate.

Ao avaliar de forma univariada a influência dos diferentes grupos em função dos diferentes fornecedores pode-se verificar que, não houve interação entre os fornecedores e os grupos (porcentagem de folhas) para nenhuma das variáveis analisadas.

Para a variável média de cafeína foi observado que os fornecedores B e C diferem entre si, independente da porcentagem de folhas utilizada. Ao avaliar os grupos, independente do fornecedor (Tabela 9), pode-se observar que os melhores resultados foram encontrados quando utilizado 100 e 80% de folhas, no entanto, o tratamento com 100% de folha apresenta aproximadamente 20% mais cafeína que o tratamento com 80% de folhas.

Tabela 9: Valores médios de cafeína para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Média cafeína (%)
A	0,7084200 ab
B	0,6710000 b
C	0,9396867 a
Grupos	Média cafeína (%)
100% de folhas	1,1807778 a
80% de folhas	0,9825111 ab
60% de folhas	0,7049444 bc
40% de folhas	0,6057889 c
20% de folhas	0,3911556 c
P(fornecedores) =0,0157	
P(grupos) =0,0001	
P(interação) = 0,9706	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de *Tukey* a 5% de significância.

Para a variável volume de planta para produzir 1 Kg de Extrato Seco, podemos observar que o fornecedor C difere dos demais, independente da porcentagem de folhas utilizada. Quando avaliamos os grupos, independente do fornecedor (Tabela 10), podemos observar que ao utilizar o grupo 100% folhas, consumimos um volume menor de matéria-prima para produzir 1 Kg de Extrato Seco, aproximadamente 20% menos em comparação com o tratamento de 80% de folhas.

Tabela 10: Volume de planta para produzir 1 Kg de Extrato Seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Volume (Kg) planta para produzir 1 Kg de Extrato Seco
A	7,3480000 a
B	7,6646667 a
C	5,9833333 b
Grupos	Volume (Kg) planta para produzir 1 Kg de Extrato Seco
100% de folhas	3,9922222 d
80% de folhas	4,7644444 cd
60% de folhas	6,6700000 bc
40% de folhas	7,6266667 b
20% de folhas	11,940000 a
P(fornecedores) =0,0068	
P(grupos) =0,0001	
P(interação) = 0,6722	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a variável de rendimento por Kg de matéria-prima, pode-se observar que o fornecedor C difere dos demais, independentes da porcentagem de folhas utilizada. Quando avaliam-se os grupos, independente do fornecedor (Tabela 11), nota-se que o melhor rendimento obtido foi para o grupo 100% folhas, pois apresentou aproximadamente 6% melhor rendimento que o grupo com 80% de folhas.

Tabela 11: Rendimento por Kg de matéria-prima para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Rendimento por Kg de matéria-prima
A	0,1886667 b
B	0,1780000 b
C	0,2520000 a
Grupos	Rendimento por Kg de matéria-prima
100% de folhas	0,3144444 a
80% de folhas	0,2622222 ab
60% de folhas	0,1888889 bc
40% de folhas	0,1622222 c
20% de folhas	0,1033333 c
P(fornecedores) =0,0117	
P(grupos) =0,0001	
P(interação) = 0,9646	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a variável volume de água para produzir 1 Kg de extrato seco, pode-se observar que o fornecedor C difere dos demais, independente da porcentagem de folhas utilizada. Quando avaliam-se os grupos, independente do fornecedor (Tabela 12), o resultado mostra que se utilizou um menor volume de água para produzir 1 Kg de Extrato Seco quando utilizado 100% folhas, no tanto, apresentou

aproximadamente 20% menor volume de água utilizada que o grupo com 80% de folhas.

Tabela 12: Volume de água para produzir 1 Kg de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Volume (Kg) de água para produzir 1 Kg de extrato seco
A	58,784000 a
B	61,317333 a
C	47,866667 b
Grupos	Volume (Kg) de água para produzir 1 Kg de extrato seco
100% de folhas	31,937778 d
80% de folhas	38,115556 cd
60% de folhas	53,360000 bc
40% de folhas	61,013333 b
20% de folhas	95,520000 a
P(fornecedores) =0,0068 P(grupos) =0,0001 P(interação) = 0,6722	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de *Tukey* a 5% de significância.

Para a variável volume de água para produzir 1 tonelada de extrato seco, pode-se observar que o fornecedor C difere dos demais, independente da porcentagem de folhas utilizada. Quando avaliam-se os grupos, independente do fornecedor (Tabela 13), nota-se que se utilizou um menor volume de água para produzir 1 tonelada de Extrato Seco quando utilizado o grupo 100% folhas, no tanto, apresentou aproximadamente 20% menor volume de água utilizada que o grupo com 80% de folhas.

Tabela 13: Volume de água para produzir 1 tonelada de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Volume (Kg) de água para produzir 1 tonelada de extrato seco
A	58784,000 a
B	61317,333 a
C	47866,667 b
Grupos	Volume (Kg) de água para produzir 1 tonelada de extrato seco
100% de folhas	31937,778 d
80% de folhas	38115,556 cd
60% de folhas	53360,000 bc
40% de folhas	61013,333 b
20% de folhas	95520,000 a
P(fornecedores) =0,0068 P(grupos) =0,0001 P(interação) = 0,6722	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de *Tukey* a 5% de significância.

Para a variável custo de produção para 1 Kg de extrato seco observa-se que os fornecedores B e C diferem entre si, independente da porcentagem de folhas

utilizada. Avaliando-se os grupos, independente do fornecedor (Tabela 14), pode-se notar que o custo para produzir 1 Kg de Extrato Seco para o grupo 100% folhas é 1,62% mais caro em comparação com o grupo 80% folhas, levando em consideração que o valor do Kg de matéria-prima 100% folhas é de R\$12,50 para os fornecedores A e B e R\$14,90 para o fornecedor C. Já o valor da matéria-prima 80% folhas é R\$9,90 para ambos fornecedores.

Tabela 14: Custo de produção para 1 Kg de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Custo (R\$) de produção para 1 Kg de extrato seco
A	139,28733 ab
B	144,81533 a
C	122,49200 b
Grupos	Custo (R\$) de produção para 1 Kg de extrato seco
100% de folhas	123,18778 b
80% de folhas	121,83333 b
60% de folhas	125,81556 b
40% de folhas	131,15778 b
20% de folhas	175,66333 a
P(fornecedores) =0,0232	
P(grupos) =0,0001	
P(interação) = 0,8397	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

De acordo com os resultados obtidos para o teor de cafeína em cada variável analisada separadamente observa-se que o fornecedor C apresentou maior teor em sua matéria-prima visto que o tempo de exposição das folhas e ramos até a primeira etapa do processo de beneficiamento é pequeno. O fornecedor informou que a distância entre o campo e a indústria é pequena, o que diminui a ação enzimática e oxidativa das folhas e ramos.

Para a variável média de teobromina notou-se que os fornecedores A, B e C não diferem entre si. Quando avaliam-se os grupos, independente do fornecedor (Tabela 15), ressaltamos que os melhores resultados foram encontrados quando utilizado 100 e 80% de folhas, no entanto, o grupo com 100% de folha apresenta aproximadamente 16% mais teobromina que o grupo com 80% de folhas.

Tabela 15: Valores médios de teobromina para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Média teobromina (%)
A	0,0821222 a
B	0,1023944 a
C	0,1131056 a
Grupos	Média teobromina (%)
100% de folhas	0,1942000 a
80% de folhas	0,1692222 a
60% de folhas	0,0845000 b
40% de folhas	0,0752778 b
20% de folhas	0,0443333 b
100% de ramos	0,0277111 b
P(fornecedores) =0,1267 P(grupos) =0,0001 P(interação) = 0,6347	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de *Tukey* a 5% de significância.

Para a variável volume de planta para produzir 1 Kg de Extrato Seco, pôde-se observar que os fornecedores A, B e C não se diferem entre si. Quando avaliados os grupos, independente do fornecedor (Tabela 16), observou-se que ao utilizar 100% folhas, consumiu-se um volume menor de matéria-prima para produzir 1 Kg de Extrato Seco, aproximadamente 23% menos em comparação com o de 80% de folhas.

Tabela 16: Volume de planta para produzir 1 Kg de Extrato Seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Volume (Kg) planta para produzir 1 Kg de Extrato Seco
A	104,67389 a
B	98,369444 a
C	84,153889 a
Grupos	Volume (Kg) planta para produzir 1 Kg de Extrato Seco
100% de folhas	26,568889 b
80% de folhas	32,655556 b
60% de folhas	57,016667 b
40% de folhas	64,553333 b
20% de folhas	109,16889 b
100% de ramos	284,43111 a
P(fornecedores) =0,7157 P(grupos) =0,0001 P(interação) = 1,0000	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de *Tukey* a 5% de significância.

Para a variável de rendimento por Kg de matéria-prima, notou-se que os fornecedores A, B e C não diferem entre si. Ao avaliar os grupos, independente do fornecedor (Tabela 17), observou-se que o melhor rendimento obtido foi para o grupo 100% folhas, pois apresentou aproximadamente 14% melhor rendimento que o grupo com 80% de folhas.

Tabela 17: Rendimento por Kg de matéria-prima para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Rendimento por Kg de matéria-prima
A	0,0227778 a
B	0,0272222 a
C	0,0272222 a
Grupos	Rendimento por Kg de matéria-prima
100% de folhas	0,0511111 a
80% de folhas	0,0444444 a
60% de folhas	0,0244444 b
40% de folhas	0,0211111 b
20% de folhas	0,0111111 b
100% de ramos	0,0066667 b
P(fornecedores) =0,3338 P(grupos) =0,0001 P(interação) = 0,8048	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a variável volume de água na produção de 1 Kg de extrato seco, continuou-se a observar que os fornecedores A, B e C não diferem entre si. Quando os grupos foram avaliados, independente do fornecedor (Tabela 18), notou-se que houve a utilização de um menor volume de água para produzir 1 Kg de Extrato Seco quando utilizado 100% folhas, no tanto, apresentou aproximadamente 23% menor volume de água utilizada que o grupo com 80% de folhas.

Tabela 18: Volume de água para produzir 1 Kg de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Volume (Kg) de água para produzir 1 Kg de extrato seco
A	837,39111 a
B	786,95556 a
C	673,23111 a
Grupos	Volume (Kg) de água para produzir 1 Kg de extrato seco
100% de folhas	212,55111 b
80% de folhas	261,24444 b
60% de folhas	456,13333 b
40% de folhas	516,42667 b
20% de folhas	873,35111 b
100% de ramos	2275,4489 a
P(fornecedores) =0,7157 P(grupos) =0,0001 P(interação) =1,0000	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a variável volume de água para produzir 1 tonelada de extrato seco, os fornecedores A, B e C não diferiram entre si. Quando a análise entre os grupos foram realizadas, independente do fornecedor (Tabela 19), o volume de água foi menor para produzir 1 tonelada de Extrato Seco quando utilizado o grupo 100%

folhas, no tanto, apresentou aproximadamente 23% menor volume de água utilizada que o grupo com 80% de folhas.

Tabela 19: Volume de água para produzir 1 tonelada de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Volume (Kg) de água para produzir 1 tonelada de extrato seco
A	837391,11 a
B	786955,56 a
C	673231,11 a
Grupos	Volume (Kg) de água para produzir 1 tonelada de extrato seco
100% de folhas	212551,11 b
80% de folhas	261244,44 b
60% de folhas	456133,33 b
40% de folhas	516426,67 b
20% de folhas	873351,11 b
100% de ramos	2275448,9 a
P(fornecedores) = 0,7157 P(grupo) = 0,0001 P(interação) = 1,0000	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a variável custo de produção para 1 Kg de extrato seco os fornecedores A, B e C não diferiram entre si. Ao avaliar os grupos, independente do fornecedor (Tabela 20), pôde-se observar que o custo para produzir 1 Kg de Extrato Seco com o grupo 100% folhas é 1,72% mais barato em comparação com o grupo 80% folhas, levando em consideração que o valor do Kg de matéria-prima 100% folhas é de R\$12,50 para os fornecedores A e B e R\$14,90 para o fornecedor C. Já valor da matéria-prima 80% folhas é R\$9,90 para ambos fornecedores.

Tabela 20: Custo de produção para 1 Kg de extrato seco para os fornecedores A B e C e diferentes grupos.

Fornecedores	Custo (R\$) de produção para 1 Kg de extrato seco
A	1583,9978 a
B	1455,3111 a
C	1289,5506 a
Grupos	Custo (R\$) de produção para 1 Kg de extrato seco
100% de folhas	656,97444 b
80% de folhas	668,29778 b
60% de folhas	858,49222 b
40% de folhas	902,44444 b
20% de folhas	1371,7378 b
100% de ramos	4199,7722 a
P(fornecedores) = 0,7384 P(grupo) = 0,0001 P(interação) = 1,0000	

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

6 Conclusão

Pode-se concluir que, independentemente do fornecedor é mais vantajoso, segundo qualquer quesito avaliado aqui (% de cafeína e de teobromina, custo de produção, quantidade de matéria-prima e consumos de água) se extrair matéria-prima constituída de 100% folhas.

Entre os fornecedores, podemos concluir que para o teor de cafeína o fornecedor C apresenta uma matéria-prima de melhor qualidade, já para o teor de teobromina os fornecedores A, B e C não se diferem na qualidade da matéria-prima fornecida, porém para ambos a matéria-prima terá maior rendimento no processo ao utilizar a porcentagem com maior proporção de folhas (100%), pois ao utilizar grupos com maior proporção de ramos o custo para produção é maior, a quantidade de matéria-prima utilizada é maior e o consumo de água também.

Para a variável de custo, onde é possível avaliar de maneira compilada o resultado das demais variáveis, podemos observar que ao comparar o grupo 100% folhas com o grupo 80% folhas (considerado padrão industrial), teremos um custo de 1,62% maior referente ao teor de cafeína. No entanto ao relacionar o custo com o volume de matéria-prima utilizada no processo industrial é possível concluir que para a empresa é viável economicamente investir em uma matéria-prima composta por 100% folhas e garantir um menor tempo de processo e menor volume de água, tornando o processo produtivo sustentável. Deste modo é possível afirmar que empregar o resíduo gerado durante a etapa de beneficiamento da erva-mate (tratamento térmico e secagem) como parte da matéria-prima do processo industrial não é financeiramente eficiente para o processo. Devido ao grande valor nutricional, energético e calorífico que este resíduo possui sugere-se estudos para aplicação em outras cadeias de produção.

7 Referências

- ANDRADE F. M. de Diagnóstico da Cadeia Produtiva da *Ilex paraguariensis* St. Hill, Erva-Mate. São Mateus do Sul: Fundo Brasileiro para a Biodiversidade/FUNBIO, 1999.
- ANESINI, C. Effect of caffeine on the secretion of peroxidase in rat submandibular gland: A study of its mechanism of action. **Archives of Oral Biology**, v.54, p. 179-184, 2009.
- BASTOS, D. H. M.; ISSHIMOTO, E.; MARQUES, M. O. M.; FERNANDO, F. A.; TORRES, E. A. F. S. Essential oil and antioxidant activity of green mate and mate tea (*Ilex paraguariensis*) infusions. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, N. 6-7, p.538-543, 2006b.
- CHANDRA, S.; DEMEJIA, E. G. Polyphenolic compounds, antioxidant capacity, and quinone reductase activity of an aqueous extracts of ardisia compressa in comparison to mate (*Ilex paraguariensis*) and green (*Camellia sinensis*) teas. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 3583-3590, 2004.
- CALIXTO, J. B. Biodiversidade como Fonte de Medicamentos. **Ciência e Cultura: Temas e tendências SBPC**, v. 55, p. 37-39, 2003.
- CARDUCCI, C. N.; DABAS, P. C.; MUSE, J. O. Determination of inorganic cations by capillary ion electrophoresis in *Ilex paraguariensis* (St. H.), a plant used to prepare tea in South America. **Journal of AOAC International**, v. 83, p.1167-1173, 2000.
- CLIMATE-DATA (comp). CLIMA CANOINHAS. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/canoinhas-43657/>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- CARELLI, G.; MACEDO, S.M.D.; VALDUGA, A.T.; CORAZZA, M.L.; OLIVEIRA, J.V.; FRANCESCHI, E.; VIDAL, R.; JASKULSKI, M.R. Avaliação preliminar da atividade antimicrobiana do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. - Hil.) obtido por extração com CO₂ supercrítico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, n.1, p.110-115, 2011.
- DANTAS, Adriana. Resíduos agroindustriais. Caxias do Sul: Video, 2014. Color. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/AdrianaDantas2/resduos-agroindustriais?next_slideshow=1>. Acesso em: 23 jun. 2019.
- DARTORA, N. **Avaliação dos polissacarídeos e metabolitos secundários das folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em diferentes estados fisiológicos e de processamento**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências – Bioquímica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- DANIEL, Omar. **Erva-mate Sistema de produção e processamento industrial**. Dourados: Editora UFGD, 2009. 288 f.

DA CROCE, D. M.; FLOSS, P. A. **Cultura da erva-mate no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 1999. 81p.

DA CROCE, D. M. **Cadeias produtivas de Santa Catarina: Erva-mate**. Florianópolis: Epagri, 2000. 41p

DONADUZZI, C. M.; COELHO, S. R. M. ; CARDOZO JR., E. L.; GALLO, A. G.; HUPPES, G. K.; KUHN, I. M. V.; SCHICHEL, C. Teores de cafeína, polifenóis totais e taninos em amostras de erva mate comercializadas na região de Toledo – Paraná. In: IIº CONGRESSO SUL-AMERICANO DE ERVA MATE. IIIº REUNIÃO TÉCNICA DE ERVA MATE. **Anais** [...]. Porto Alegre, RS, 2000,

DONADUZZI, C.M.; CARDOZO, J.R.E.L.; DONADUZZI EM, SILVA MM, STURION JA, CORREA G. Variação nos teores de polifenóis totais e taninos em dezesseis progênies de erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) cultivadas em três municípios do Paraná. **Arquivos Ciência da Saúde Unipar**. V. 7, n. 2, p. 129-133, 2003.

EFING, Luiza de Marillac Azevedo Cortés. **Compostos Bioativos do material resinoso, subproduto do processamento da erva-mate (*Ilexparaguariensis* a. st.- hil.)**. 2008. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ESMELINDRO, M.C.; TONIAZZO, G.; WACZUK, A.; DARIVA, C.; OLIVEIRA, D. Caracterização físico-química da erva-mate: Influência das etapas do processamento industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 2, p. 193-204, 2002.

FUNARI, C.S.; EUGSTER, P.J.; MARTEL, S.; CARRAPUT, P.A.; WOLFENDER, J.L.; SILVA, D.H.S. High resolution ultra high pressure liquid chromatography-time-of-flight mass spectrometry dereplication strategy for the metabolite profiling of Brazilian *Lippia* species. **Journal of Chromatography A**, v. 1259, p. 167–178, 2012.

GRIMBERG, E. A Política nacional de resíduos sólidos: a responsabilidade das empresas e a inclusão social. 2004. Disponível em: <<http://www.polis.org.br/uploads/1177/1177.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

GERHARDT, Marcos. **História ambiental da erva-mate**. 2013. 290 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em História, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013

GNOATTO, S. C. B.; SCHENKEL, E. P.; BASSANI, V. L. HPLC method to assay total saponins in *Ilex paraguariensis* aqueous extract. **Journal of the Brazilian Chemical Society**., v. 16, p. 723-726, 2005.

HECK, C. I.; DEMEJIA, E. G. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): A Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 9, p. 138-151, 2007.

IBGE. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/15f538e9095614fc3204f828b22fa714.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2019.

MACCARI JUNIOR, Agenor. **Análise do pré-processamento da erva-mate para chimarrão**. 2005. 215 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MENDES, Rose Maria de Oliveira. **Caracterização e avaliação da erva-mate (*Ilexparaguariensis* St. Hil.), beneficiada no estado de Santa Catarina**. 2005. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil) (Org.) Gestão de Resíduos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/a3p/eixos-tematicos/gestao-adequada-dos-residuos>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

MAZUCHOWSKI, J. Z. **Manual da erva-mate (*Ilexparaguariensis* St. Hill)**. 2. Ed. Curitiba, PR: EMATER, 1991. 104p

NOBRE, Nandressa Felipe. **Cromatografia líquida de ultra performance combinada com espectrometria de massas de alta resolução (uplc-hrms) para avaliação do perfil metabólico da erva-mate**. 2019. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

PRAT, D.; WELLS, A.; HAYLER, J.; SNEDDON, H.; MCELROY, C.R.; ABOUSHEHADA, S; DUNN, P.J. CHEM21 selection guide of classical- and less classical-solvents. **Green Chemistry**, v. 18, p. 288–296, 2016.

PAGANINI, Natacha de Lima. **Gestão de resíduos sólidos agroindustriais em uma empresa de extração vegetal**. 2017. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Biosistemas, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

PAGLIOSA, Cristiane Manfé. **Caracterização química do resíduo de ervais e folhas “in natura” de erva-mate (*Ilexparaguariensis* A. St. Hil.)**. 2009. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PEVIS – Produção da Extração Vegetal e Silvicultura, ISSN 0103-8435, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2018.

SIMÕES, Cláudia Maria Oliveira *et al.* **Farmacognosia do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed, 2017. 486 p.

SKOOG, Douglas A. *et al.* **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução Técnica Robson Mendes Matos. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

SOTÉRIO, Carolina. **Aplicação do resíduo da erva-mate do chimarrão como catalisador em reações orgânicas**. 2015. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Etec, Campinas, 2015.

SCHUBERT, A.; ZANIN, F. F.; PEREIRA, D. F.; ATHAYDE, M. L. Annual variations of methylxanthines in *Ilex paraguariensis* A. St. Hil (Mate) samples in Ijuí and Santa Maria, State of Rio Grande Do Sul. **Química Nova**, v. 29, p.1233-1236, 2006.

SANTOS, K.A.; FREITAS, R.J.S.; RUCKER, N.G.A.; SANTOS, M.A., RAPACCI, M. Determinação de cafeína por CLAE em erva-mate para chimarrão. Congresso Sul-Americano da Erva-Mate, 3., 16 a 19 de novembro de 2003. Chapecó (SC); **Anais...** Chapecó: EPAGRI, 2003. CD

TAKETA, A.T. Triterpenes and triterpenoidal glycosides from the fruits of *Ilex paraguariensis* (Mate). **Journal Brazilian Chemical Society**, v. 15, p. 205-211, 2004.

TENÓRIO SANZ, M. D.; TORIJA ISASA, M. E. Mineral elements in Mate herb (*Ilex paraguariensis* St. H.). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 41, p.441-454, 1991.

TURNER, S.; MANUELE, M. G.; DAVICINO, R.; FERRARO, G.; FILIP, R.; Utilização de resíduos industriais na dieta de bovinos leiteiros. Santa Maria: Especial Maia, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/2236117013046>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

VIDOR, M. A.; RUIZ, C. P.; MORENO, S. M.; FLOSS, P. A. Marcadores moleculares em estudos de caracterização de erva-mate (*Ilexparaguariensis* St.Hil): o sabor. **Ciência rural**, v. 32 n. 3, 2002. 8 p.

VIEIRA, M. A.; ROVARIS, A. A.; MARASCHIN, M.; SIMAS, K. N. ;PAGLIOSA, C. M.; PODESTÁ, R.; AMBONI, R. D. M. C.; PEDRO L. M.; BARRETO, P. L. B.; AMANTE, E. R. Chemical Characterization of Candy Made of Erva-Mate (*Ilexparaguariensis* A. St. Hil.) Residue. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 4637–4642, 2008.

Tabela A3. Custos e rendimentos obtidos através das análises de cálculos referentes ao teor de teobromina nos diversos grupos amostrais. Em a, custos referentes ao fornecedor A, em b referente ao fornecedor B e em c custos do fornecedor C.

a

TEOBROMINA	Tratamento	Teor teobromina	Qtdd. MP (Kg) Prod. 1 Kg ES	Rendimento por Kg MP	Volume de H2O (L) Prod. 1 Kg ES	Volume de H2O (L) Prod. 1 ton. ES	CUSTO Prod. 1Kg ES
A	100% folhas	0,0758	58,20	0,02	465,6	465600	R\$ 1.358,22
		0,1874	23,54	0,05	188,32	188320	R\$ 566,46
		0,2094	21,07	0,06	168,56	168560	R\$ 508,12
	80% folhas	0,0558	79,06	0,01	632,48	632480	R\$ 1.578,66
		0,1513	29,16	0,04	233,28	233280	R\$ 601,07
		0,2079	21,22	0,06	169,76	169760	R\$ 444,84
	60% folhas	0,0681	64,78	0,02	518,24	518240	R\$ 978,85
		0,0749	58,90	0,02	471,2	471200	R\$ 838,57
		0,0696	63,39	0,02	507,12	507120	R\$ 958,60
	40% folhas	0,0623	70,81	0,02	566,48	566480	R\$ 986,17
		0,0592	74,52	0,02	596,16	596160	R\$ 1.036,62
		0,0587	75,16	0,02	601,28	601280	R\$ 1.047,23
	20% folhas	0,0326	135,33	0,01	1082,64	1082640	R\$ 1.694,29
		0,0459	96,12	0,01	768,96	768960	R\$ 1.210,09
		0,0396	111,41	0,01	891,28	891280	R\$ 1.399,65
	100% palito	0,0103	428,33	0,00	3426,64	3426640	R\$ 6.309,85
		0,0583	75,67	0,02	605,36	605360	R\$ 1.138,10
		0,0111	397,46	0,00	3179,68	3179680	R\$ 5.856,57

b

TEOBROMINA	Tratamento	Teor teobromina	Qtdd. MP (Kg) Prod. 1 Kg ES	Rendimento por Kg MP	Volume de H2O (L) Prod. 1 Kg ES	Volume de H2O (L) Prod. 1 ton. ES	CUSTO Prod. 1Kg ES
B	100% folhas	0,2757	16,00	0,07	128	128000	R\$ 394,75
		0,1270	34,74	0,03	277,92	277920	R\$ 822,83
		0,2408	18,32	0,06	146,56	146560	R\$ 444,81
	80% folhas	0,2471	17,85	0,07	142,8	142800	R\$ 376,70
		0,1549	28,48	0,04	227,84	227840	R\$ 586,08
		0,2351	18,77	0,06	150,16	150160	R\$ 394,71
	60% folhas	0,0632	69,81	0,02	558,48	558480	R\$ 1.051,03
		0,0712	61,96	0,02	495,68	495680	R\$ 938,04
		0,0683	64,59	0,02	516,72	516720	R\$ 974,73
	40% folhas	0,0588	75,03	0,02	600,24	600240	R\$ 1.043,71
		0,0559	78,92	0,01	631,36	631360	R\$ 1.098,00
		0,0575	76,73	0,02	613,84	613840	R\$ 1.067,65
	20% folhas	0,0295	149,55	0,01	1196,4	1196400	R\$ 1.867,99
		0,0362	121,87	0,01	974,96	974960	R\$ 1.527,80
		0,0394	111,97	0,01	895,76	895760	R\$ 1.405,82
	100% palito	0,0115	383,63	0,00	3069,04	3069040	R\$ 5.655,04
		0,0590	74,78	0,02	598,24	598240	R\$ 1.124,88
		0,0120	367,65	0,00	2941,2	2941200	R\$ 5.421,03

C

TEOBROMINA	Tratamento	Teor teobromina	Qtdd. MP (Kg) Prod. 1 Kg ES	Rendimento por Kg MP	Volume de H2O (L) Prod. 1 Kg ES	Volume de H2O (L) Prod. 1 ton. ES	CUSTO Prod. 1Kg ES
C	100% folhas	0,1732	25,47	0,05	203,76	203760	R\$ 686,07
		0,2936	15,03	0,08	120,24	120240	R\$ 414,43
		0,1649	26,75	0,04	214	214000	R\$ 717,08
	80% folhas	0,1572	28,06	0,04	224,48	224480	R\$ 577,57
		0,0848	52,03	0,02	416,24	416240	R\$ 1.047,61
		0,2289	19,27	0,06	154,16	154160	R\$ 407,44
	60% folhas	0,0746	59,14	0,02	473,12	473120	R\$ 896,68
		0,0980	45,02	0,03	360,16	360160	R\$ 687,05
		0,1726	25,56	0,05	204,48	204480	R\$ 402,88
	40% folhas	0,0744	59,30	0,02	474,4	474400	R\$ 831,81
		0,1201	36,73	0,03	293,84	293840	R\$ 526,55
		0,1306	33,78	0,03	270,24	270240	R\$ 484,26
	20% folhas	0,0356	123,93	0,01	991,44	991440	R\$ 1.554,75
		0,0546	80,80	0,01	646,4	646400	R\$ 1.023,60
		0,0856	51,54	0,02	412,32	412320	R\$ 661,65
	100% palito	0,0109	404,75	0,00	3238	3238000	R\$ 5.964,75
		0,0640	68,93	0,02	551,44	551440	R\$ 1.037,89
		0,0123	358,68	0,00	2869,44	2869440	R\$ 5.289,84