



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO ENGENHARIA DE ALIMENTOS

JOSICLÉIA GABRIEL DA COSTA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL E FIXO DA AMÊNDOA DA CASTANHA DE
CAJU (*Anacardium occidentale L.*) E DO TEGUMENTO**

ORIENTADOR: PROF.º DR.º ANDRÉ LUIS LOPES MORIYAMA

NATAL
2019

JOSICLÉIA GABRIEL DA COSTA

EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL E FIXO DA AMÊNDOA DA CASTANHA DE
CAJU (*Anacardium occidentale L.*) E DO TEGUMENTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal do Rio Grande do Norte como
requisito para obtenção do título de Engenheira de
Alimentos.

Orientador: Prof.º Dr.º André Luis Lopes Moriyama

NATAL/RN
2019

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Costa, Josicleia Gabriel da.

Extração de óleo essencial e fixo da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) e do tegumento / Josicleia Gabriel da Costa. - 2019.

57 f.: il.

Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Alimentos. Natal, RN, 2019.

Orientador: Prof. Dr. André Luis Lopes Moriyama.

1. Castanha de caju - Extração de óleo essencial - Monografia. 2. Castanha de caju - Extração de óleo fixo - Monografia. 3. Tegumento de castanha de caju - Extração de óleo - Monografia. I. Moriyama, André Luis Lopes. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 634.573

RESUMO

O beneficiamento da castanha de caju é uma atividade que tem grande importância econômica e social na cadeia produtiva do caju. Na região Nordeste é responsável por mais de 300 mil empregos, distribuídos na atividade agrícola, industrial e serviços. Na manipulação, grande parte das amêndoas se quebram 40% no sistema mecanizado e 20% no manual, com isso o preço da castanha quebrada na balança comercial, é muito desvalorizado, pode-se extrair óleos das castanhas quebradas agregando valor a cadeia produtiva do caju. No processamento da amêndoa da castanha de caju, o tegumento ou película é resíduo gerado dessa matéria prima, é um subproduto visto como resíduo indesejável que não atende ao apelo ambiental, trazendo problemas para as zonas beneficiadoras da amêndoa. Diante da explanação, este trabalho teve como objetivo extrair o óleo fixo e essencial das amêndoas quebradas e trituradas provenientes da castanha de caju e do tegumento que a reveste, objetivando produção em escala industrial, bem como desenvolver o fluxograma do processo produtivo, o layout simplificado, demonstrar os balanços de massa e energia que compreendem o processo, fazer uma análise econômica dando ênfase ao custo unitário do produto final. A caracterização físico-química da amostra da farinha da amêndoa de castanha de caju (FCC) do peso integral, os resultados estão análogos com os obtidos por outros pesquisadores. Na cromatografia em camada delgada o cálculo de R_f das frações de óleos analisadas indicam que além do óleo concentrado, na linha ascendente há outros constituintes que não conseguiu ascender. Com base nos dados obtidos e estimados pode-se inferir que a extração de óleo essencial e óleo fixo da amêndoa da castanha de caju e do tegumento, é viável.

Palavras-chaves: extração, amêndoa da castanha de caju, tegumento, óleo essencial e óleo fixo.

ABSTRACT

The processing of cashew nuts is an activity that has great economic and social importance in the cashew production chain. In the Northeast region it is responsible for more than 300 thousand jobs, distributed in agricultural, industrial and service activities. In manipulation, most almonds break 40% in the mechanized system and 20% in the manual, so the price of broken nuts in the trade balance is greatly devalued, oils can be extracted from broken nuts adding value to the cashew production chain. In the processing of cashew nut kernels, the tegument or film is waste generated from this raw material, is a by-product seen as undesirable waste that does not meet the environmental appeal, bringing problems to the areas that benefit the kernel. In view of the explanation, this work had the objective of extracting the fixed and essential oil from the broken and crushed almonds from the cashew nut and from the integument that covers it, aiming at industrial scale production, as well as developing the flowchart of the production process, the simplified layout, demonstrating the mass and energy balances that comprise the process, making an economic analysis with emphasis on the unit cost of the final product. The physical-chemical characterization of the sample of cashew nut flour (FCC) of whole weight, the results are analogous to those obtained by other researchers. In thin-layer chromatography, the R_f calculation of the analyzed oil fractions indicates that in addition to the concentrated oil, in the ascending line there are other constituents that could not ascend. Based on the data obtained and estimated, it can be inferred that the extraction of essential oil and fixed oil from the cashew nut kernel and the integument is feasible.

Keywords: extraction, cashew nut kernel, integument, essential oil and fixed oil.

AGRADECIMENTOS

Este é um momento de nos oportunizar para agradecer pela atenção e desprendimento, que muitos solidariamente em sua vida me acolheu.

Ao Pai criador, que sob as pegadas na areia não me deixou desistir de lutar e as pessoas como anjo, que pôs no meu caminho a guiar.

Ao amigo, companheiro e amado esposo, Nilson Mota, que cada passo dado, ele estava ao meu lado, ensaiando para nossa longa jornada destemido da tempestade e de insolação, sempre fazendo versos para nossa comunhão.

A Família tão aguerrida e acolhedora, sustentáculo dos nossos anseios, saudades dos que partiram, esperança nos que alvoreceram.

Ao professor e amigo Carlson Pereira de Souza, quem primeiro acolheu-me e regou a semente dessa pesquisa, e ao professor André Luis, sempre amigo, que acreditou e contribuiu em todas as fases desse estudo, tornando o fardo possível de conduzir com alegria.

Não menos importante, a nossa professora Katherine Carrilho de Oliveira, co-orientadora, mas, antes de tudo, soberana da modéstia e do altruísmo, caminhando levemente na passada edificante de educadora em nossas vidas.

Aos que constituem o LTT, a mãe acolhedora que é professora Tereza Neuma por ter me acolhido no laboratório, Tyciane Janine Oliveira que conduziu a extração por hidrodestilação, a Daniel Nobre pelo seu desprendimento de estar sempre próximo auxiliando, ao professor Alcides que aliviava os dias árdusos com suas canções e por ter aberto as portas do laboratório para poder realizar os experimentos.

Em especial a professora Rosélia, com seu devotamento pelo ensino, teve muita paciência e carinho ao me transmitir que ao longo da vida o que aprendeu, numa caminhada tão grandiosa de sabedoria e dedicação, meu muito obrigada.

A professora Cristiane Fernandes do laboratório de Bromatologia – DARF e a José Maciel, sem eles, não teríamos realizado a composição centesimal.

A doutoranda Paula Fabiana Pinheiro, que se disponibilizou no laboratório NUPEG II, para realizar as extrações no Soxhlet.

A Usibras pelo incentivo a pesquisa.

Com muito carinho a professora Kátia Matsui, que neste período, sempre procurou ser um farol, guiando os que estão a navegar no mar do conhecimento.

Um obrigado, em especial a minha colega e amiga Thaís Veríssimo, que compartilhamos muitos frutos de sabor doce, azedo, amargo, saboroso, suculento... como ela fala: “tô de boa !!!!”.

Um muitíssimo obrigada ao corpo de profissionais do Núcleo de Alimentos da VISA/ Natal, por me proporcionar um estágio rico em aprendizagem e companheirismo saudades...

A todos os docentes pelos quais foram passados os conhecimentos, que hoje me apropriei do aprendizado para continuar pavimentando a estrada do aprender e fazer.

Aos amigos que conheci nesta graduação, aqueles que levou consigo um pouco da gente e aqueles que deixou um pouco deles em nós, agradeço a todos pela oportunidade única de aprender a conviver com as diferenças. Em especial a Soraya Xavier e Elaine Cristina (Lalinha) que se tornaram grandes companheiras nesta jornada de aprendizado.

A UFRN, através da Secretaria de Inclusão e Acessibilidade – SAI, que dá toda estrutura para que o discente termine a sua graduação, da assistência psicológica até a pedagógica, muito obrigada a todos que por lá passaram e ainda continuam incluindo.

Obrigada!

*.... Já podaram seus momentos / Desviaram seu destino
Seu sorriso de menino / Quantas vezes se escondeu
Mas renova-se a esperança/ Nova aurora a cada dia
E há que se cuidar do broto / Pra que a vida nos dê
Flor, flor e fruto...*

Compositores: Milton Silva Campos Do Nascimento /

Wagner Tiso Veiga

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Composição em ácidos graxos (%) do óleo TCC	17
Tabela 2:	Composição química proximal e valor de energia bruta da película da ACC.....	17
Tabela 3:	Resultados da caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju, 100 g	29
Tabela 4:	Resultados da caracterização físico-química do tegumento da castanha de caju - TCC, 100 g	29
Tabela 5:	Resultados da hidrodestilação da FCC	31
Tabela 6:	Resultados da hidrodestilação do TCC	32
Tabela 7:	Métodos de extração para a FCC	34
Tabela 8:	Métodos de extração para o TCC	34
Tabela 9:	Custo estimados ao consumo de energia elétrica	49
Tabela 10:	Custo com matéria prima	50
Tabela 11:	Custo de mão-de-obra diária	51
Tabela 12:	Custo unitário por produto	51
Tabela 13:	Preço corrente de óleos essenciais comercializados	52
Tabela 14:	Preço corrente de óleos fixos comercializados	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Indicadores da área plantada e colhida (ha) do caju.....	15
Figura 2:	Safra (ha) para produção da amêndoa da castanha de caju	16
Figura 3:	Fluxograma das extrações de óleos	20
Figura 4:	Castanha assada e quebrada	21
Figura 5:	Farinha de castanha – FCC	21
Figura 6:	Tegumento – TCC	21
Figura 7:	Extração por solvente	25
Figura 8:	Monitoramento de temperatura	25
Figura 9:	Hidrodestilação pelo aparelho de Clevenger	26
Figura 10:	Extração por destilação por arraste de vapor.....	27
Figura 11:	Destilação no rotaevaporador da fase óleo e emulsão	27
Figura 12:	Óleo essencial do TCC aderido à parede do Clevenger.....	33
Figura 13:	A = óleo	36
Figura 14:	B = óleo + emulsão	36
Figura 15:	Frações resultantes da hidrodestilação da FCC em CCD	36
Figura 16:	Derivados da castanha de caju	37
Figura 17:	Layout simplificado da minifábrica	38

LISTA DE ABREVIATURAS

ACC -	Amêndoa da castanha de caju
AE -	Álcool etílico
CCD -	Cromatografia em camada delgada
CG -	Cromatografia gasosa
FCC -	Farinha de castanha de caju
OE -	Óleo essencial
OF -	Óleo fixo ou vegetal
TCC -	Tegumento da castanha de caju
VCT -	Valor calórico total
R _f -	A razão de retenção (R)

SUMÁRIO

1	Introdução	13
2	Objetivos	14
2.1.	Objetivo geral	14
2.2.	Objetivos específicos	14
3	Revisão bibliográfica	15
3.1.	Amêndoa de castanha de caju	15
3.2.	Tegumento ou película	17
3.3.	Composição centesimal	18
3.4.	Extração de óleo fixo ou vegetal	18
3.5.	Extração de óleo essencial	19
3.6.	Cromatografia	20
4	Descrição do processo	20
4.1.	Amêndoa de castanha de caju	21
4.2.	Tegumento ou película	21
4.3.	Composição centesimal	22
4.4.	Processos de extrações	22
4.5.	Materiais e métodos	22
4.5.1.	Análise de composição centesimal	23
4.5.2.	Umidade	23
4.5.3.	Proteínas	23
4.5.4.	Lipídeos (extrato etéreo)	23
4.5.5.	Cinzas	24
4.5.6.	Fibra dietética	24
4.5.7.	Carboidratos	24
4.5.8.	Valor Calórico Total – VCT	24
4.6.	Extrações de óleos	25
4.6.1.	Soxhlet	25
4.6.2.	Hidrodestilação pelo aparelho de Clevenger	26
4.6.3.	Destilação por arraste de vapor	26
4.7.	Cromatografia	28
4.7.1.	Cromatografia em camada delgada	28

5	Resultados e discussão	29
5.1.	Análise de composição centesimal	29
5.2.	Soxhlet	30
5.3.	Hidrodestilação pelo aparelho de Clevenger	31
5.4.	Destilação por arraste de vapor	33
5.5.	Cromatografia em camada delgada.....	35
6	Layout simplificado	36
7	Balances	38
7.1.	Balço de massa para amostra no Soxhlet	38
7.2.	Balço de massa para amostra na hidrodestilação	40
7.3.	Balço de massa para amostra no arraste por vapor	43
7. 4.	Balço de energia para amostra na hidrodestilação	45
8	Análise econômica	48
8.1.	Custo com energia elétrica	48
8.2.	Custo com matéria prima	49
8.3.	Custo com mão-de-obra	50
9	Considerações finais	53
10	Referências	54

1. Introdução

O beneficiamento da castanha de caju é uma atividade que tem grande importância econômica e social na cadeia produtiva do caju. O nordeste brasileiro é responsável por 95% da produção nacional, tendo o Rio Grande do Norte 13% da safra nacional em 2018 como o 3º maior produtor, ficando atrás apenas do Piauí com 18% e do Ceará com 60% da produção (IBGE, 2018).

Só no Brasil, o beneficiamento da amêndoa da castanha de caju (ACC) oferece 20 mil empregos diretos nas cooperativas de trabalho que fazem parte da despeliculagem manual da amêndoa da castanha de caju. Segundo a EMPRABA (2003):

O Pólo Industrial de Beneficiamento da Castanha de Caju é formado por 11 fábricas de processamento mecanizado, geralmente de médio e grande porte, localizadas no Ceará, no Rio Grande do Norte e no Piauí, com capacidade anual de beneficiar 300 mil toneladas de castanha e 130 minifábricas com processo manual de corte, com capacidade anual de beneficiar 20 mil toneladas de castanha.

Na manipulação, grande parte das amêndoas se quebram, 40% no sistema mecanizado e 20% no manual, Serrano e Pessoa (2016). Com isso o preço da castanha quebrada na balança comercial, é muito desvalorizado, uma vez que o valor comercial está diretamente relacionado com a sua integridade física. Kross (2008) afirma, como as amêndoas quebradas não alcançam elevado preço no mercado por ser de classificação inferior (quebradas, brocadas, bandas ou batoques), deve-se procurar alternativas tecnológicas adequadas para elaboração de novos produtos.

No processamento da amêndoa da castanha de caju, o tegumento ou película é resíduo gerado dessa matéria prima. Essa película, geralmente é usada como ração animal ou como matéria de combustão para caldeira industrial. Para obter um produto mais rentável desse resíduo, tornando-o de alto valor mercantil, a extração de óleo essencial é uma opção viável. Irá agregar valor à cadeia produtiva do beneficiamento da castanha de caju, pois o óleo apresenta alto valor nutricional como boa fonte de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados. É uma opção na dieta da população, além de fortalecer a agricultura familiar, já que a manipulação da amêndoa se dá de forma manual ou semimecanizada no quintal de sítio de seus moradores ou cooperativa.

A extração do óleo a partir das amêndoas quebradas representa uma agregação de valor à cadeia do caju, pois o óleo, por apresentar qualidade sensorial diferenciada e alto valor nutricional,

pode ser vendido como produto final, com maior valor agregado. (LIMA et al, 2014).

Segundo a ANVISA óleos vegetais comestíveis são os produtos constituídos principalmente de glicérides de ácidos graxos de espécies vegetais. Podem conter pequenas quantidades de outros lipídeos como fosfolipídeos, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presente em óleo, e se apresentam na forma líquida à temperatura de 25 °C.

A amêndoa da castanha de caju move em torno de meio bilhão de dólares por ano (VENTURINI FILHO, 2005) tratando-se da amêndoa inteira. Porém há outros produtos que pode ser obtido da amêndoa como leite e óleos, que pode ser positivo para balança comercial gerando *superávit*. O óleo essencial, devido sua propriedade funcional, previne contra a esclerose múltipla, problemas epidérmicos e crescimento anormal. Essas doenças ocorrem devido a deficiência dos ácidos linoleico e linolênico no organismo humano, (GERMANO; GERMANO, 2015).

Pode-se extrair óleos das castanhas quebradas agregando valor a cadeia produtiva do caju (LIMA et al., 2016), por apresentar valor nutricional significativo através dos ácidos graxos essenciais e vitaminas lipossolúveis (OETTERER; REGITANO-D`ARCE; SPOTO, 2006) e este pode ser vendido caracterizado como óleo comestível extra virgem como o azeite de oliva, como produto final direto para mesa do consumidor.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo extrair o óleo fixo e essencial das amêndoas quebradas e trituradas provenientes da castanha de caju e do tegumento que a reveste.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar a castanha de caju e o tegumento que a envolve;
- Extrair óleo fixo e essencial pelos métodos da hidrodestilação pelo aparelho de Clevenger e pelo método de destilação por arraste a vapor;
- Determinar a composição centesimal da farinha da amêndoa da castanha de caju e do tegumento;
- Caracterizar os produtos das extrações;
- Determinar a composição de ácidos graxos presentes no óleo fixo por meio da cromatografia em camada delgada (CCD);

- Determinar a composição de ácidos graxos presentes no óleo essencial por meio da cromatografia gasosa (CG).

3. Revisão bibliográfica

3.1. Amêndoa de castanha de caju

O caju (*Anacardium occidentale L*), pertencente à família Anacardiaceae é uma frutífera originária da região Nordeste do Brasil. Utilizado de várias formas como sucos, néctar, cajuína, compostas e doces, polpa congelada (VENTURINI FILHO, 2005). O seu verdadeiro fruto é a castanha, que é constituída por três partes: a casca, o tegumento e amêndoa.

A amêndoa é a parte comestível, sofrendo uma forte influência socioeconômica na cadeia produtiva. Os indicadores do IBGE (2018) do levantamento sistemático da produção agrícola e estatística da produção da castanha de caju por área (ha) enumera para a produção do mês de setembro de 2019 que a safra correspondeu a 481.879 por hectare, com uma produção de 265 (kg/ha). As Figuras 1 e 2 indicam quantos hectares (ha) foram plantados e quantos foram colhidos e quanto da amêndoa da castanha de caju foi plantada e colhida (IBGE, 2019).

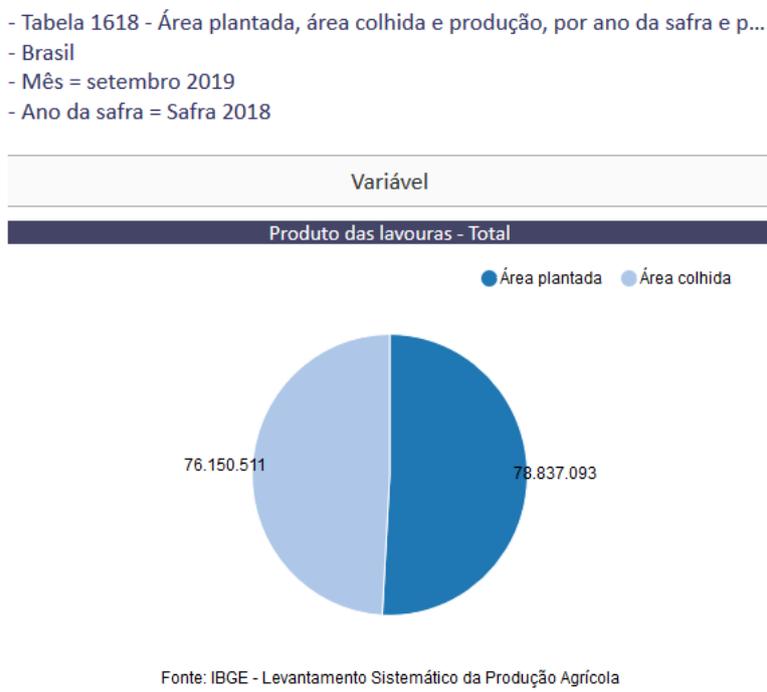


Figura 1: indicadores da área plantada e colhida (ha) do caju. Fonte: IBGE, 2019.

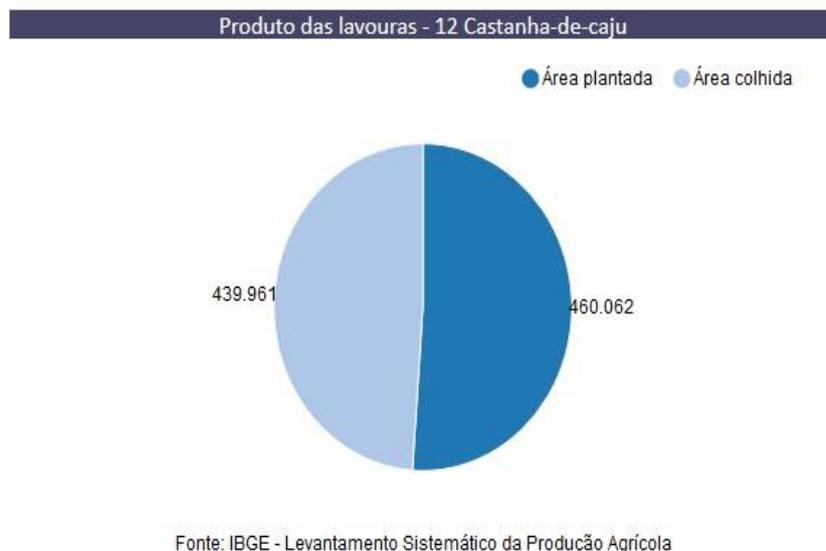


Figura 2: safra (ha) para produção da amêndoa da castanha de caju. Fonte: IBGE, 2019.

Na região Nordeste a cadeia produtiva do caju é responsável por mais de 300 mil empregos, distribuídos na atividade agrícola, industrial e serviços. O parque industrial é composto por 12 (doze) unidades processadoras, com capacidade de processar até 420 mil toneladas de amêndoa de castanha de caju (ACC). As divisas geradas já chegaram a representar US\$196 milhões para a região, (MAPA, 2017).

A amêndoa da castanha de caju apresenta versatilidade, tanto para o consumo ‘in natura’ que é o forte de vendas, quanto na forma de farinha. O uso da castanha quebrada é mais aproveitado na indústria de alimentos incorporando-as em sobremesas, doces como o chocolate, cremes, além da panificação (Kross, 2008).

De valor nutricional significativo, a castanha de caju apresenta em sua composição química: lipídeos, carboidratos, proteínas e ácidos graxos, além de fibras e cinzas, (LIMA; SOUSA, 2001). Os principais constituintes da castanha de caju são os lipídeos com uma faixa média de 45 %, seguido pelas proteínas com 27%. Dessa composição de lipídeos, boa parte são ácidos graxos.

A composição da amêndoa de castanha de caju apresenta como ácidos graxos predominantes: ácidos esteárico, linoleico e oleico com respectivamente, 8 %, 19 % e 62 % da sua composição. O principal ácido graxo monoinsaturado é o ácido oléico com uma faixa média de 62% de sua constituição, caracterizando-os como uma gordura saudável para o consumo humano, prevenindo contra algumas doenças, (LIMA, 2013). Na Tabela 1, tem-se a composição detalhada dos ácidos graxos presentes na farinha da castanha de caju (FCC).

Tabela 1: composição em ácidos graxos (%) do óleo FCC.

Componente	%
Ácido palmítico (C16:0)	7,9 – 9,7
Ácido palmitoleico (C16:1)	0,2 – 0,4
Ácido esteárico (C18: 0)	6,3 – 9,3
Ácido oleico (C18: 1)	57,7 – 67,1
Ácido linoleico (C18: 2)	17,6 – 21,9
Ácido linolênico (C18: 3)	0,1 – 0,9
Ácido araquídico (C20: 0)	0,4 – 2,1
Total de ácidos graxos insaturados	78,6 – 85,4
Total de ácidos graxos saturados	14,6 – 21,4

Fonte: LIMA, 2013.

3.2. Tegumento ou película

O tegumento ou película é uma fina camada que protege a amêndoa, representa cerca de 3 % do peso da castanha, é rica em tanino (PAIVA; GARRUTTI; SILVA NETO, 2000). O tegumento que reveste a amêndoa da castanha de caju contém na sua composição química traços de catequinas, alcaloides, taninos, além de pigmentos de cor alaranjada (LIMA, 2017).

O tegumento é um subproduto da amêndoa da castanha de caju, visto como resíduo indesejável que não atende ao apelo ambiental, trazendo problemas para as zonas beneficiadoras da amêndoa. Apesar de ter pesquisas indicando alternativas viáveis sobre suas aplicações, até hoje, ele é mais usado para combustão, como biomassa que alimenta as caldeiras das indústrias ou para alimentação de rebanhos (OLIVEIRA, 2016).

No entanto, observando a Tabela 2, referente a composição dos constituintes dessa película, podemos concluir ser um produto com valor significativo de lipídeo, proteína, fibra bruta, além de um percentual elevado de carboidrato, que tem mercado na industrial de alimentos.

Tabela 2: composição química proximal e valor de energia bruta do tegumento da ACC.

Componentes	Valores Médios %
Matéria Seca	93,96
Proteína Bruta	12,60
Fibra	11,93
Extrato Etéreo	13,90
Cálcio	0,11
Proteína	0,15
Energia Bruta (Kcal/Kg)	5365
Ácido Titânico	41,8

Fonte: Maia, *et al* (1981), IN: (LIMA, 2017).

3.3. Composição centesimal

De forma geral, a composição centesimal de um alimento descreve o valor nutritivo deste. Conceitua-se como nutrientes, as substâncias encontradas em alimentos e que possuem funções específicas no organismo, aquelas que proporcionam ao organismo os elementos plásticos, energéticos e reguladores para que, possa exibir todas as manifestações vitais, bem como, as necessárias à construção e reconstrução dos tecidos (EVANGELISTA, 2005).

A partir do conhecimento da composição centesimal, podemos verificar o valor nutricional do alimento em alguns grupos homogêneos considerados, assim como verificar, por cálculos, o valor calórico, a proporção em que aparecem, em 100 g de produto considerado e os grupos homogêneos de substâncias presentes no alimento. O objetivo da análise se resume em determinar os grupos homogêneos da composição da amêndoa da castanha de caju e do tegumento que a reveste. Por convenção, os grupos homogêneos de substâncias do alimento são os seguintes de acordo com a apostila de análise de alimentos do laboratório de Bromatologia, do Departamento de Farmácia (DFAR), listados e descritos abaixo:

- Umidade ou voláteis à 105 °C;
- Proteínas;
- Lipídeos ou extrato etéreo;
- Cinzas ou resíduo mineral fixo;
- Fibra dietética;
- Carboidrato ou NIFEXT, quando por diferença.

3.4. Extração de óleo fixo ou vegetal (OF)

Os lipídeos são um grupo extenso de compostos quimicamente diversos que são solúveis em solventes orgânicos. Os alimentos lipídicos também são classificados como apolares, exemplificando, os triacilglicerol e colesterol; e os polares que são triglicerídeos predominantes na sua maioria fosfolipídeos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; OETTERER, 2006).

Segundo GERMANO; GERMANO (2015), na extração de óleo o método recomendado é a extração por solvente, sendo o n-hexano o mais indicado pela solubilidade do óleo e por suas propriedades. Porém, esse solvente é inflamável, apresentando esta desvantagem para os manipuladores no processo e envolta da produção.

Os triacilgliceróis de plantas podem ser extraídos por prensagem a frio (oliva, castanha), extração por meio de solventes (soja, girassol) (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010) ou por combinação de ambos os métodos, por imersão e percolação, extração supercrítica com CO₂ e por extração aquosa (LIMA, 2017).

A extração aquosa de óleos é um processo em que a água é utilizada como meio para remoção do óleo, tanto em contato com a amostra como apenas fornecendo calor por meio de sua evaporação para fazer o arraste por vapor do óleo. Apresenta a vantagem de não necessitar de solventes orgânicos. No entanto, o processo aquoso apresenta a desvantagem de gerar efluente (fase líquida) que deve ser descartado (LIMA, 2016).

3.5. Extração de óleo essencial (OE)

Os óleos essenciais são geralmente uma mistura complexa de hidrocarbonetos, álcoois e composto carbonílicos, conhecidos também como óleos voláteis ou etéreos. Estando presente em todo tecido vivo de planta, geralmente concentrados na superfície da casca, nas flores, no rizoma e nas sementes como oleaginosas (ARAÚJO, 1995).

Podem-se obter os óleos essenciais a partir do tecido vegetal. O método de separação de misturas, chamado de destilação por arraste de vapor, é a forma como são obtidos os chamados óleos essenciais, o extrato bruto obtido é extraído diversas vezes com solventes orgânicos ou água, os quais são posteriormente removidos. A prensagem a frio é o método mais usado para a extração de óleos de frutos cítricos. O uso de dióxido de carbono supercrítico CO₂, é o método que sob pressão intensa de (200 atm) e temperatura mínima de 30 °C ou por hidrodestilação, a matéria-prima vegetal é completamente imersa em água, com controle de temperatura que não ultrapasse os 100 °C, para não ocorrer perda das essências. De acordo com (ARAÚJO, 1995):

Os solventes mais utilizados são o hexano, cloreto de metileno, etanol, água, óleos vegetais e CO₂ líquido. Os solventes são posteriormente removidos por destilação, e o extrato bruto contém, além de óleo essencial, lipídeos, ceras, pigmentos e outras substâncias extraídas.

3.6. Cromatografia

Entre os métodos modernos de análise, a cromatografia ocupa um lugar de destaque devido à facilidade com que efetua a separação, identificação e quantificação de espécies químicas.

Separações cromatográficas baseiam-se no fato que diferentes substâncias apresentam comportamento distinto entre duas fases. Uma das fases permanece estacionária, enquanto a outra se move através dela (fase móvel). Durante a passagem da fase móvel, os componentes da mistura são distribuídos de tal forma que cada um deles é seletivamente retido pela fase estacionária, o que resulta em migração diferencial desses componentes (COLLINS; BRAGA; BONATO, 2006).

Resumindo, em um sistema cromatográfico ocorre uma competição entre a fase fixa e a fase móvel pela mistura a ser separada (CECCHI, 2003).

4. Descrição do processo

O processo de extração de óleos consiste em várias etapas. Sendo, importante sobrepujar que, cada uma delas deve ser obedecida rigorosamente. Uma vez que, para obter óleos com grau de pureza aceitável do ponto de vista alimentício, conservação dos seus constituintes e qualidades organolépticas desejadas, é necessário conhecer bem os métodos e os equipamentos usados em extrações. Na Figura 3 encontra-se representado o fluxograma com as etapas do trabalho, as quais são descritas abaixo.

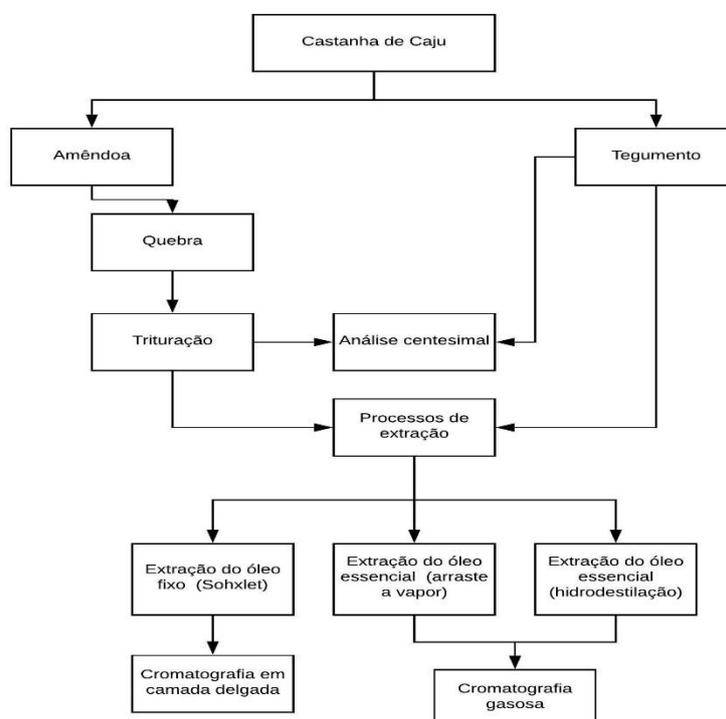


Figura 3: fluxograma das extrações de óleos. Fonte: Autora.

4.1. Amêndoa de castanha de caju (ACC)

A amêndoa da castanha de caju assada e quebrada, foi adquirida no comércio local, levada aos laboratórios do Campus Central, UFRN, e tinha o aspecto apresentado na Figura 4.



Figura 4: castanha assada e quebrada. Fonte: Autora.

Para preparação da amostra, as amêndoas quebradas foram trituradas em um liquidificador convencional em função de obter granulometria cominuída em ponto de farinha (Figura 5).



Figura 5: farinha de castanha - FCC. Fonte :Autora

4.2. Tegumento ou película

O tegumento da castanha de caju (TCC) foi adquirido por doação de uma empresa da cidade de Mossoró, que beneficia a castanha de caju, como pode ser observado na Figura 6.



Figura 6: tegumento – TCC. Fonte: Autora.

4.3. Composição centesimal

A análise da composição centesimal foi realizada no laboratório de Bromatologia da faculdade de Farmácia – UFRN, que consistiu no preparo das amostras da farinha da castanha de caju e do tegumento, para determinar o teor de umidade, proteínas, extrato etéreo, fibra, cinzas e carboidratos.

4.4. Processos de extrações

As extrações do óleo foram realizadas pelos métodos aquoso da hidrodestilação e do arraste por vapor. Também foi realizada extração por solvente, pelo método de Soxhlet a fim de se comparar com o rendimento obtido pelos outros métodos. Tanto a amostra da farinha da amêndoa da castanha de caju, quanto o tegumento, foram submetidas a esses métodos de extração.

4.5. Materiais e métodos

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia e Tensoativos – LTT - na unidade do Instituto de Química, no Laboratório de Bromatologia na unidade da Faculdade de Farmácia- DFAR e no Núcleo de Pesquisa e Ensino de Petróleo e Gás – NUPEG II - na unidade da Engenharia Química, todos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

Os experimentos foram realizados utilizando-se amêndoas de castanha de caju assadas e quebradas de forma tradicional, comercializadas em embalagens de plástico transparente que foram adquiridas no comércio local, no bairro do Alecrim, Natal/RN. Além das amêndoas foi utilizado também o tegumento ou película da castanha de caju, que foi doado pela Empresa Usibras beneficiadora de castanha de caju, localizada no bairro Bom Jardim, Mossoró/RN.

O procedimento da parte experimental consiste em quatro partes unitárias:

- 1) trituração das amêndoas de castanha de caju quebradas no liquidificador para ser transformada em farinha;
- 2) extração do óleo fixo da amêndoa pelo método da hidrodestilação pelo aparelho de Clevenger;
- 3) extração do óleo essencial da amêndoa por dois métodos distintos: hidrodestilação pelo aparelho de Clevenger e destilação por arraste de vapor;

4) realização das análises centesimal da amêndoa e do tegumento, realização das análises por cromatografia sobre camada delgada para o óleo fixo obtido da farinha de castanha de caju (FCC).

4.5.1. Análise de composição centesimal

Para realizar a composição centesimal de um alimento, se faz necessário primeiramente passar a amostra pelo processo de homogeneização, se for necessário adicionar água, anotando o peso da quantidade de água. Após essa etapa, pesar a quantidade necessária de amostra em placa de vidro ou porcelana para secar na estufa. A amostra seca será utilizada para determinação dos demais grupos homogêneos de constituintes do alimento (extrato etéreo, fibras, cinzas e proteínas) (DARF, 2015).

4.5.2. Umidade

A umidade em base úmida representa a quantidade de água presente em determinada quantidade do alimento. A determinação do teor de água é obtida pelo método gravimétrico em triplicata com emprego de calor até peso constante. São pesados 10 g da amostra previamente triturada e homogeneizada (amostra integral), e será levada para a estufa a 105 °C. Os resultados são expressos em percentagem de 100 g da amostra, considerando o valor médio da triplica (IAL, 2008).

4.5.3. Proteínas

As proteínas são quantificadas através da determinação do teor de nitrogênio total utilizando-se o método de Kjeldahl em triplicata. Para converter o resultado em proteína bruta é utilizado um fator de 6,25. Os resultados são expressos em porcentagem, em relação ao peso da amostra integral, considerando o valor médio da triplicata (IAL, 2008; CECCHI *et al.*, 2003).

4.5.4. Lipídeos (extrato etéreo)

O teor de lipídeos é determinado através da obtenção do extrato etéreo pelo método de Soxhlet. O procedimento é realizado em triplicata, utilizando-se amostras de 5 g do material dessecado em papel de filtro. Com o aquecimento e volatilização do éter etílico e posterior condensação e circulação através da amostra ocorrem o carregamento do material que nele se solubiliza. Esse processo será repetido até que não reste nenhum material a ser extraído. O éter é destilado e coletado em outro recipiente, o lipídeo que resta é pesado e os resultados expressos em porcentagem, para 100 g de amostra integral, considerando o valor médio da triplicata (IAL, 2008).

4.5.5. Cinzas

O processo fundamenta-se na perda de peso que ocorre quando o produto é incinerado a 500 - 550 °C, com destruição da matéria orgânica, sem apreciável decomposição dos constituintes do resíduo mineral ou perda por volatilização. As cinzas são obtidas em triplicatas por incineração de uma porção de 3 g da amostra, em mufla a 550 °C até peso constante. Os resultados são expressos em porcentagem de 100 g da amostra integral, considerando o valor médio da triplicata (IAL, 2008).

4.5.6. Fibra dietética

Nas fibras dietéticas, encontram-se as frações de celulose, lignina e hemicelulose insolúveis (CECCHI *et al.*, 2003). O método utilizado para determinar o teor de fibra é o método gravimétrico com ataque ácido/alcalino na amostra seca. O experimento é realizado em triplicata utilizando-se 1 g da amostra, simulando o que ocorre *in vivo*, restando apenas as fibras insolúveis. O teor de fibras na amostra é calculado e em seguida expresso em 100 g de amostra integral, considerando o valor médio da triplicata (IAL, 2008).

4.5.7. Carboidratos

Nas tabelas de composição de alimentos, a fração de carboidratos tem sido apresentada como carboidratos totais pela diferença (CECCHI *et al.*, 2003). O método utilizado foi o de determinação da fração NIFEXT, que se fundamenta em somar os números correspondentes ao percentual das cinco determinações anteriores (umidade, proteína, lipídio, cinzas e fibra dietética) e diminui-se o número obtido de 100. A diferença obtida expressa ao valor da fração NIFEXT para 100 g de produto (IAL, 2008).

4.5.8. Valor calórico total - VCT

O valor calórico total (VCT) é a quantidade de energia que o organismo recebe durante a assimilação completa do alimento (gordura, proteínas e carboidratos) no processo da digestão. O valor calórico calculado do alimento será a soma das calorias fornecidas por esses nutrientes (IAL, 2008).

4.6. Extração de óleos

4.6.1. Soxhlet

O método de Soxhlet fundamenta-se no fato de que o solvente orgânico, no caso desse experimento foi utilizado o éter etílico, atua diversas vezes sobre a amostra, a fim de retirar por solubilização, toda gordura. O resíduo obtido é constituído por todos os compostos que, nas condições da determinação, possam ser extraídos pelo solvente (IAL, 2008). Nesse método é removido o óleo fixo presente no material.

Uma amostra de, aproximadamente, 15 g do tegumento da castanha de caju foi adicionada em um cartucho de papel de filtro. Foram adicionados no balão de fundo redondo 200 mL de álcool etílico, Figura 7, mantidos sob recirculação e temperatura constante controlada eletronicamente com o auxílio de um termômetro digital portátil marca Instrutherm equipado com termopar do tipo K por 3 h (ver Figura 8).



Figura 7: extração por solvente. Fonte: Autora.



Figura 8: monitoramento de temperatura. Fonte: Autora.

4.6.2. Hidrodestilação pelo aparelho de Clevenger

A determinação quantitativa do teor de óleos essenciais em vegetais faz-se regularmente em laboratório, pela execução de um procedimento simples de hidrodestilação (arraste a vapor) do vegetal, utilizando-se aparelhos de vidro, como o aparelho de Clevenger (IAL, 2008) mostrado na Figura 9.



Figura 9: hidrodestilação pelo aparelho de Clevenger. Fonte: Autora.

Na hidrodestilação a amostra (farinha da amêndoa da castanha de caju e/ou tegumento) previamente pesada, aproximadamente 400 g, é imersa em água destilada (2500 mL) em um balão de fundo redondo de três bocas. O balão é aquecido por uma manta térmica. Após a água entrar em ebulição, o vapor arrasta o óleo, que passa por um condensador e, como o óleo é menos denso que a água, ocorre a separação que pode ser visualizada em uma escala volumétrica existente no aparelho. Ao final, os óleos essenciais são coletados e armazenados em frascos de vidros protegidos da luz com papel alumínio.

4.6.3. Destilação por arraste de vapor

O método de separação de misturas, chamado de destilação por arraste de vapor, é a forma como são obtidos os chamados óleos essenciais (essências). Na destilação por arraste a vapor, a água destilada é colocada em um balão de fundo redondo conectado a um tubo de vidro em formato de U. O tubo é envolvido com algodão e papel alumínio com a finalidade de promover o isolamento térmico. A extremidade deste tubo

é imersa em um segundo balão que contém a amostra (farinha da amêndoa da castanha de caju e/ou o tegumento). Nesse método, a amostra não entra em contato direto com a água que está em ebulição. O vapor percorre o material, arrastando somente o óleo essencial, que ao encontrar a superfície fria do condensador se liquefaz formando uma emulsão, a qual é coletada em um terceiro balão (Figura 10).



Figura 10: extração por destilação por arraste de vapor. Fonte: Autora.

Para fazer a separação da fase óleo e da emulsão, é usado o equipamento rotaevaporador que promove a separação de substâncias através da evaporação e condensação sob vácuo. O solvente utilizado para a separação do óleo e da emulsão é o metanol, que apresentou melhor solubilização, com temperatura de ebulição de 65 °C, no tempo de 30 minutos, de acordo com a Figura 11.



Figura 11: destilação no rotaevaporador da fase óleo e emulsão. Fonte: Autora.

4.7. Cromatografia

4.7.1. Cromatografia em camada delgada

A técnica analítica aplicada neste experimento é a cromatografia em camada delgada ascendente. Utilizando uma lâmina de vidro, cromatoplaca, com dimensões predefinidas, que é recoberta com sílica gel (fase fixa ou estacionária). Enquanto a fase móvel é a mistura de tetracloreto de carbono-acetato de etila a 10%.

Com auxílio de tubos capilares de vidro coloca-se uma gota de óleo fixo (A) e da mistura de óleo fixo e emulsão (B) sobre a superfície da placa cromatográfica. Cada uma das quais está localizada na cromatoplaca a 1,0 cm da borda lateral e a 1,0 cm da borda inferior. Após esta etapa, a placa cromatográfica é colocada em uma cuba contendo iodo, para que as substâncias sejam reveladas.

A cuba cromatográfica é fechada e a fase móvel sobe, por capilaridade, separando os componentes das amostras analisadas. Quando a fase móvel atinge a parte superior, é deixada para secar ao ar livre. Não se deve esquecer de marcar a distância percorrida pela fase móvel, que será usada no cálculo do R_f .

$$R_f = \frac{\text{distância percorrida pelo centro da zona do soluto}}{\text{distância percorrida pela frente do solvente}}$$

A razão de retenção (R), segundo Cecchi (2003), indica a fração de distância que as moléculas do soluto gastam na fase móvel em relação à fase estacionária. Mede-se a distância percorrida pelo soluto, desde o ponto de aplicação da gotícula até o centro da mancha, e a distância percorrida pela fase móvel, desde o ponto de partida até a linha de chegada.

5. Resultados e discussão

5.1. Análise de composição centesimal

A caracterização físico-química das amostras da farinha da amêndoa de castanha de caju (FCC) do peso integral se encontra na Tabela 3. Observa-se, que os resultados estão análogos com os obtidos por outros pesquisadores.

Tabela 3: resultados da caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju, 100 g.

FCC	Autora	PAIVA et al. (2000)	KROSS (2008)	LIMA (2013)
Umidade (%)	6,35	10	5,98 ± 0,21	2,1 – 8,4
Cinzas (%)	4,13	7,35	2,31 ± 0,06	2,7 – 4,2
Fibra (%)	17,55	1,2	-	-
Proteínas (%)	20,59	29,9	24,3 ± 0,3	17,5 -33,8
Lipídios (%)	35,72	47,0	47,31 ± 0,36	39,9 - 47,9
Carboidratos (NIFEXT) (%)	15,74	27,2	-	16,0 – 35,4

Fonte: Autora.

Após a extração do óleo da amêndoa e as análises concluídas, iniciamos os mesmos procedimentos para com a película (tegumento) que a reveste. Quanto as suas características físico-químicas do peso integral, obtivemos os resultados apresentados na Tabela 4, por 100 g.

Tabela 4: resultados da caracterização físico-química do tegumento da castanha de caju - TCC, 100 g.

TCC	Autora	OLIVEIRA (2016)
Umidade (%)	7,05	9,5
Cinzas (%)	1,72	2,02
Fibra (%)	14,89	10,3
Proteínas (%)	10,47	19
Lipídios (%)	15,82	20,1
Carboidratos (NIFEXT) (%)	50,03	-

Fonte: Autora

Observa-se que o teor de umidade no TCC e na FCC está quase linear na diferença 9,95 %, isto indica, que não há diferença tão distantes entre o teor de água da farinha e do tegumento. Ambas as análises foram feitas em mesmas condições de tempo e temperatura. O conteúdo de cinzas da farinha da castanha de caju está em nível 58,35 % mais elevado de que a película, isto quer dizer que a mais minerais na farinha que no tegumento. O teor de fibra da FCC é de 15 % mais alto que o TCC. A diferença entre o resultado do teor de extrato etéreo em relação ao peso integral da farinha é de 55,71 % a mais que no tegumento. A determinação do teor de proteína, na farinha foi bastante

significativa, chegando na casa 49,15 % a mais que na determinação do tegumento. Por outro lado, houve uma diferença de 68,54 % acima na determinação do teor de carboidratos para o tegumento em relação a farinha. Usando como referência LIMA (2013), comportamento semelhante nos teores destas determinações da amêndoa da castanha de caju, também, quando pesquisado, foi constatado, o valor nutricional da amêndoa de castanha de caju e seu processamento e embalagem.

5.2. Soxhlet

Uma amostra de 21,3657 g de farinha da castanha de caju foi adicionada em um cartucho de papel de filtro 1,0780g e 200 mL álcool etílico no Soxhlet, mantidos sob temperatura média de 60 °C por 3 horas. Em seguida a amostra foi levada para estufa para ser secada. O seu peso pós-secagem foi de 12,2735 g, tendo uma massa final de FCC de 11,1955 g e 10,1702 g de óleo, equivalendo a 47,6 % de óleo fixo.

O dado experimental obtido da extração do óleo fixo da farinha da amêndoa da castanha de caju foi de um rendimento de 47,6 % de lipídeos. Resultado semelhante está apresentado em (LIMA, 2018), que as amêndoas de castanhas de caju apresentam em torno de 46 % de lipídeos totais. Resultado aproximado é citado por (NOBRE, 2012) que obteve rendimento da extração por Soxhlet da amêndoa da castanha de caju com etanol de 57,6 % este foi o maior resultado que conseguiu com etanol.

A diferença de 21 % de óleo entre essas duas extrações do óleo que obtive e NOBRE, suponho que seja devido as amêndoas que utilizou: não foram assadas e trituradas, elas passaram pelo processo de secagem, amêndoa seca em estufa a 105 °C por 24 h, essa metodologia deve ter concentrado o óleo da amêndoa, que resultou nessa variação.

Com relação à amostra do TCC seu peso inicial foi de 14,9050 g adicionada em um cartucho de papel filtro de 1,1604 g submersa em 200 mL de álcool etílico no aparelho de Soxhlet, em uma manta aquecida por 3 horas. Após a extração, o cartucho foi levado para secar na estufa. O peso pós-secagem da amostra foi de 9,8299 g, obtendo uma massa final de 8,6695 g e 6,2355 g de óleo, equivalendo a 41,835 % de lipídeos.

O dado experimental da extração do óleo fixo do tegumento da amêndoa de caju obteve um rendimento de 41,835 % de lipídeos. Todavia, não foram encontrados dados na literatura para fazer análises comparativas com o óleo vegetal do tegumento da amêndoa da castanha de caju.

5.3. Hidrodestilação pelo aparelho de Clevenger

Nas Tabelas 5 e 6, encontram-se os resultados dos rendimentos de óleos fixo e essencial da farinha da amêndoa de castanha de caju e do tegumento. Foram feitas 3 extrações nas condições proporcionais de tempo, peso, potência da manta, volume e temperatura; todas submetidas a extração aquosa.

Tabela 5: resultados da hidrodestilação da FCC.

FCC	Peso (g)	Volume (mL) H ₂ O destilada	Tempo (h : min)	Óleo Fixo (%)	Óleo Essencial (%)
Amostra 1	715,8	1250	2:53	1,002	0,0118
Amostra 2	1274,6	1350	3:20	1,072	0,00037
Amostra 3	398,2	2500	4:00	3,1835	0,0241

Fonte: Autora.

Em relação ao rendimento podemos observa que, para extração do óleo fixo a amostra 1, 2 e 3 indica que a razão massa/volume/ água, foi de quanto maior o volume de água melhor o rendimento, o mesmo ocorrendo em relação ao tempo.

Referindo-se a razão massa/ volume / tempo, identificamos ao ajustar a amostra ao sistema que consistia de um balão volumétrico de 5000 mL, o peso da massa na amostra 3, representou melhor resultado de extração quando foi reduzida em relação as demais amostras.

Na amostra 1 da tabela 5, pesamos 715,8 g de farinha, obtendo 7,174 g de óleo fixo. Na amostra 2 tentando ajustar o experimento, o tempo de extração foi aumentado por mais meia hora; o volume para mais 100 mL e o peso a mais de 558,8 g FCC, obtendo 1,072 % de óleo, que é uma diferença para amostra 1 de 56,17 % m/m. Em face desse evento, atribuímos a um vazamento de vapor no sistema: quando a água e amostra entrou em ebulição. O fato ocorreu nas bocas do balão por não fazer a vedação com fita veda rosca nas tampas de vedações do sistema que são de silicones. Percebeu-se o vazamento, no entanto, uma vez começada a hidrodestilação não deveríamos interrompê-la, porque comprometeria na extração do óleo essencial por ser mais volátil.

Corrigindo o vazamento do gás, ajustando as variáveis, os resultados na amostra 3 foi mais expressivo, tanto para o óleo fixo como para o óleo essencial. O Instituto Adolfo Lutz (2008), em seu manual de Métodos físico-químicos para análise de alimentos, recomenda que é conveniente que a quantidade de amostra não exceda 1/3 do

volume do balão, preenchendo com água quente cerca da metade do volume deste. Aquecendo e mantendo em ebulição por no mínimo 4 horas.

Concluimos que o tamanho da amostra, o volume de água em razão do tempo influenciou diretamente nos resultados do rendimento tanto do óleo fixo, como do óleo essencial.

Observando a Tabela 6, verificamos que não conseguimos obter o óleo fixo do tegumento da amêndoa de castanha de caju (TCC) por este método, mas, obtivemos o óleo essencial.

Tabela 6: resultados da hidrodestilação do TCC.

TCC	Peso (g)	Volume (mL) H ₂ O destilada	Tempo (h: min)	Óleo Essencial (%)
Amostra 1	522,6	2500	5:06	0,0112
Amostra 2	522,7	2500	5:00	0,0191
Amostra 3	500	2250	4:30	0,44596

Fonte: Autora.

A diferença da amostra 1 do rendimento do óleo essencial para a amostra 2 está representada em 41,36 %. Atribuimos essa diferença na hora de separar o óleo da água, usando 2 mL de diclorometano para solubilizar o óleo que aderiu a parede do Clevenger, provocando uma perda, ver Figura 13. Além disso por ser um material muito sensível a luz e ao ambiente, parte deve ter volatilizado ao deixar o recipiente aberto que foi usado para armazenar o óleo, objetivando a evaporação residual do solvente. De modo geral os óleos essenciais, são instáveis a presença de luz, calor, umidade e oxigênio, (FERNANDES et al., 2013).

A separação do óleo da fase aquosa envolve várias operações unitárias que contribuem para propagação de um erro experimental nos valores dos rendimentos obtidos. Ao evaporar o diclorometano por ser facilmente volatilizado há o perigo de se perder parte dos componentes do óleo no processo.



Figura 12: óleo essencial do TCC aderido à parede do Clevenger. Fonte: Autora.

5.4. Destilação por arraste de vapor

A operação unitária para fazer o arraste de vapor, consistiu em preparar uma amostra de 650 g de farinha de castanha de caju, 2250 mL de água destilada, mantidos sob temperatura média de 85 ° C por 4 horas, depois de passar pelo processo de concentrar o óleo no rotaevaporador, obteve 2,0142 g de óleo essencial representando 0,3098 % de rendimento dentro do processo, não obtivemos o óleo fixo por este método.

Para a extração do tegumento, foi preparada uma amostra de 390,1 g, 2500 mL de água destilada, mantidos sob temperatura média de 82 ° C por cerca de 4 horas. Em seguida a emulsão formada por essa extração foi levada ao equipamento rotaevaporador para destilação, objetivando separar o óleo da emulsão, obtendo 2,4939 g de óleo essencial representando 0,6393 % de rendimento dentro do processo, não obtivemos o óleo fixo por este método.

Usado apenas como referência, o método por refluxo com solvente, o Soxhlet. Nesse método, o solvente escolhido para extração foi o etanol em relação ao hexano. É uma opção viável ao processo de extração do óleo de amêndoa de castanha de caju, que será destinado a alimentação, por ser um solvente orgânico, não ser tóxico e também obter um bom rendimento. A extração pelo Soxhlet apresentou melhor resultado em relação a outros métodos, ver Tabela 7.

Tabela 7: Métodos de extração para FCC.

Rendimento FCC					
Tipo de Extração	Massa Inicial (g)	Peso óleo fixo (g)	Rendimento óleo fixo (%)	Peso óleo Essencial (g)	Rendimento óleo essencial (%)
Soxhlet	21,3657	11,1955	47,6	-	-
Clevenger	398,2	12,6766	3,1835	0,0960	0,0241
Arraste a vapor	650	-	-	2,01042	0,3098

Fonte: Autora

Os métodos de destilação aquosa, não foram eficientes na obtenção do óleo fixo do tegumento que reveste a castanha de caju, ver tabela 8, mais, obteve um bom resultado tratando-se de óleo essencial.

Tabela 8: métodos de extração para o TCC.

Rendimento TCC					
Tipo de Extração	Massa Inicial (g)	Peso óleo fixo (g)	Rendimento óleo fixo (%)	Peso óleo Essencial (g)	Rendimento óleo essencial (%)
Soxhlet	14,9050	6,2355	41,835	-	-
Clevenger	500	-	-	2,2298	0,44596
Arraste a vapor	390,1	-	-	2,4939	0,6393

Fonte: Autora

Na extração feita por arraste de vapor apresentou melhor resultado em referência ao aparelho de Clevenger, 69,75 % de rendimento. As condições de extração foram similares em tempo, em temperatura e tamanho da amostra. A desvantagem desse método, é a emulsão que forma, que tem que ser destilada para obter o óleo puro, podendo ocorrer perdas devido a volatilização do óleo.

Por não ter encontrado na literatura dados que referenciasse o óleo essencial do TCC, fez-se o uso de dados com o óleo essencial de outras fontes para efeito de referência como o teor de óleo obtido de: sementes erva-doce, o teor variou de 1,0 a 3,0 % de seu peso; o rendimento para extração de óleo essencial, utilizando cascas de laranjas limpas e trituradas, o resultado médio encontrado, 2,62 % (v/p); para duas espécies de fruto do cerrado, COSTA obteve rendimento médio de 0,10% para espécie

Blepharocalyx salicifoliuse de 0,11 % para *Myracrodruon urundeuva*, a extração do óleo essencial foi feita pela técnica de arraste a vapor, a fase aquosa foi separada da fase orgânica por extração com acetato de etila. (ARAÚJO, 1995; Fernandes et al., 2011; COSTA, 2019).

Quando o método usado é o arraste de vapor, o produto extraído pode variar em quantidade, qualidade e composição, de acordo com o clima, solo, órgão da planta, idade e estágio do ciclo vegetativo. O rendimento também varia de acordo com a espécie do vegetal ficando entre 0,3 % a 1,6 % (KOKETSU; GONÇALVES, 1991).

O estudo feito por (OLIVEIRA, 2011) comparando a eficiência de extração do óleo essencial de *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, pelas técnicas convencionais de hidrodestilação, Soxhlet e infusão, a água apresentou baixa eficiência na hidrodestilação (0,1 %), enquanto na infusão obteve-se o melhor resultado (32,2 %). O hexano (4,7 %) e o etanol (4,0 %) foram considerados adequados, pois apresentaram boa eficiência, tanto em 4 h quanto em 6 h.

5.5. Cromatografia em camada delgada (CCD)

A cromatografia em camada delgada (CCD) pode ser aplicada como um método quantitativo de análise, diretamente sobre a camada da superfície sólida em que encontra a sílica gel, material adsorvente. A separação dos compostos é rápida e a identificação é visual na hora da revelação da placa cromatográfica. Nesse estudo foi usado o método da densitometria na CCD, que consiste em determinar a área e a intensidade da mancha, (COLLINS; BRAGA; BONATO, 2006).

As duas frações obtidas por hidrodestilação estão representadas nas Figuras 13 e 14. A amostra A é a que apresentou a fase líquida (óleo) mostrada na Figura 14. Enquanto a amostra B era constituída por duas fases: óleo e emulsão, conforme podemos ver na Figura 15.



Figura 13: A = óleo. Fonte: Autora.



Figura 14: B = óleo + emulsão. Fonte: Autora.

Podemos visualizar através da Figura 16, o resultado obtido da CCD e através do cálculo do R_{fA} e foi feita a análise quantitativa das duas frações.

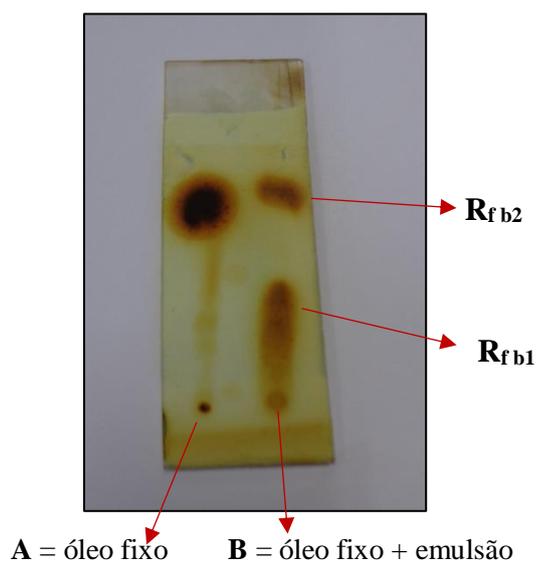


Figura 15: frações resultantes da hidrodestilação da FCC em CCD. Fonte: Autora.

O R_{fA} obtido para fração A foi de 0,8, significa dizer que na parte superior o óleo fixo ascendeu e está bem concentrado. Os resultados para R_{fb1} foi de 0,35 e o R_{fb2} , foi de 0,8, quer dizer que, além do óleo concentrado, na linha ascendente há outros constituintes que não conseguiu ascender.

6. Layout simplificado

No processamento da amêndoa da castanha de caju, obtemos seus derivados, tais como:

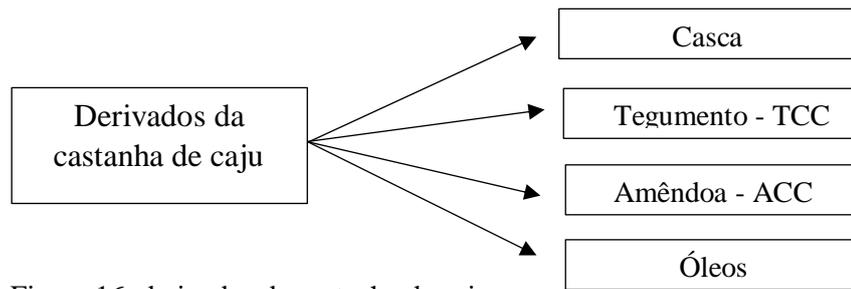


Figura 16: derivados da castanha de caju

O projeto para a implantação de um módulo, que representa uma minifábrica, pode ser observado a disposição proposta para as máquinas e equipamentos (ver Figura 17). Sendo necessário se ter uma noção básica das dimensões de cada compartimento da minifábrica e priorizar algumas considerações na escolha do local de onde serão instalados equipamentos e maquinários para extração de óleo fixo e óleo essencial da amêndoa de castanha de caju e do tegumento, tais como:

1. moedor para triturar a amêndoa da castanha de caju e transformá-la em farinha;
2. extrator industrial com solvente sem recirculação;
3. extrator industrial por arraste de vapor;
4. extrator industrial por hidrodestilação;
5. destilador para recuperação do solvente;
6. unidade reformuladora;
7. unidade embaladora; e
8. unidade armazenadora.

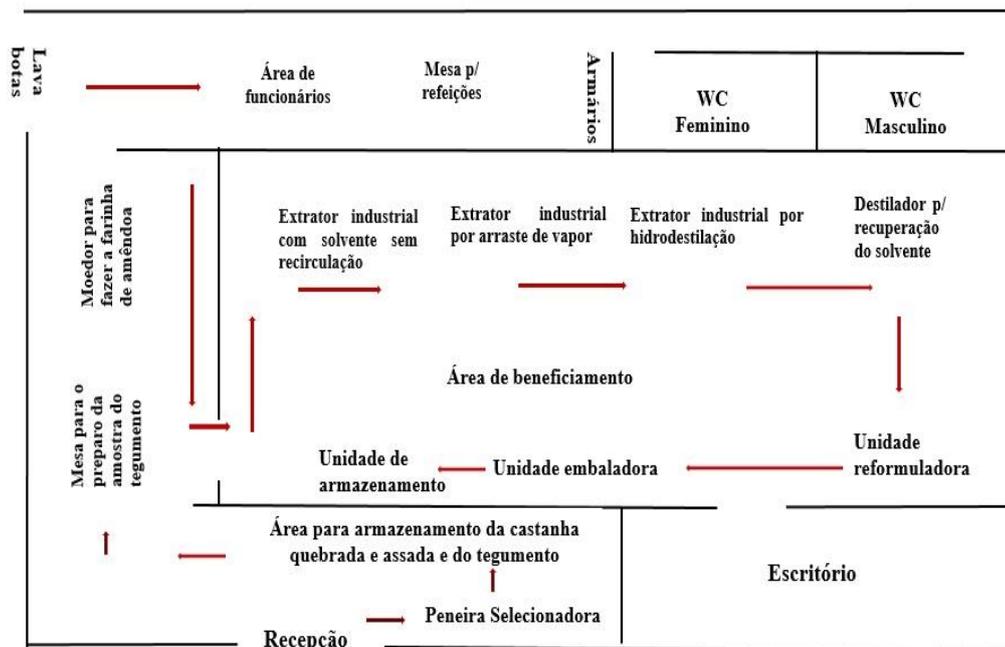


Figura 17- layout simplificado da minifábrica. Fonte: Autora.

A disposição de equipamentos e maquinários na área de beneficiamento, segue um fluxo ordenado, onde todos equipamentos de extração estão distribuídos linearmente até chegar a unidade reformuladora, que fará o refino do óleo, se houver necessidade, na sequência o óleo vai direto para o envase e armazenagem.

7. Balanços

7.1. Balanço de massa para amostra no Soxhlet

No balanço global foi considerado que a quantidade que queremos obter do produto da farinha da castanha do caju, são 6 kg de óleo em bateladas de 3 extrações.

- FCC \longrightarrow Soxhlet \longrightarrow OF
- A E

Considerando, que não houve perdas no sistema e que deseja obter 6 kg por dia de óleo fixo, e cada extração vai corresponder a 2 kg. Então:

$$\Sigma \text{ entra} = \Sigma \text{ sai}$$

$$\text{FCC} + \text{AE} = \text{OF}$$

$$\text{FCC} + \text{AE} = 6 \text{ kg}$$

Onde:

FCC – Farinha de castanha de caju;

AE – Álcool etílico;

OF – Óleo Fixo.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ extração} &\implies 3 \text{ horas} \\
 1 \text{ dia} &\implies 9 \text{ horas de trabalho} \\
 X &= 3 \text{ extrações / dia} \\
 &= 2 \text{ kg por extração de óleo}
 \end{aligned}$$

$$x = \frac{2 \text{ kg de óleo}}{x \text{ kg de amostra}} = 0,476 \text{ do rendimento}$$

$$m_{\text{amostra}} = 4,202 \text{ kg/ extração} \implies 12,6 \text{ kg de amostra / extração}$$

No balanço de massa por componente, consideramos que todo o óleo fixo foi extraído da farinha, então obtemos:

$$m_{\text{fcci}} = m_{\text{óleo}} + m_{\text{fcc, seca}}$$

$$X_{\text{óleo}} * m_{\text{fcci}} = m_{\text{óleo}}$$

$$0,476 * m_{\text{fcci}} = 2 \text{ kg}$$

$$m_{\text{fcci}} = 4,202 \text{ kg}$$

Retomando o balanço global, temos:

$$\text{FCC} + \text{AE} = 6 \text{ kg}$$

$$12,6 + \text{AE} = 6 \text{ kg}$$

$$\text{AE} = 6,6 \text{ kg} \quad \textbf{(Equação 1)}$$

O mesmo procedimento foi aplicado ao tegumento que envolve a amêndoa da castanha.

$$\begin{aligned}
 &\bullet \text{ TCC} \quad \implies \text{ Soxhlet} \quad \implies \text{ OF} \\
 &\bullet \text{ AE}
 \end{aligned}$$

Considerando, que não houve perdas no sistema e que deseja obter 6 kg por dia de óleo fixo:

$$\Sigma \text{ entra} = \Sigma \text{ sai}$$

$$\text{TCC} + \text{AE} = \text{OF}$$

$$\text{TCC} + \text{AE} = 6 \text{ kg}$$

Onde:

TCC – Tegumento de castanha de caju;

AE – Álcool etílico;

OF – Óleo Fixo.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ extração} &\implies 3 \text{ horas} \\
 1 \text{ dia} &\implies 9 \text{ horas de trabalho} \\
 X &= 3 \text{ extrações / dia} \\
 &= 2 \text{ kg por extração de óleo}
 \end{aligned}$$

$$x = \frac{2 \text{ kg de óleo}}{x \text{ kg de amostra}} = 0,41835 \text{ do rendimento}$$

$$m_{\text{amostra}} = 4,781 \text{ kg/ extração} \implies 14,3 \text{ kg de amostra / extração}$$

No balanço de massa por componente, consideramos que todo o óleo fixo foi extraído do tegumento, então obtemos:

$$m_{\text{tcci}} = m_{\text{óleo}} + m_{\text{tcc, seca}}$$

$$X_{\text{óleo}} * m_{\text{tcci}} = m_{\text{óleo}}$$

$$0,41835 * m_{\text{tcci}} = 2 \text{ kg}$$

$$m_{\text{tcci}} = 4,781 \text{ kg}$$

Retomando o balanço global, temos:

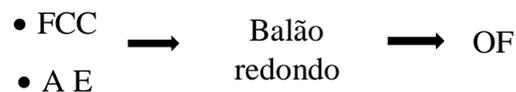
$$\text{TCC} + \text{AE} = 6 \text{ kg}$$

$$14,3 + \text{AE} = 6 \text{ kg}$$

$$\text{AE} = 8,3 \text{ kg} \quad (\text{Equação 2})$$

7.2. Balanço de massa para amostra na hidrodestilação

No balanço global foi considerado que a quantidade que queremos obter do produto da farinha da castanha do caju, são 6 kg de óleo fixo e 6 kg de óleo essencial em bateladas de 3 extrações para cada tipo de óleo obtido.



Considerando, que não houve perdas no sistema e que deseja obter 6 kg por dia de óleo fixo, e cada extração vai corresponder a 2 kg. Então:

$$\Sigma \text{ entra} = \Sigma \text{ sai}$$

$$\text{FCC} + \text{A} = \text{OF}$$

$$\text{FCC} + \text{A} = 6 \text{ kg}$$

Onde:

FCC – Farinha de castanha de caju;

A – Água;

OF – Óleo Fixo.

$$1 \text{ extração} \implies 3 \text{ horas}$$

$$1 \text{ dia} \implies 9 \text{ horas de trabalho}$$

$$X = 3 \text{ extrações / dia}$$

$$= 2 \text{ kg por extração de óleo}$$

$$x = \frac{2 \text{ kg de óleo}}{x \text{ kg de amostra}} = 3,1835 \text{ do rendimento}$$

$$m_{\text{amostra}} = 6,367 \text{ kg/ extração} \implies 19,1 \text{ kg de amostra / extração}$$

No balanço de massa por componente, consideramos que todo o óleo fixo foi extraído da farinha, então obtemos:

$$m_{\text{fcci}} = m_{\text{óleo}} + m_{\text{fcc, seca}}$$

$$X_{\text{óleo}} * m_{\text{fcci}} = m_{\text{óleo}}$$

$$3,1835 * m_{\text{fcci}} = 2 \text{ kg}$$

$$m_{\text{fcci}} = 6,367 \text{ kg}$$

Retomando o balanço global, temos:

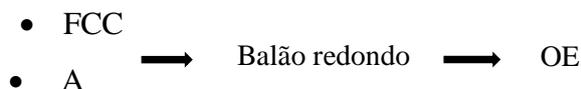
$$\text{FCC} + \text{AE} = 6 \text{ kg}$$

$$19,1 + \text{AE} = 6 \text{ kg}$$

$$\text{AE} = 13,1 \text{ kg}$$

(Equação 3)

Aplicamos a mesma metodologia para o balanço de massa no óleo essencial (OE).



Considerando, que não houve perdas no sistema e que deseja obter 6 kg por dia de óleo essencial:

$$\Sigma \text{ entra} = \Sigma \text{ sai}$$

$$\text{FCC} + \text{A} = \text{OE}$$

$$\text{FCC} + \text{A} = 6 \text{ kg}$$

Onde:

FCC – Farinha de castanha de caju;

A – Água;

OE – Óleo essencial.

$$1 \text{ extração} \implies 3 \text{ horas}$$

$$1 \text{ dia} \implies 9 \text{ horas de trabalho}$$

$$X = 3 \text{ extrações / dia}$$

$$= 2 \text{ kg por extração de óleo}$$

$$x = \frac{2 \text{ kg de óleo}}{x \text{ kg de amostra}} = 0,0241 \text{ do rendimento}$$

$$m_{\text{amostra}} = 0,0482 \text{ kg/ extração} \implies 0,1446 \text{ kg de amostra / extração}$$

No balanço de massa por componente, consideramos que todo o óleo essencial foi extraído da farinha, então obtemos:

$$m_{fcci} = m_{\text{óleo}} + m_{fcc, \text{seca}}$$

$$X_{\text{óleo}} * m_{fcci} = m_{\text{óleo}}$$

$$0,0241 * m_{fcci} = 2 \text{ kg}$$

$$m_{fcci} = 0,0482 \text{ kg}$$

Retomando o balanço global, temos:

$$FCC + A = 6 \text{ kg}$$

$$0,1446 + A = 6 \text{ kg}$$

$$A = 5,8554 \text{ kg} \quad \text{(Equação 4)}$$

Para o tegumento na extração por hidrodestilação temos:

- TCC \longrightarrow Balão redondo \longrightarrow OE
- A

Considerando, que não houve perdas no sistema e que deseja obter 6 kg por dia de óleo essencial:

$$\Sigma \text{entra} = \Sigma \text{sai}$$

$$TCC + A = OE$$

$$TCC + A = 6 \text{ kg}$$

Onde:

TCC – Tegumento de castanha de caju;

A – Água;

OE – Óleo essencial.

$$1 \text{ extração} \iff 3 \text{ horas}$$

$$1 \text{ dia} \iff 9 \text{ horas de trabalho}$$

$$X = 3 \text{ extrações / dia}$$

$$= 2 \text{ kg por extração de óleo}$$

$$x = \frac{2 \text{ kg de óleo}}{x \text{ kg de amostra}} = 0,44596 \text{ do rendimento}$$

$$m_{\text{amostra}} = 0,89192 \text{ kg/ extração} \iff 2,67576 \text{ kg de amostra / extração}$$

No balanço de massa por componente, consideramos que todo o óleo essencial foi extraído do tegumento, então obtemos:

$$m_{tcci} = m_{\text{óleo}} + m_{tcc, \text{seca}}$$

$$X_{\text{óleo}} * m_{tcci} = m_{\text{óleo}}$$

$$0,44596 * m_{tcci} = 2 \text{ kg}$$

$$m_{tcci} = 0,89192 \text{ kg}$$

Retomando o balanço global, temos:

$$TCC + A = 6 \text{ kg}$$

$$2,67576 + A = 6 \text{ kg}$$

$$A = 3,32424 \text{ kg} \quad \text{(Equação 5)}$$

7.3. Balanço de massa para amostra no arraste por vapor

Para execução do balanço de massa por arraste por vapor, seguimos os mesmos passos da metodologia da hidrodestilação.

- FCC \longrightarrow Balão redondo \longrightarrow OE
- A

Considerando, que não houve perdas no sistema e que deseja obter 6 kg por dia de óleo essencial:

$$\Sigma \text{ entra} = \Sigma \text{ sai}$$

$$FCC + A = OE$$

$$FCC + A = 6 \text{ kg}$$

Onde:

FCC – Farinha de castanha de caju;

A – Água;

OE – Óleo essencial.

$$1 \text{ extração} \iff 3 \text{ horas}$$

$$1 \text{ dia} \iff 9 \text{ horas de trabalho}$$

$$X = 3 \text{ extrações / dia}$$

$$= 2 \text{ kg por extração de óleo}$$

$$x = \frac{2 \text{ kg de óleo}}{x \text{ kg de amostra}} = 0,3098 \text{ do rendimento}$$

$$m_{\text{amostra}} = 0,6196 \text{ kg/ extração} \iff 1,8588 \text{ kg de amostra / extração}$$

No balanço de massa por componente, consideramos que todo o óleo essencial foi extraído da farinha, então obtemos:

$$m_{fcci} = m_{\text{óleo}} + m_{fcc, \text{ seca}}$$

$$X_{\text{óleo}} * m_{fcci} = m_{\text{óleo}}$$

$$0,3098 * m_{fcci} = 2 \text{ kg}$$

$$m_{fcci} = 0,6196 \text{ kg}$$

Retomando o balanço global, temos:

$$FCC + A = 6 \text{ kg}$$

$$1,8588 + A = 6 \text{ kg}$$

$$A = 4,1412 \text{ kg} \quad \text{(Equação 6)}$$

Para o tegumento por arraste a vapor prosseguimos com o balanço de massa.

- TCC \longrightarrow Balão redondo \longrightarrow OE
- A

Considerando, que não houve perdas no sistema e que deseja obter 6 kg por dia de óleo essencial:

$$\Sigma \text{ entra} = \Sigma \text{ sai}$$

$$TCC + A = OE$$

$$TCC + A = 6 \text{ kg}$$

Onde:

TCC – Tegumento de castanha de caju;

A – Água;

OE – Óleo essencial.

$$1 \text{ extração} \iff 3 \text{ horas}$$

$$1 \text{ dia} \iff 9 \text{ horas de trabalho}$$

$$X = 3 \text{ extrações / dia}$$

$$= 2 \text{ kg por extração de óleo}$$

$$x = \frac{2 \text{ kg de óleo}}{x \text{ Kg de amostra}} = 0,6393 \text{ do rendimento}$$

$$m_{\text{amostra}} = 1,2786 \text{ kg / extração} \iff 3,8358 \text{ kg de amostra / extração}$$

No balanço de massa por componente, consideramos que todo o óleo essencial foi extraído do tegumento, então obtemos:

$$m_{tcci} = m_{\text{óleo}} + m_{tcc, \text{ seca}}$$

$$X_{\text{óleo}} * m_{tcci} = m_{\text{óleo}}$$

$$0,6393 * m_{tcci} = 2 \text{ kg}$$

$$m_{tcci} = 1,2786 \text{ kg}$$

Retomando o balanço global, temos:

$$TCC + A = 6 \text{ kg}$$

$$3,8358 + A = 6 \text{ kg}$$

$$A = 2,1642 \text{ kg} \quad \text{(Equação 7)}$$

7. 4. Balanço de energia para amostra na hidrodestilação

O calor é o fluxo de energia entre dois objetos, a energia de um mais morno é transferida para um mais frio, (BROWN; HOLME, 2004).

Em um balanço de energia, “a quantidade de calor entrando em um processo é igual a energia total saindo com os produtos e resíduos, mais energia armazenada e as perdas de energia para o ambiente”, em outras palavras para o mecanismo de transferência de calor podemos simplificar citando que a quantidade de calor entrando em um material é igual à quantidade de calor saindo, e não há mudança de temperatura no material. Observando a primeira lei da termodinâmica que trata da conservação de energia, é o que norteou aplicação nos balanços neste estudo, (FELLOWS, 2006; MEIRELES; PEREIRA, 2013). Para o balanço de energia, usaremos as três amostras da farinha de castanha de caju, e as três amostras do tegumento usadas na hidrodestilação, partindo da equação:

$$Q = \dot{m}_{H_2O} * \lambda_{vap} \quad \text{(equação 8)}$$

Onde:

Q = taxa específica de transferência de calor (kW)

\dot{m}_{H_2O} = fluxo de massa de água (kg/s)

λ_{vap} = entalpia de vaporização (kJ / kg)

- **Amostra 1 FCC:**

Dados:

$$R\$ = 0,65 \text{ kWh}$$

$$\lambda_{vap} = 2257 \text{ kJ/kg}$$

$$1250 \text{ mL H}_2\text{O} = 1250 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\text{Tempo: } 2 \text{ h} : 53 \text{ min} = 10386 \text{ s}$$

$$173 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 10386 \text{ s}$$

$$\dot{m}_{H_2O} = \frac{1250 \text{ g}}{10380 \text{ s}} = 0,12 \frac{\text{g}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1,2 * 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q = 1,2 * 10^{-4} * 2257 = 0,271 \text{ kW/extração}$$

$$\text{Para 3 extrações/dia (h)} = 2,439 \text{ kW} * \text{R\$ } 0,65 / \text{kWh} = \text{R\$ } 1,58 / \text{kWh}$$

$$\frac{0,271 \text{ kW}}{3 \text{ h}} = 0,0903 \frac{\text{kW}}{\text{h}}$$

• **Amostra 2 FCC:**

Dados:

$$\text{R\$} = 0,65 \text{ kWh}$$

$$\lambda_{\text{vap}} = 2257 \text{ kJ/kg}$$

$$1350 \text{ mL H}_2\text{O} = 1350 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\text{Tempo: } 3 \text{ h} : 20 \text{ min} = 12000 \text{ s}$$

$$200 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 12000 \text{ s}$$

$$\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1350 \text{ g}}{12000 \text{ s}} = 1,125 \frac{\text{g}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1,125 * 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q = 1,125 * 10^{-3} * 2257 = 2,541 \text{ kW/extração}$$

$$\text{Para 3 extrações/dia (h)} = 22,869 \text{ kWh} * \text{R\$ } 0,65/\text{kWh} = \text{R\$ } 14,86$$

$$\frac{2,541 \text{ kW}}{3 \text{ h}} = 0,847 \frac{\text{kW}}{\text{h}}$$

• **Amostra 3 FCC:**

Dados:

$$\text{R\$} = 0,65 \text{ kWh}$$

$$\lambda_{\text{vap}} = 2257 \text{ kJ/kg}$$

$$2500 \text{ mL H}_2\text{O} = 2500 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\text{Tempo: } 4 \text{ h:} 00 \text{ min} = 14400 \text{ s}$$

$$240 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 14400 \text{ s}$$

$$\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2500 \text{ g}}{14400 \text{ s}} = 0,174 \frac{\text{g}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1,74 * 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q = 1,74 * 10^{-4} * 2257 = 0,3930 \text{ kW/extração}$$

$$\text{Para 3 extrações/dia (h)} = 3,537 \text{ kWh} * \text{R\$ } 0,65 \text{ kWh} = \text{R\$ } 2,30$$

$$\frac{0,3930 \text{ kW}}{3 \text{ h}} = 0,131 \frac{\text{kW}}{\text{h}}$$

Fazendo a média das vazões mássicas da farinha de castanha de caju obtemos:

$$\dot{m}_{H_2O} = \Sigma \frac{1\dot{m}_{H_2O} + 2\dot{m}_{H_2O} + 3\dot{m}_{H_2O}}{3} = 4,73 * 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

- **Amostra 1 TCC:**

Dados:

$$R\$ = 0,65 \text{ kWh}$$

$$\lambda_{vap} = 2257 \text{ kJ/kg}$$

$$2500 \text{ mL H}_2\text{O} = 2500 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\text{Tempo: } 5 \text{ h:}06 \text{ min} = 18360 \text{ s}$$

$$306 \text{ min} * \frac{60s}{1 \text{ min}} = 18360 \text{ s}$$

$$\dot{m}_{H_2O} = \frac{2500 \text{ g}}{10380 \text{ s}} = 0,241 \frac{g}{s} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 2,41 * 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

$$Q = 2,41 * 10^{-4} * 2257 = 0,544 \text{ kW/extração}$$

$$\text{Para 3 extrações/dia (h)} = 4,896 \text{ kWh} * R\$ 0,65 \text{ kWh} = R\$3,18 \text{ kWh}$$

$$\frac{0,544 \text{ kW}}{3h} = 0,1813 \frac{\text{kW}}{h}$$

- **Amostra 2 TCC:**

Dados:

$$R\$ = 0,65 \text{ kWh}$$

$$\lambda_{vap} = 2257 \text{ kJ / kg}$$

$$2500 \text{ mL H}_2\text{O} = 2500 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\text{Tempo: } 5 \text{ h: } 00 \text{ min} = 18000 \text{ s}$$

$$300 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 18000 \text{ s}$$

$$\dot{m}_{H_2O} = \frac{2500 \text{ g}}{18000 \text{ s}} = 0,139 \frac{g}{s} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1,39 * 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

$$Q = 1,39 * 10^{-4} * 2257 = 0,314 \text{ kW/extração}$$

$$\text{Para 3 extrações / dia (h)} = 2,829 \text{ kW / h} * R\$ 0,65 \text{ kWh} = R\$1,84 \text{ kWh}$$

$$\frac{0,314 \text{ kW}}{3h} = 0,1047 \frac{\text{kW}}{h}$$

- **Amostra 3 TCC:**

Dados:

$$R\$ = 0,65 \text{ kWh}$$

$$\lambda_{\text{vap}} = 2257 \text{ kJ/kg}$$

$$2250 \text{ mL H}_2\text{O} = 2250 \text{ g H}_2\text{O}$$

$$\text{Tempo: } 4 \text{ h: } 30 \text{ min} = 16200 \text{ s}$$

$$270 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 16200 \text{ s}$$

$$\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2500 \text{ g}}{16200 \text{ s}} = 0,154 \frac{\text{g}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1,54 * 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$Q = 1,54 * 10^{-4} * 2257 = 0,3476 \text{ kW/extração}$$

$$\text{Para 3 extrações/dia (h)} = 3,1284 \text{ kW/h} * R\$ 0,65 \text{ kWh} = R\$ 2,03$$

$$\frac{0,3476 \text{ kW}}{3\text{h}} = 0,11587 \frac{\text{kW}}{\text{h}}$$

Fazendo a média das vazões mássicas do tegumento obtemos:

$$\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} = \Sigma \frac{1\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} + 2\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} + 3\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}}}{3} = 1,78 * 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

8. Análise econômica

Os valores apresentados na viabilidade econômica são referentes a 9 horas/dia de extração, correspondendo a 3 extrações/dia (h), da capacidade energética da minifábrica, representada por cada kWh no custo de R\$ 0,65. A partir disso, é possível fazer uma estimativa do valor total de 9 horas de extração, para obter 6 kg de óleo essencial e 6 kg de óleo fixo. Levando-se em consideração para os cálculos: mão-de-obra, matéria-prima, equipamentos, embalagem e energia.

8.1. Custo com energia elétrica

Para os custos com energia elétrica foram considerados todos os equipamentos presentes na linha de produção, conforme o tempo de utilização e as potências especificadas pelos fornecedores. Com o auxílio da tabela de Tarifa e Preços Finais da Energia Elétrica (Grupo B), e de acordo com a resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 4144/2010, (ANEEL, 2010). Admitindo-se que a empresa se enquadra na descrição B3 e que o preço do kW/h custa R\$ 0,65 estabelecido pela companhia de serviços de energia elétrica local: COSERN. Foi possível estimar o

consumo da energia elétrica relacionado a um dia de extração correspondendo a 9 horas por 3 extrações por batelada, ver Tabela 9.

Tabela 9: custo estimados ao consumo de energia elétrica.

Equipamentos	Potência (kW)	Tempo de utilização (h /dia)	Consumo hora (kWh)	Custo hora(R\$)	Custo dia (R\$)
Moedor	0,75	3	2,25	1,53	13,77
Extrator industrial com solvente	2	9	18	11,7	105,30
Extrator industrial por arraste de vapor	1,8	9	16,2	10,53	94,77
Extrator industrial por hidrodestilação	1,8	9	16,2	10,53	94,77
Destilador	2	3	6	3,9	35,10
Unidade embaladora	0,2	3	0,6	0,39	3,51
Total	-	-	59,25	73,68	347,22

O custo de produção para uma hora de trabalho é de R\$ 73,68, o equivalente para 2.000 litros do produto, enquanto que para um dia (9 horas) o custo é de R\$ 347,22 representando 6.000 litros de óleo, equivalente a 6 kg. Levando em consideração o gasto de energia, o preço unitário estimado para cada produto por kWh é de R\$ 0,03.

8.2 Custos

8.2. Custo com matéria prima

Os custos com as matérias-primas para a obtenção de óleos foram estabelecidos conforme a quantidade descrita na Tabela 10. A base de cálculo foi feita levando em consideração que 1000 g da amêndoa de castanha foi avaliado em R\$ 22,00, para produção de 1 hora. O custo com a CAERN do m³ /s é de R\$ 4,38 descrito no banco de preços de serviços de engenharia, referenciada na tabela maio 2019 no site da própria empresa.

Tabela 10: custo com matéria prima.

Matéria prima	Quantidade (g)	Valor (g) (R\$)	Valor 9 horas (R\$)
ACC	398,2	8,76	78,84
Água	2500	10,95	98,55
Total	-	19,71	177,39

Conhecendo que em 1 hora de extração, o custo da matéria prima chega R\$19,71 e em 9 horas de processamento o valor total investido foi de R\$ 177,39. Acrescentando a este custo o investimento em embalagens: o vidro ambarado de 30 mL foi adquirido por R\$ 0,99 a unidade para óleo essencial; obtendo 200 unidades, totalizando a essa produção em R\$ 375,39; para matéria prima, a unidade do óleo essencial saiu ao custo de R\$ 1,87. Quanto ao óleo fixo, obteve-se 40 unidades da embalagem de 150 mL, por R\$ 2,11 a unidade, totalizando R\$ 261,79, para esse processamento a unidade do produto ficou em R\$ 6,55.

8.3. Custo com mão-de-obra

Para realizar os cálculos com mão-de-obra admitiu-se uma jornada de trabalho de 9 horas diária, baseada no salário mínimo vigente de 01/01/2019 que corresponde a R\$ 998,00, no valor diário de R\$ 33,27, na hora trabalhada de R\$ 4,54, (TRABALHISTA, 2019). Na Tabela11, está relacionada a mão-de-obra com os cargos ocupantes, a quantidade de funcionários, a faixa salarial diária e porcentagens dos encargos referentes a FGTS (8 %) mais a contribuição com o Instituto Nacional de Previdência Social (INSS), 8 % para quem ganha até 1.556,00 e 11 % acima desse valor (SINE, 2017), férias e 13° salário, que dá um total de 29 % de encargos.

Tabela 11: custo de mão-de-obra diária.

Mão-de-obra	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	Encargos (R\$)
Funcionários da produção	2	33,27	66,54	19,29
Engenheiro de Alimentos	1	166,35	166,35	48,24
Setor administrativo	2	49,90	99,80	28,94
Auxiliar de laboratório	1	33,27	33,27	19,29
Total de mão-de-obra	6	282,79	365,96	115,76

Foi feito a somatória com os encargos obrigatórios e o valor financeiro para o dispêndio financeiro com mão-de-obra, resultante em um total diário de R\$ 481,72. O preço unitário para óleo essencial em relação a mão-de-obra custa R\$ 2,41, e o óleo fixo R\$ 12,04 por unidade.

Sabendo que em um dia de trabalho são produzidas 200 unidades de óleo essencial acondicionado em embalagem de 30 mL e 40 unidades de óleo fixo acondicionado em embalagem de 150 mL, equivalentes a 12.000 mL de óleos. Podemos contabilizar o valor final por unidade de cada produto, ver Tabela 12.

Tabela 12: custo unitário por produto.

Descrição	Total de dispêndio financeiro óleo essencial 30 mL / (R\$)	Total de dispêndio financeiro óleo fixo 150 mL / (R\$)	Valor unitário óleo essencial 30 mL / (R\$)	Valor unitário óleo fixo 150 ml / (R\$)
Energia elétrica	347,22	347,22	0,03	0,03
Matéria prima	375,39	261,79	1,87	6,55
Mão-de-obra	418,72	418,72	2,41	12,04
Total	1141,33	1027,73	4,31	18,62

Os valores unitários obtidos para o óleo essencial de R\$ 4,31 e o óleo fixo por R\$ 18,62, são valores brutos.

Fazendo análise financeira de valor de mercado sobre o preço de óleos vegetais comercializáveis disponíveis nas grandes redes de supermercados e lojas especializadas, mensuramos que nosso produto, está compatível com a demanda do mercado que faz apelo a um público específico, que procura mais saúde e informação por produtos funcionais com ação antioxidante.

Na Tabela 13, há uma relação de preço corrente para óleos essenciais mais conhecidos, para servir de base comparativa com o custo bruto do óleo essencial de castanha de caju, que ficou por R\$ 4,31, por 30 mL, equivalente a R\$ 0,15 por mL.

Tabela 13: preço corrente de óleos essenciais comercializados.

Tipos de óleo	mL	R\$	mL/ R\$
Hortelã pimenta	10	42,00	4,20
Limão siciliano	10	32,00	3,20
Alecrim	10	30,00	3,00
Castanha de caju	10	15	1,50

Acrescentando 30 % no valor do preço bruto por mL do óleo essencial, o valor final seria de R\$ 1,95 por mL, então 10 mL de óleo circularia nas grandes lojas por R\$ 19,50, levando uma margem de lucro de 35 % em relação ao óleo essencial de alecrim, 39 % do limão siciliano e 56 % à hortelã pimenta.

Tratando-se do óleo fixo ou vegetal, usou a mesma metodologia para a pesquisa mercadológica, reafirmando que para o óleo fixo da amêndoa da castanha do caju o preço é o valor bruto do produto que totalizou em R\$ 18,62 por 150 mL, equivalente a R\$ 0,13 por mL, ver Tabela 14:

Tabela 14: preço corrente de óleos fixos comercializados.

Tipos de óleo	mL	R\$	mL / R\$
Nozes	200	57,49	0,29
Castanha do pará	250	51,65	0,21
Abacate	250	42,00	0,17
Castanha de caju	150	18,62	0,13

Atribuindo 30 % no valor do preço bruto por mL do óleo fixo, o valor final seria de R\$ 0,17 por mL, então 150 mL de óleo circularia nas grandes lojas por R\$ 25,50, levando uma margem de lucro de 41,4 % em relação ao óleo vegetal de nozes, 19 % do

óleo da castanha do Pará e em relação ao preço do óleo de abacate, o óleo da amêndoa da castanha de caju não difere no percentual do valor do óleo do abacate de preço praticado por mL.

9. Considerações finais

Com base nos dados obtidos e estimados pode-se inferir que a extração de óleo essencial e óleo fixo da amêndoa da castanha de caju e do tegumento, é viável e atende as expectativas do consumidor devido as propriedades funcionais dos ácidos graxos insaturados, é essencial para a promoção e para manutenção da saúde.

Além de oferecer um óleo em embalagem tradicional, o mercado pode disponibilizá-lo em cápsula como ocorre com muitos óleos. Portanto, através de novas tecnologias como a microencapsulação e a nano encapsulação, pode-se enriquecer e fortificar alimentos como sucos e produtos lácteos industrializados, pratos prontos para consumo com excelentes características nutricionais, sensoriais e bioativas.

10. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução Normativa nº 414, de 09 de setembro de 2010. **Estabelece As Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de Forma Atualizada e Consolidada**. Brasília, DF, Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2019.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento Técnico para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Creme Vegetal**, RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Disponível em:<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/82d8d2804a9b68849647d64600696f00/RDC_n_270.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 1º ago. 2014.

ARAÚJO, Júlio M. A.. **Química de Alimentos: Teoria e prática**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 335 p.

BROWN, Lawrence S.; HOLME, Thomas A.. **Química geral aplicada à Engenharia**. São Paulo: Cengage Learning, 2004. 653 p.

CECCHI, Heloisa Máscia. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003. 206 p.

CIENFUEGOS, Freddy; VAITSMAN, Delmo. **Análise Instrumental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 606 p.

COLLINS, Carol H.; BRAGA, Gilberto L.; BONATO, Pierina S. . **Fundamentos de cromatografia**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2006. 453 p.

COSTA, Olívia Bueno da. **Rendimento do óleo essencial de duas espécies do cerrado: myracrodruon urundeuva (alemão) e blepharocalyx salicifolius (kunt) o. berg em diferentes horários de coleta**. Dept.º Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, BRASIL. Disponível em: <http://www.cnf.org.pe/secretaria_conflat/memorias/DOCUMENTO%20MESAS/MESA%204/Ci%20E1udio%20H.%20S.%20del%20Menezzi%202.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2019.

DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L.; FENNEMA, Owen R.. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p. Tradução Adriano Brandelli.

DARF- UFRN (Ed.). **Apostila de aulas práticas: análises de alimentos**. Natal: DARF, 2015. 107p.

EVANGELISTA, José. **Alimentos: Um estudo abrangente**. São Paulo: Ateneu, 2005. 450 p.

FELLOWS, P. J.. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602

GERMANO, Pedro Manuel Leal; GERMANO, Maria Izabel Simões. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. 5. ed. Barueri, Sp: Manole, 2015. 1077 p.

TRABALHISTA, Guia. **tabela dos valores nominais do salário mínimo**. 2019. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/guia/salario_minimo.htm>. Acesso em: 13 nov. 2019.

IBGE (Ed.). Cláudio Dutra Crespo. IBGE - CEPAGRO (Ed.). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: Estatística da Produção Agrícola. Brasília: IBGE, 11/10/2018. 83 p. (Indicadores IBGE). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2018_set.pdf>. Acesso em: 28 out. 2019.

IBGE (Ed.). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: Tabela 1618 - Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras. Brasília, DF: Sistema IBGE de Recuperação Automática - Sidra, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#notas-tabela>>. Acesso em: 28 out. 2019.

EMBRAPA. Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: castanha de caju. Castanha de caju. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 131 p. (Série agronegócios).

FERNANDES, Iara Janaína et al. **Extração e caracterização de óleo essencial de laranja obtido do resíduo casca de laranja**. 2013. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental/UNISINOS. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274253516_EXTRACAO_E_CHARACTERIZACAO_DE_OLEO_ESSENCIAL_DE_LARANJA_OBTIDO_DO_RESIDUO_CASCADA_DE_LARANJA>. Acesso em: 31 nov. 2013.

Instituto Adolfo Lutz – IAL. (Ed.). **Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

KOKETSU, Midore; GONÇALVES, Sueli L.. **Óleo essenciais e sua extração por arraste a vapor**. Rio de Janeiro: Embrapa - CTAA, 1991. 24 p. (Embrapa - CTAA - Documento 8).

KROSS, Robert Karel. **Processamento de amêndoas de castanha de caju: secagem, extração e estabilidade do azeite**. 2008. 114 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Processos, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFCG_d50d20a324202c82413aedf336d5fa39>. Acesso em: 3 out. 2019.

LIMA, Edivania Daniel de. **Processamento integral dos principais componentes do cajueiro e seus resíduos através de uma cadeia de biorrefinaria suportada energeticamente por painel fotovoltaico**. 2017. 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biotecnologia, Programa de Pós-graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO, Universidade Federal do Ceará -UFC, Fortaleza, 2017.

LIMA, Janice Ribeiro. Valor nutricional da amêndoa de castanha-de-caju e seu processamento e embalagem. In: ARAÚJO, J. P. P. de (Ed.). **Agronegócio caju**: práticas e inovações. Brasília, DF: Embrapa, 2013. Parte 6, cap. 2, p. 389-393. il.

_____. **Efeito da torragem da amêndoa no aroma do óleo da castanha de caju segundo análise sensorial.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018. 9 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 169). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1098259/efeito-da-torragem-da-amendoa-no-aroma-do-oleo-da-castanha-de-caju-segundo-analise-sensorial>>. Acesso em: 6 out. 2019.

LIMA, Janice Ribeiro; PINTO, Gustavo Adolfo Saavedra; MAGALHÃES, Hilton César Rodrigues. **Óleo da amêndoa de castanha-de-Caju: métodos de extração.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018. 13 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento 165). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1093151>>. Acesso em: 3 out. 2019.

LIMA, Janice Ribeiro; SOUSA, Marta Maria Martins. Influência do tipo de óleo utilizado para fritura na estabilidade de amêndoas de castanha de caju. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 1, p.43-52, jan. 2001.

LIMA, Janice Ribeiro et al. **Extração Aquosa de Óleo de Amêndoa de Castanha-de-caju.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016. 3 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 223). Comunicado Técnico (INFOTECA-E). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1054780>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

MAPA (Ed.). **Reunião Ordinária N. 53:** Panorama da cajucultura nacional. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA, Brasília, DF: MAPA, 07/12/2017. 6 p.

MEIRELES, Maria Angela de Almeida; PEREIRA, Camila Gambini. **Fundamentos de Engenharia de Alimentos.** São Paulo: Atheneu, 2013. 815 p. (Coleção ciência, tecnologia, engenharia de alimentos e nutrição. Volume 6).

NOBRE, Ana Carolina de Oliveira; GARCIA, Lana Glerieide Silva; SOUZA, Arthur Cláudio Rodrigues de; et. al. **Obtenção de óleo de amêndoa de castanha de caju por processos de imersão e imersão por refluxo. VII CONNEPI : Ciência, Tecnologia e Inovação: ações sustentáveis para o desenvolvimento regional.2012, Palmas/TO. IFTO.**

OETTERER, Marília; REGITANO-D`ARCE, Marisa A. B.; SPOTO, Marta Helena Fillet. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos.** Barueri, Sp: Manole, 2006.

OLIVEIRA, Marcia Terezinha Ramos de. **SECAGEM E QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Pectis brevipedunculata* (Gardner) Sch. Bip.** 2011. 197 f. Tese (Doutorado) - Curso de Produção Vegetal, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro –uenf, Goytacazes, Rj, 2011. Disponível em: <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/PRODVEGETAL_3434_1304344788.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2019.

OLIVEIRA, Natália de Freitas. **Isolamento dos constituintes do tegumento da castanha de caju (TCC) e avaliação do seu potencial como antioxidante natural.** 2016. 212 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Engenharia Química - PPGEQ, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, 2016.

PAIVA, Francisco Fábio de Assis; GARRUTTI, Deborah dos Santos; SILVA NETO, Raimundo Marcelino da. **APROVEITAMENTO INDUSTRIAL DO CAJU.** Fortaleza: Embrapa-CNPAT/Sebrae/CE, 2000. 88 p. (Embrapa-CNPAT. Documentos, 38). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/422033/aproveitamento-industrial-do-caju>>. Acesso em: 3 out. 2019.

SERRANO, Luiz Augusto Lopes; PESSOA, Pedro Felizardo Adeoadato de Paula. **Sistema de Produção do Caju:** Aspectos econômicos da cultura do cajueiro. 2. ed. Brasília, Df: Embrapa Informação Tecnológica, 2016. (Sistemas de Produção Embrapa). Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1galceportlet&p_p_col_count=1&p_p_col_id=column-2&p_p_state=normal&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7705&p_r_p_-996514994_topicoId=10308&p_p_mode=view>. Acesso em: 11 out. 2019.

SINE. **Encargos trabalhistas.** 2017. Disponível em: <www.sine.com.br>. Acesso em: 13 nov. 19.

SOARES, Lucia Valente. **Curso básico de instrumentação para analistas de alimentos e fármacos.** Barueri, Sp: Manole, 2006. 337 p.

VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. **Tecnologia de bebidas:** matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgar Blücher, 2005. 550 p.