



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

TRACY ANNE CRUZ AQUINO

**POTENCIAL BIOATIVO DOS RESÍDUOS DE SAPOTI
(*Manilkara zapota* (L.) P. Royen) E ELABORAÇÃO DE
BEBIDAS FERMENTADAS DE POLPA DE SAPOTI**

São Cristóvão/SE

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

TRACY ANNE CRUZ AQUINO

**POTENCIAL BIOATIVO DOS RESÍDUOS DE SAPOTI
(*Manilkara zapota* (L.) P. Royen) E ELABORAÇÃO DE
BEBIDAS FERMENTADAS DE POLPA DE SAPOTI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a Dr^a Luciana Cristina Lins de Aquino Santana

São Cristóvão/SE
2020

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Aquino, Tracy Anne Cruz
A657p Potencial bioativo dos resíduos de sapoti (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen) e elaboração de bebidas fermentadas de polpa de sapoti / Tracy Anne Cruz Aquino ; orientadora Luciana Cristina Lins de Aquino Santana. – São Cristóvão, 2020.
94 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)
– Universidade Federal de Sergipe, 2020.

1. Tecnologia de alimentos. 2. Sapoti. 3. Compostos bioativos.
4. Fermentação. I. Santana, Luciana Cristina Lins de Aquino,
orient. II. Título.

CDU 664:634.43

TRACY ANNE CRUZ AQUINO

POTENCIAL BIOATIVO DOS RESÍDUOS DE SAPOTI (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen) E ELABORAÇÃO DE BEBIDAS FERMENTADAS DE POLPA DE SAPOTI

Dissertação de mestrado aprovada pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos em 19 de fevereiro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Luciana Cristina Lins de Aquino Santos

Prof^a. Dr^a. Luciana Cristina Lins de Aquino Santana
Orientador/ PROCTA - UFS

Maria Terezinha Santos Leite Neta

Prof^a. Dr^a. Maria Terezinha Leite Neta
Examinador Interno/ PROCTA – UFS



Dr^a. Ana Veruska Cruz da Silva Muniz
Examinador Externo/ Embrapa Tabuleiros Costeiros

São Cristóvão/SE

2020

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À minha mãe Irailde, ao meu pai Messias, e meu irmão Raphael, por todo apoio e incentivo aos estudos e vida acadêmica, e pelo amor, dedicação e índole com que me criaram e fizeram quem eu sou hoje.

Ao meu noivo Erick Alexandre pela paciência, carinho, cuidado, e por ser meu ponto de tranquilidade em meio as dificuldades.

Aos colegas do Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Bioengenharia - LMAB, Larissa, Graziele, Tacila, Paula, Simone, Alessandra, Carlos e Felipe que proporcionaram um ambiente de trabalho alegre e acolhedor.

À minha orientadora Luciana pela paciência, dedicação e por todos os conhecimentos partilhados, bem como a todos os docentes que participaram da minha jornada neste programa.

Aos membros da banca examinadora pela dedicação e empenho, e pelas valiosas sugestões e correções, que enriquecem este trabalho.

Aos colegas da turma de 2018 do Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PROCTA, pela companhia e partilhar os momentos.

Aos colegas e técnicas do Departamento de Tecnologia de Alimentos- DTA, em especial Patrícia e Aline.

Aos colegas do LaF, em especial Marinuzia, Juliete, Airla, Rafael, Nayjara; e aos professores Maria Terezinha e Narendra, por toda ajuda e disponibilidade.

À coordenação do Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PROCTA e todos os seus colaboradores pelo empenho ao programa.

À Universidade Federal de Sergipe - UFS pelo ambiente inspirador e pela oportunidade de concluir o mestrado.

Àqueles que colaboraram “removendo as barreiras no caminho da ciência”

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

**À todos que acompanharam e motivaram minha vida acadêmica, meus sinceros
agradecimentos!**

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos é senão
uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se
lhe faltasse uma gota.”

(Madre Teresa de Calcutá)

AQUINO, T. A. C. Potencial bioativo dos resíduos de sapoti (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen) e elaboração de bebidas fermentadas da polpa de sapoti [Dissertação] São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe; 2020.

RESUMO

O sapoti (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen) é um fruto exótico, nativo do sul do México e da América central, que se adaptou aos países tropicais e encontra no nordeste do Brasil excelentes condições para seu desenvolvimento e produção. O desenvolvimento de novos produtos como alternativa para o aproveitamento de frutas, bem como a extração de compostos de interesse industrial em extratos de polpa e resíduos tem sido estudado ao longo dos anos. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial bioativo de extratos da casca e semente do sapoti obtidos por maceração e ultrassom, e elaborar e caracterizar o perfil volátil de diferentes formulações de bebidas fermentadas utilizando a polpa de sapoti. Inicialmente, realizou-se a análise físico-química da polpa e dos resíduos de sapoti. A seguir, foram obtidos extratos da casca e sementes em acetona, metanol e etanol em concentrações entre 40 e 80% e determinou-se os teores de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante. Compostos bioativos foram identificados e quantificados nos extratos dos resíduos por cromatografia líquida de alta eficiência. A polpa de sapoti foi utilizada em diferentes formulações de bebidas fermentadas e os compostos voláteis das bebidas foram identificados e quantificados por cromatografia a gás acoplada ao espectrômetro de massas. Os maiores teores de compostos fenólicos foram obtidos no extrato de casca em metanol 50% por maceração (234,32 mg EAG/100g de resíduo) e no extrato de semente em metanol 80% por ultrassom (65,28 mg EAG/100g de resíduo), o qual também demonstrou maior atividade antioxidante em ABTS, 702,3 μ M de Trolox/g de resíduo. Em relação aos flavonoides totais os maiores teores foram no extrato de casca em etanol 80% por ultrassom (90,85 mg QCE/100g) e no extrato de semente em etanol 80% por maceração (50,39 mg QCE/100g) (maior atividade antioxidante em ABTS dentre os extratos obtidos por maceração 664,4 μ M de Trolox/g de resíduo). Sete compostos polifenólicos foram identificados e quantificados por cromatografia líquida nos extratos analisados, sendo o ácido gálico o composto majoritário encontrado. Na análise dos compostos voláteis das diferentes formulações do fermentado de sapoti foram identificados 85 compostos voláteis, dentre os quais 3-Metil-1-butanol, 2-Feniletanol e Etilbenzoato apresentaram os maiores teores (13007,99; 8439,79; e 4.990,94 μ g/kg, respectivamente). A produção destes compostos foi otimizada pela metodologia de superfície de resposta onde obteve-se máximas produções de 3-metil-1butanol para teor de sólidos solúveis maior que 18,5°Brix, concentração de inóculo maior que 8,8 g/L para Etilbenzoato; e para 2-Feniletanol teor de sólidos solúveis entre 12,9 e 17,8°Brix, e concentração de inóculo entre 5,2 e 7,4 g/L. Os resíduos de sapoti demonstraram potencial como fonte de compostos bioativos e as formulações de bebidas fermentadas se destacaram como um possível produto obtido a partir da polpa de sapoti, cujas características sensoriais ainda deverão ser exploradas.

Palavras-chaves: Frutas exóticas. Compostos Bioativos. Fermentação alcoólica. Compostos Voláteis.

AQUINO, T. A. C. Bioactive potential of sapoti residues (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen) and elaboration of sapoti pulp fermented beverages [Dissertation]. São Cristovao: Postgraduate Program in Food Science and Technology, Federal University of Sergipe; 2020.

ABSTRACT

Sapodilla (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen) is an exotic fruit, native from southern Mexico and Central America, adapted to tropical countries and the northeastern of Brazil has showed excellent conditions for its development and production. Over the years, the development of new products as an alternative for the use of fruits, as well as the extraction of compounds of industrial interest in pulp and waste extracts has been studied. Thus, this work aimed to evaluate the bioactive potential of sapodilla peel and seed extracts obtained by maceration and ultrasound and elaborate and characterize the volatile profile of different fermented beverage formulations using sapodilla pulp. Initially, perform a physical-chemical analysis of the pulp and sapodilla residues. Then, extracts of peel and seeds in acetone, methanol and ethanol, between 40 and 80% were selected and determined the contents of complete phenolic compounds, total flavonoids and antioxidant activity. Bioactive compounds were used and quantified in waste extracts by high-performance liquid chromatography. A sapoti pulp was used in different formulations of fermented beverages and compounds of alcoholic beverages used and quantified by gas chromatography coupled to the mass spectrometer. The highest levels of phenolic compounds were obtained in 50% methanol peel extract by maceration (234.32 mg EAG/100g of residue) and in 80% methanol seed extract by ultrasound (65.28 mg EAG/100g of residue), also demonstrate higher antioxidant activity. Regarding the total flavonoids, the highest levels were in the peel extract in 80% ethanol by ultrasound (90.85 mg QCE/100g) and in the seed extract in 80% ethanol by maceration (50.39 mg QCE/100g), which showed higher antioxidant activity in ABTS among the extracts obtained by macerating 664.4 μ M of Trolox/g of residue). Seven polyphenolic compounds were identified and quantified by liquid chromatography, in the analyzed extracts, gallic acid being the major compound found. In the analysis of volatile compounds in the different formulations of sapodilla fermented, 85 volatile compounds were identified, among which 3-Methyl-1-butanol, 2-Phenylethanol and Ethylbenzoate had the highest levels (13007.99; 8439.79; and 4,990, 94 μ g/kg, respectively). The production of these compounds was optimized by the response surface methodology where maximum productions of 3-methyl-1-butanol were obtained for soluble solids content greater than 18.5 °Brix, for Ethylbenzoate inoculum concentrations greater than 8.8 g/L, and for 2-phenylethanol soluble solids content between 12.9 and 17.8 ° Brix, and inoculum concentrations between 5.2 and 7.4 g/L. Sapodilla residues demonstrated potential as a source of bioactive compounds, and fermented beverage formulations stood out as a possible product obtained from sapodilla pulp, whose sensory characteristics are yet to be explored.

Keywords: Exotic fruit. Bioactive compounds. Alcoholic fermentation. Volatile compounds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Diferença de formatos entre sapota e sapoti	16
Figura 2- Componentes do fruto sapoti	17
Figura 3- Estrutura dos flavonóides	20
Figura 4- Produção de álcool por leveduras, a partir de açúcar fermentescível.....	24
Figura 5- Fermentado alcoólico de frutas.....	26
Figura 6- Fluxograma de produção do fermentado de Sapoti	36
Figura 7- Teores de compostos fenólicos totais em extratos de casca de sapoti obtidos pelos métodos de extração por maceração e extração por ultrassom. Valores foram expressos como média e desvio padrão. ^{a-j} Letras iguais indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p<0,05$) e letras diferentes indicam que as amostras diferiram estatisticamente ($p>0,05$) entre os valores médios do teor de compostos fenólicos totais nos extratos obtidos pelos métodos de maceração e ultrassom, de acordo com o teste de Tukey.....	43
Figura 8- Teores de compostos fenólicos totais em extratos de semente de sapoti obtidos pelos métodos de extração por maceração e extração por ultrassom. Valores foram expressos como média e desvio padrão. ^{a-j} Letras iguais indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p<0,05$) e letras diferentes indicam que as amostras diferiram estatisticamente ($p>0,05$) entre os valores médios do teor de compostos fenólicos totais nos extratos obtidos pelos métodos de maceração e ultrassom, de acordo com o teste de Tukey.....	44
Figura 9- Teores de flavonoides totais em extratos de casca de sapoti obtidos pelos métodos de extração por maceração e extração por ultrassom. Valores foram expressos como média e desvio padrão. ^{a-j} Letras iguais indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p<0,05$) e letras diferentes indicam que as amostras diferiram estatisticamente ($p>0,05$) entre os valores médios do teor de flavonoides totais nos extratos obtidos pelos métodos de maceração e ultrassom, de acordo com o teste de Tukey.....	46
Figura 10- Teores de flavonoides totais em extratos de semente de sapoti obtidos pelos métodos de extração por maceração e extração por ultrassom. Valores foram expressos como média e desvio padrão. ^{a-j} Letras iguais indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p<0,05$) e letras diferentes indicam que as amostras diferiram estatisticamente ($p>0,05$) entre os valores médios do teor de flavonoides totais nos extratos obtidos pelos métodos de maceração e ultrassom, de acordo com o teste de Tukey.....	47
Figura 18- Gráfico de pareto para o efeito dos parâmetros na produção de 3-Metil-1-butanol nos fermentados de sapoti	67

Figura 19- Curva de contorno para a produção de 3-metil-1-butanol nos fermentados de sapoti	68
Figura 20- Superfície de resposta para a produção de 3-Metil-1- butanol nos fermentados de sapoti.....	69
Figura 21- Gráfico de pareto para o efeito dos parâmetros na produção de Etilbenzoato nos fermentados de sapoti	70
Figura 22- Curva de contorno para a produção do Etilbenzoato nos fermentados de sapoti ..	72
Figura 23- Superfície de resposta para a produção de Etilbenzoato nos fermentados de sapoti	72
Figura 24- Gráfico de pareto para o efeito dos parâmetros na produção de 2-Feniletanol nos fermentados de sapoti	73
Figura 25- Curva de contorno para a produção do 2-Feniletanol nos fermentados de sapoti ..	74
Figura 26- Superfície de resposta para a produção de 2-Feniletanol nos fermentados de sapoti	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características físico-químicas de sapoti maturo in natura	18
Tabela 2- Matriz do delineamento composto central rotacional para obtenção do fermentado de sapoti	35
Tabela 3- Composição físico-química da polpa, e farinhas da casca e semente de sapoti.	39
Tabela 4- Atividade antioxidante em extratos selecionados de casca e semente de sapoti. Valores são expressos como média e desvio padrão. ^{a-c} Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$); e letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$).....	48
Tabela 5- Compostos fenólicos em extratos de resíduos de sapoti determinados por CLAE ..	51
Tabela 6- Perfil dos compostos voláteis por SBSE nas formulações F1 a F4 de fermentado de Sapoti	54
Tabela 7- Perfil dos compostos voláteis por SBSE nas formulações F5 a F8 de fermentado de Sapoti	58
Tabela 8- Perfil dos compostos voláteis por SBSE nas formulações F9 a F11 de fermentado de Sapoti	62
Tabela 9- Análise de variância para o composto 3-metil-1butanol	68
Tabela 10- Análise de variância para o composto Etilbenzoato	71
Tabela 11- Análise de variância para o composto 2-Feniletanol.....	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Sapotí.....	16
2.2	Compostos bioativos	19
2.3	Métodos de extração de compostos bioativos	21
2.4	Atividade antioxidante	22
2.5	Fermentados de frutas	23
3	OBJETIVO.....	29
3.1	Objetivo Geral	29
3.2	Objetivos Específicos	29
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
4.1	Materiais	30
4.2	Metodologia.....	30
4.2.1	Tratamento dos frutos de sapoti.....	30
4.2.2	Análises físico-químicas da polpa e dos resíduos de sapoti.....	30
4.2.3	Obtenção dos extratos dos resíduos de sapoti através de 2 técnicas de extração	32
4.2.4	Determinação de compostos bioativos em extratos de resíduos	32
4.2.5	Determinação da Atividade antioxidante dos extratos dos resíduos	33
4.2.6	Identificação e quantificação de compostos bioativos em extratos de resíduos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência	34
4.2.7	Produção de bebidas fermentadas - Fermentado de Sapoti.....	35
4.2.8	Extração e identificação de compostos voláteis nas bebidas fermentadas de Sapoti	37
4.2.9	Análise estatística.....	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1	Caracterização físico-química da polpa e dos resíduos de sapoti	39
5.2	Compostos fenólicos totais e flavonoides totais nos extratos dos resíduos de sapoti	41

5.3 Atividade antioxidante dos extratos dos resíduos de saposi	48
5.4 Identificação e quantificação de compostos bioativos nos extratos de resíduos de saposi por CLAE.....	50
5.5 Análise dos compostos voláteis do fermentado de saposi por GC-MS	52
5.5.1 Otimização da produção de compostos voláteis no fermentado de saposi por metodologia de superfície de resposta	66
6 CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICES	85

1 INTRODUÇÃO

O sapoti (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen), é uma espécie frutífera climatérica e exótica que encontra no Brasil excelentes condições para seu desenvolvimento e produção. A maior parte da produção dessa fruta se dá no Nordeste em pequenas propriedades, sendo comercializada no mercado local. Pernambuco é o maior produtor nacional, seguido de estados como Bahia, Ceará, Pará, Paraíba, Rio Grande do Norte e Sergipe, principalmente na região centro-sul, em municípios como Lagarto e Boquim (JUNIOR *et al*, 2014).

A fruta apresenta características sensoriais agradáveis pelo alto teor de sólidos solúveis entre 15 e 25 °Brix, baixa acidez em torno de 0,083 (ácido málico g/100g), pH próximo a 5 e umidade de 75%. O fruto tem um período de vida útil curto, em média 8 a 10 dias após a colheita, gerando uma perda estimada de 20 a 30% da produção em países tropicais (MORAIS *et al*, 2006). A sazonalidade e as perdas desestimulam a produção, como alternativa novos produtos são desenvolvidos artesanalmente, como fermentados alcoólicos, sorvetes, geleias e compotas.

As indústrias de processamento de frutas contribuem com toneladas de resíduos em todo o mundo gerando disponibilidade desta matéria-prima. O potencial inexplorado destes resíduos tem incentivado os pesquisadores ao longo dos anos a realizar estudos sobre compostos bioativos como ácidos fenólicos e flavonoides os quais têm demonstrado atividade antimicrobiana, anti-inflamatória, antioxidante entre outros efeitos à saúde humana (NASCIMENTO, 2016).

Os estudos sobre compostos bioativos e atividade antioxidante de sapoti na literatura ainda são escassos, porém Almeida *et al* (2011) ao analisar polpa de sapoti obtiveram teor de compostos fenólicos totais de 13,5 mg EAG/100g, e atividade antioxidante de 0,99 μ M/g e 0,17 μ M/g em ABTS e DPPH respectivamente; e Can-Cauich *et al* (2017) obtiveram em casca de sapoti teores de fenólicos totais e flavonoides totais de 210 mg EAG/100g de resíduo e 430 mg QCE/100g de resíduo, respectivamente.

O desenvolvimento de novos produtos como alternativa para o aproveitamento de frutas e resíduos vem sendo estudado ao longo dos anos. A fermentação alcoólica de frutas como manga (REDDY e REDDY, 2011), tamarindo (LASEKAN e SEE, 2015), abacaxi (LIN *et al*, 2018), e cupuaçu (RAMOS *et al*, 2016) é uma alternativa à abundância da produção de frutas, e que pode gerar diferentes compostos voláteis de interesse comercial. Panda *et al* (2014) obtiveram bebida fermentada da polpa de sapoti, a qual apresentou as seguintes características:

2,38°Brix; acidez titulável de 1,29 g ácido tartárico /100 mL; pH 3,02; 0,21g/100 mL de fenólicos totais; 1,78 mg/100 mL de ácido ascórbico e 8,23% (v/v) de etanol. Entretanto, não foram estudadas diferentes formulações do fermentado, nem analisado o perfil dos compostos voláteis do fermentado obtido.

Também, extratos de polpas e resíduos de frutas tem sido avaliado como fontes de diferentes compostos de interesse industrial. Particularmente, a polpa de sapoti tem sido avaliada quanto a composição de compostos voláteis obtendo-se 33% de ésteres, 27% de álcoois, 18% de terpenos, e outros 21% (UEKANE *et al.*, 2017). Singh *et al* (2016) avaliaram extratos de polpa e casca de sapoti em metanol 80% por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e obtiveram teores significativos de polifenóis, como ácido gálico (10,2 e 27,5 mg/100g), catequina (8,1 e 43,3 mg/100g), queracetina (5,4 e 49,1 mg/100g) e kaempferol (não detectado e 51,2 mg/100g), para polpa e casca respectivamente. Não foram encontrados estudos de compostos bioativos das sementes de sapoti.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial bioativo da casca e semente do sapoti utilizando dois métodos de extração (maceração e ultrassom), elaborar diferentes formulações de bebidas fermentadas utilizando a polpa de sapoti e quantificar e identificar os compostos voláteis presentes nas mesmas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sapoti

O sapotizeiro é a espécie frutífera mais conhecida da família Sapotaceae (JUNIOR *et al*, 2014). Nativo do sul do México e da América Central, espalhou-se por toda a América tropical, Caribe e América do Sul e nas partes mais quentes da Flórida, Estados Unidos, principalmente na Região de *Key West* e nas proximidades de *Miami* (BANDEIRA *et al*, 2003).

No Brasil, o sapotizeiro teve uma adaptação muito boa, sendo plantado desde o Sul do Estado de São Paulo até a Região Amazônica. No Nordeste brasileiro foi, inicialmente, cultivado nas serras úmidas, onde as condições climáticas são bastante favoráveis ao seu desenvolvimento e produção (BANDEIRA *et al*, 2003). De acordo com Alves, Filgueiras e Moura (2000), a maior produção no Nordeste se deve principalmente às condições propícias do clima da região, associado ao uso de irrigação, além do elevado preço que este fruto atinge no mercado interno, sendo então um grande incentivo ao cultivo. De acordo com Bandeira *et al* (2003), o sapotizeiro é uma planta tipicamente tropical, que se desenvolve em uma ampla faixa de latitude, é favorecido por altas temperaturas, em torno de 28°C e alta umidade e têm preferência por solos profundos, ricos em matéria orgânica, levemente argilosos e bem arejados. Quanto às variedades taxonômicas a diferença entre as denominações sapoti e sapota é devido somente ao formato do fruto (Figura 1), uma vez que é denominado sapoti aqueles apiculados ou ovalados e mais leves, em relação às sapatas, que são maiores e mais arredondados (JUNIOR *et al*, 2014; BANDEIRA *et al*, 2003). Bandeira *et al* (2003) esclarece ainda que como as características das plantas e dos frutos de sapoti não foram perpetuadas por meio da reprodução sexuada, essas diferenças não podem ser caracterizadas como variedades botânicas, sendo esta denominação apenas cultural.

Figura 1- Diferença de formatos entre sapota e sapoti



Fonte: BANDEIRA *et al*, 2003.

Segundo Junior *et al* (2014) o fruto do sapotizeiro é uma baga de tamanho variado (45 a 200 g em média, e 4 a 10 cm de diâmetro), formato cônico, ovalado ou arredondado, fixado por um longo pedicelo de 6 a 10 cm de comprimento. A casca é muito fina, rugosa, de coloração castanho-amarelada ou marrom-escura, tendo a superfície coberta por uma descamação que forma um pó e que larga facilmente ao se esfregar as mãos no fruto. Quando ainda verde é duro, com muito látex e também muito adstringente devido ao tanino. A polpa de sapoti é suculenta, de coloração marrom-escura, avermelhada ou amarelada, de textura macia ou granular, sem acidez ou fibras e tem sabor doce e agradável. Quando não está maduro os grânulos grudam nos dentes e dão a sensação de goma de mascar com areia fina. O fruto possui de 3 a 12 sementes ovoides, com cerca de 2 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro, facilmente separadas da polpa. São marrons ou pretas, brilhantes, lateralmente comprimidas, com uma testa dura e margem branca. Alguns frutos não apresentam sementes, mas a partenocarpia é invariavelmente rara

Quanto à distribuição percentual dos componentes do fruto (polpa, casca e sementes) (Figura 2), Alves, Filgueiras e Moura (2000) observaram que em média o sapoti possui 10,36% de casca, 2,13% de sementes e 87,51% de polpa.

Figura 2- Componentes do fruto sapoti



Fonte: Repositório digital da NDTV Food.

Dados estatísticos relacionando a produção e comercialização dos frutos do sapotizeiro a nível mundial são escassos, sabe-se que a produção é quase que totalmente voltada para o consumo nos próprios países de origem, no entanto existe uma demanda crescente pela fruta em outros países, principalmente da Europa, América do Norte, Oriente Médio e Sudeste Asiático (JUNIOR *et al*, 2014; BANDEIRA *et al*, 2003; ALVES, FILGUEIRAS, MOURA; 2000).

No Brasil, a primeira cultivar foi desenvolvida em 1983, a Itapirema-31 seguida pela cultivar Chocolate em 1999, ambas estabelecidas por pesquisadores da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA. Em 2003, a Embrapa Agroindústria Tropical lançou as cultivares BRS 228-Sapota Tropical e BRS-227-Sapoti IPA-Curu (MIRANDA *et al*, 2008). Algumas características físico-químicas da polpa de sapoti estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1- Características físico-químicas de sapoti maturo *in natura*

Parâmetros	Alves, Filgueiras e Moura (2000)	Brito e Narain (2002)	Oliveira, Afonso e Costa (2011)
Peso total (g)	124,96	197,5	-
Casca (%)	10,36	-	-
Sementes (%)	2,13	-	-
Polpa (%)	87,51	-	-
Comprimento (mm)	56,63	64,0	-
Diâmetro (mm)	59,23	76,0	-
Sólidos solúveis totais (°Brix)	25,98	15,80	15,67
Acidez Total titulável (%)	0,12 %	1,5 %	0,083 %
pH	5,37	4,95	5,55
Açúcares solúveis totais (%)	22,46	13,5	11,17
Açúcares redutores (%)	15,26	12,5	9,62
Umidade (%)	-	75,1	75,04
Fibra (%)	-	0,6	-
Cinzas (%)	-	0,4	-
Lipídios (%)	-	0,5	-

Fonte: Autoria própria (2020).

No Brasil o sapoti é mais consumido na sua forma *in natura*, mas também é muito utilizado na indústria de sucos, sorvetes e geleias, já na indústria internacional é utilizado para a fabricação de doces, refrescos, conservas, geléias e xaropes (COSTA *et al*, 2017).

Na literatura está relatado algumas formas de aproveitamento do sapoti, como obtenção de polpa de sapoti desidratada por fornos de convecção de ar e em forno a vácuo (GANJYAL; HANNA; DEVADATTAM, 2003); pó de sapoti por *spray-dryer* (CHONG; WONG, 2015); desenvolvimento de barra de frutas usando sapoti (SALLEH; YING; MOUSAVI, 2017); bem como a produção de biodiesel a partir de óleo de semente sapoti pelo método de Taguchi (KUMAR; SURESHKUMAR; VELRAJ, 2015). Patle e Lal (2007) utilizaram o resíduo de sapoti para fermentação alcoólica com cultura mista de *Zymomonas mobilis* e *Candida tropicalis*, onde o resíduo de sapoti com teor inicial de açúcares redutores em 105 g.L⁻¹ produziu 52 g.L⁻¹ de etanol.

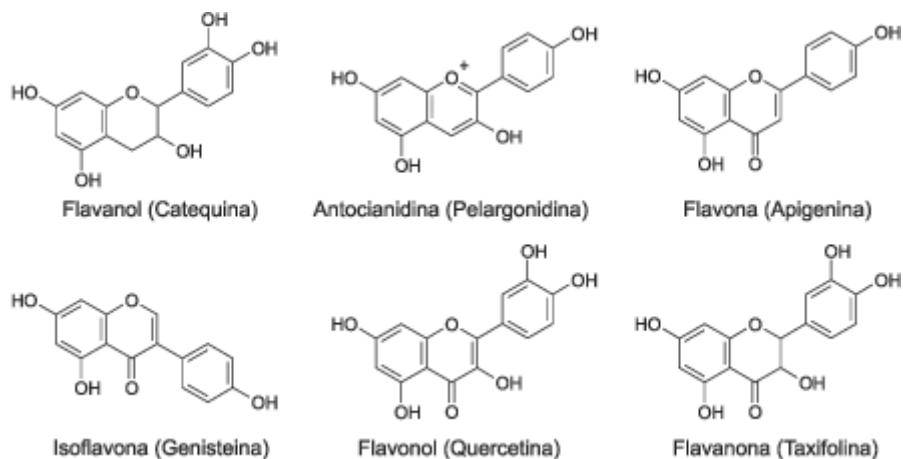
A sazonalidade e perda desta fruta causa um desestímulo aos produtores, desta forma, o desenvolvimento de novos produtos serve de motivação para o aproveitamento do mesmo. Uma forma alternativa e bastante difundida na literatura de lidar com a perda de frutas sazonais é a sua aplicação para a obtenção de bebidas fermentadas, agregando valor através da geração de novos produtos, reduzindo perdas econômicas e estimulando sua produção (CRUZ; RESENDE; RIBEIRO, 2018). Já para o aproveitamento dos resíduos uma alternativa interessante seria a extração de compostos bioativos os quais conferem diversas funções biológicas e podem ser utilizados para benefícios da saúde humana (ALMEIDA *et al*, 2011).

2.2 Compostos bioativos

De acordo com Damodaram, Parkin e Fennema (2010), as substâncias bioativas são classificadas como nutracêuticas e tóxicas. As nutracêuticas são compostos ativos e derivados de naturais que promovem a saúde, previnem doenças, tem propriedades medicinais à saúde humana. As toxinas também são compostos químicos de ocorrência natural ou induzidos por processos, mas que exercem efeitos adversos à saúde humana. Dentre as substâncias bioativas, os autores destacam os carotenóides, flavonóides, proantocianidinas e outros compostos polifenólicos.

Os compostos fenólicos possuem pelo menos um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila ligados e são classificados como flavonóides e não flavonóides (DEL RIO *et al*, 2013. De acordo com Aquarone *et al* (2014) os compostos fenólicos são constituídos de cinco grupos químicos: antocianinas que são matérias corantes vermelhas, encontradas principalmente na uva e vinho e variam de 200 a 500 mg/L em vinhos novos; flavonas que são de cor amarela, tendo como representante o quercitrosídeo; fenóis-ácidos que estão presentes sobre a forma de ésteres como ácidos cinâmicos e ácidos benzoicos; taninos condensados conhecidos por sua adstringência que está relacionada ao seu grau de polimerização e são constituídos a partir de leucoantocianinas; e por último, os taninos catéquicos, que nos vinhos provém do emprego de taninos comerciais ou uso de barril de madeira durante o envelhecimento. Os flavonoides (Figura 3) são fitoquímicos benéficos à saúde que estão amplamente presentes nas plantas, em frutas, vegetais folhosos, raízes, tubérculos, bulbos, ervas, temperos, legumes chá, café e vinho tinto. Estes podem ser classificados em sete grupos: flavona, flavonona, flavonol, flavononol, isoflavonas, flavanol, antocianidina.

Figura 3- Estrutura dos flavonóides



Fonte: CERQUEIRA, MEDEIROS e AUGUSTO, 2007.

Diversos resíduos de frutas têm sido estudados como fonte de compostos bioativos. Banerjee *et al* (2017) relataram teor de ácidos fenólicos, como ácido ferúlico, ácido vanílico e ácido cafeico, entre 0,02-0,2% (p/p) em cascas e sementes de manga, sementes de goiaba, casca de laranja, resíduos de gérmen de trigo e bagaço de maçã. Cam, Icyer e Erdogan (2014) encontraram teor de flavonoides entre 0,02 e 0,14% (p/p em base úmida) ao avaliar bagaço de tomate, cascas de romã, cascas de laranja, sementes de tamarindo e cascas de manga, sugerindo como possíveis usos dos resíduos como conservantes naturais e agentes anticancerígenos.

Almeida *et al* (2011) relataram que o fruto do sapoti possui teor de ácido ascórbico de 3,9 mg /100 g, antocianinas totais de 0,46 mg/100 g e fenólicos totais 13,5 mg EAG/100 g (peso fresco). Silva *et al* (2014) relataram teor de compostos fenólicos de 209,45 mg EAG/100 g (base seca) em polpa de sapoti. Por sua vez, Singh *et al* (2016) obtiveram em extrato metanólico (80%) da polpa de sapoti, o teor de compostos fenólicos totais de 413,9 mg EAG/100g, e flavonoides totais de 208,3 mg QCE/100g, ambos em base seca.

Can-Cauich *et al* (2017) obtiveram para extratos de casca de sapoti teores de fenólicos totais de 210 mg EAG/100g de resíduo e flavonoides totais de 430 mg QCE/100g de resíduo (base seca) e Singh *et al* (2016) para o extrato da casca em metanol 80% teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais de 1151,4 mg EAG/100g e 564,5 mg QCE/100g, respectivamente.

Não foram encontrados relatos sobre os teores de compostos bioativos em semente de sapoti. Sancho *et al* (2015) analisaram extrato em etanol 50% da junção de casca e semente de sapoti e obtiveram 4,35 mg EAG/100g de resíduo de fenólicos totais. Já Silva *et al* (2014)

obtiveram teor de compostos fenólicos totais de 1053,43 mg EAG/100g de resíduo para subprodutos (casca, sobras de polpa e sementes) de sapoti.

2.3 Métodos de extração de compostos bioativos

O método de extração é um fator muito importante na obtenção de compostos bioativos, uma vez que é necessário extraer o componente químico de interesse da planta para seguir com sua separação e caracterização. Atualmente são utilizados métodos mais rápidos e automatizados, como a extração com fluido supercrítico, extração líquida pressurizada ou extração assistida por micro-ondas, extração por ultrassom e extrator de solvente acelerado (NAYAK *et al*, 2015).

Geralmente estes métodos estão associados a algum tipo de solvente. A água é o solvente mais comumente utilizado nas indústrias de alimentos, porém de acordo com ZAINAL-ABIDIN *et al* (2017) esta tem eficácia apenas como solvente de extração para compostos bioativos polares e hidrofílicos, sendo menos eficaz para compostos não polares e hidrofóbicos. Desta forma a utilização de diferentes solventes orgânicos garante uma maior eficiência no processo.

A extração por solventes, ou maceração, é o meio mais comum de recuperar compostos fenólicos de materiais vegetais devido à simplicidade da técnica, eficiência e uma ampla gama de possíveis aplicações (LIM *et al*, 2019). De acordo com Dent *et al* (2013), e Ho e Chun (2019) solventes como etanol, metanol, acetona, acetato de etila, clorofórmio, e outros, com longo tempo de duração, e em diferentes concentrações diluídos em água têm sido usados para a extração de polifenóis em diferentes amostras de tecido vegetal. Por se tratar de uma técnica convencional, a extração por maceração apresenta vantagens, como procedimentos simples e temperaturas baixas, ideal para extração de compostos sensíveis ao calor (LAMA-MUNÓZ *et al*, 2019), porém possui certas limitações, como menor eficiência, baixo rendimento de extração, uso de grandes quantidades de solventes, resistência à transferência de massa e perigo à saúde (SAFDAR *et al*, 2016), tornando, em alguns casos, as técnicas atuais mais favoráveis.

A extração assistida por ultrassom tem sido usada em diversas aplicações da tecnologia de processamento de alimentos para extraer compostos bioativos de materiais vegetais (ALTEMIMI *et al*, 2017). De acordo com Patra *et al* (2018), a sonicação, também chamada de extração assistida por ultrassom, envolve o uso de ultrassom na faixa de 20 a 2000 kHz. É um procedimento muito simples, onde o material vegetal ou células vegetais são rompidas pela aplicação de ondas de ultrassom que promovem a liberação de compostos bioativos no solvente circundante. A técnica de extração por ultrassom além de ter como vantagens: menor tempo

de operação, facilidade de manuseio, redução da temperatura, menor uso de solvente e economia de energia; têm potencial para aumentar os rendimentos de extração por conta dos fenômenos de cavitação e transferência de massa melhorada (SHARAYEIA *et al*, 2019).

2.4 Atividade antioxidante

As frutas são fonte de compostos antioxidantes, como compostos fenólicos, vitaminas, carotenóides e minerais, que contribuem para o seu potencial químico preventivo (ALMEIDA *et al*, 2011). Estudos relacionam o consumo abundante de frutas e vegetais à redução do risco de desenvolver alguns tipos de câncer, doenças coronárias, inflamação, artrite, sistema imunológico declínio, disfunção cerebral e catarata. Segundo Shui, Wong e Leong (2004) isto deve-se aos antioxidantes que inibem ou retardam a oxidação de biomoléculas em uma reação em cadeia desencadeada por radicais livres em vivo, o que é importante na prevenção e progressão de muitas doenças crônicas.

Diversos métodos podem ser utilizados para a análise de atividade antioxidante em compostos bioativos, e cada método apresenta um resultado distinto que pode não ser relacionado. Vários fatores podem contribuir para essas diferenças, como por exemplo os métodos que diferem em tipos de radicais, sítios de ação, e solventes utilizados; o substrato, a estratégia de medida do ponto final e ainda, se são baseados na captura de radicais livres ou na determinação da oxidação da molécula alvo. Sugerindo-se então que a atividade antioxidante deve ser avaliada por diferentes métodos para obtenção de resultados representativos do seu potencial antioxidante (ZOLA, 2014).

Entre os métodos desenvolvidos para estimar a atividade de eliminação de radicais, estão os ensaios baseados na eliminação de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) e 2,2 ' azinobis (ácido 3-etylbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS^{•+}), que atualmente são os mais utilizados (NENADIS *et al*, 2004). A geração do ABTS^{•+} tem origem na oxidação do sal por persulfato de potássio, na ausência de luz por 12 a 16 horas. Então este radical, que apresenta coloração azul esverdeado, na presença de um antioxidante, ocorre a redução do ABTS^{•+} a ABTS, levando a perda da coloração do meio reacional. Desta forma a perda de cor determina a porcentagem de inibição do ABTS^{•+} em função do Trolox, como um padrão submetido às mesmas condições de análise do antioxidante, conhecido como curva padrão (NENADIS *et al*, 2004; KUSKOSKI *et al*, 2005; ZOLA, 2014). Com o método ABTS é possível medir a atividade antioxidante de compostos hidrofílicos e lipofílicos (KUSKOSKI *et al*, 2005), é frequentemente utilizado em misturas complexas como extratos de plantas, bebidas e fluidos biológicos, tem excelentes características espectrais, a solubilidade em meios orgânicos e aquosos e a estabilidade em uma

ampla faixa de pH (NENADIS *et al*, 2004). O ensaio de atividade antioxidante pelo método de redutor férrego, conhecido como FRAP determina a capacidade redutora de fluidos biológicos e soluções aquosas de compostos puros e mede a capacidade do composto analisado de reduzir o ferro (ZOLA, 2014). O ensaio FRAP é realizado em pH ácido para manter a solubilidade do ferro. A reação à pH baixo diminui o potencial de ionização que impulsiona a transferência de elétrons e aumenta o potencial redox, causando uma mudança no mecanismo de reação dominante (GULÇIN, 2012). O DPPH é conhecido por apresentar um procedimento fácil e ser um método preciso para medir a capacidade antioxidante de sucos ou extratos de frutas e vegetais (NENADIS *et al*, 2004; ZOLA, 2014). Geralmente usado como um reagente para avaliar a atividade de eliminação de radicais livres de antioxidantes baseia-se na redução de DPPH em solução alcoólica na presença de um antioxidante doador de hidrogênio devido à formação da forma não radical DPPH-H na reação (GULÇIN, 2012).

As frutas exóticas do nordeste brasileiro como ciriguela, jaca, mangaba, murici, sapoti, tamarindo e umbu são fonte de compostos bioativos e atividade antioxidante. Estudos com a polpa de sapoti demonstraram atividade antioxidante de 0,99 $\mu\text{M}/\text{g}$ e 0,17 $\mu\text{M}/\text{g}$ em ABTS e DPPH respectivamente, representados em TEAC (*Trolox equivalent antioxidant capacity* (μM de Trolox /g peso fresco) (ALMEIDA *et al*, 2011).

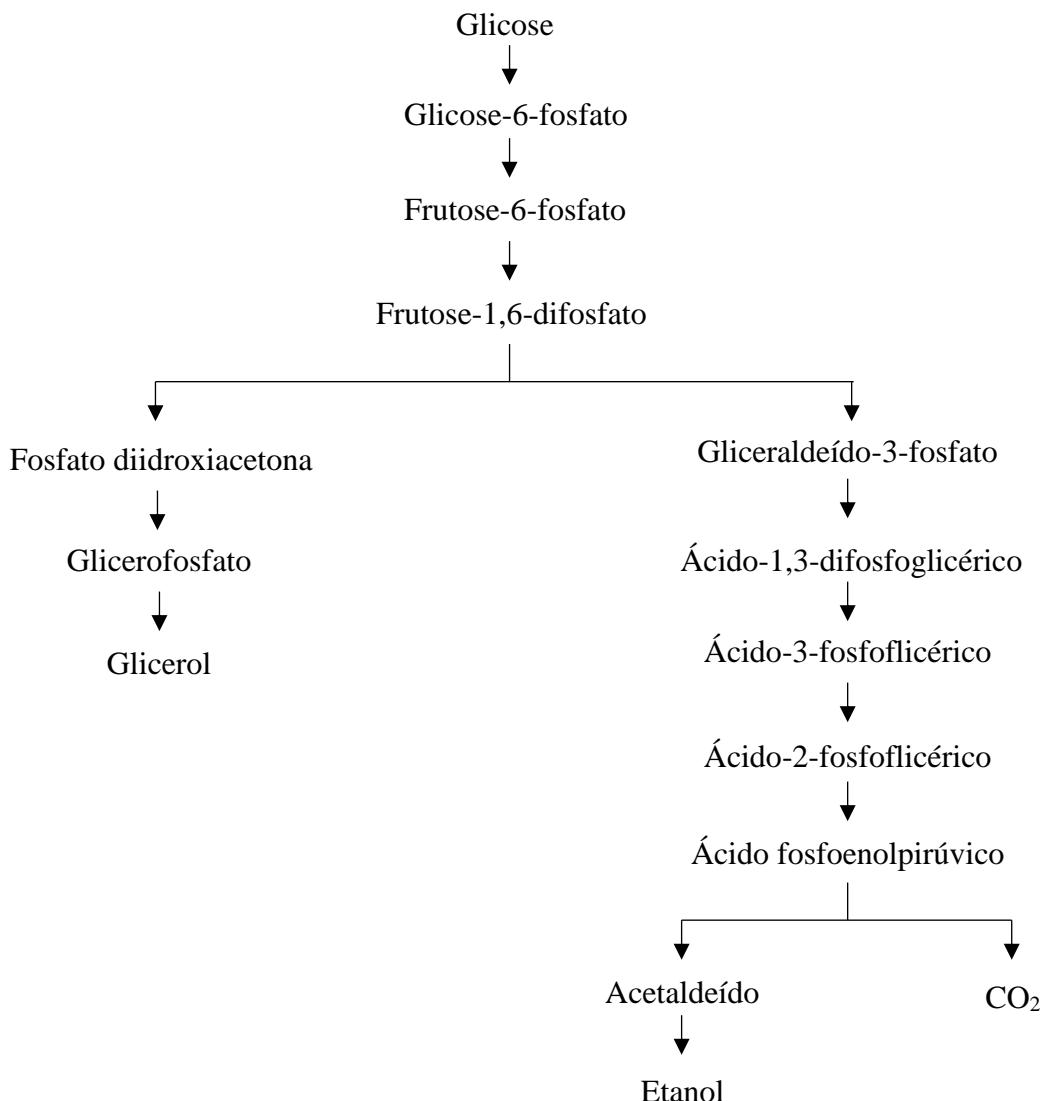
Ma *et al* (2003) isolaram de um extrato metanólico do fruto sapoti 2 novos antioxidantes, o metil 4-O-galoilclorogenato e o ácido 4-O-galoilclorogênico, e 8 antioxidantes polifenólicos conhecidos, sendo eles, clorogenato de metila, di-hidromicetina, quercitrina, mirricitrina, catequina, epicatequina, galocatequina e ácido gálico. Alguns pesquisadores vêm estudando a capacidade antioxidante em resíduos de sapoti. Can-Cauich *et al* (2017) avaliaram a atividade antioxidante em extrato metanólico de casca de sapoti pelos métodos ABTS e DPPH, obtendo respectivamente 1,16 e 0,60 mM/100g (peso seco). Sancho *et al* (2015) analisaram a atividade antioxidante de um extrato etanólico de resíduos (casca + semente) de sapoti pelo método DPPH e obtiveram porcentagem de inibição de 28,56%.

2.5 Fermentados de frutas

A fermentação, seja acética, lática ou alcoólica se destaca como uma alternativa bastante viável para o aproveitamento de frutos, visto a elaboração de novos produtos e agregação de valor. Bioquimicamente, a fermentação alcoólica é a degradação de carboidratos com produção de etanol (álcool etílico) e gás carbônico, objetivando a produção de energia para a manutenção das funções vitais da levedura (OETTERER, 2006). Esta sequência de reações químicas específicas, catalisadas por enzimas, finalizando com a produção de etanol está representada

pela Figura 4. O processo fermentativo mais antigo conhecido é o vinho, especificamente vinho de uvas, que vem sendo estudado ao longo dos anos gerando pesquisas com diferentes tipos de frutas (TSEGAY; SATHYANARAYANNA; LEMMA, 2018).

Figura 4- Produção de álcool por leveduras, a partir de açúcar fermentescível.



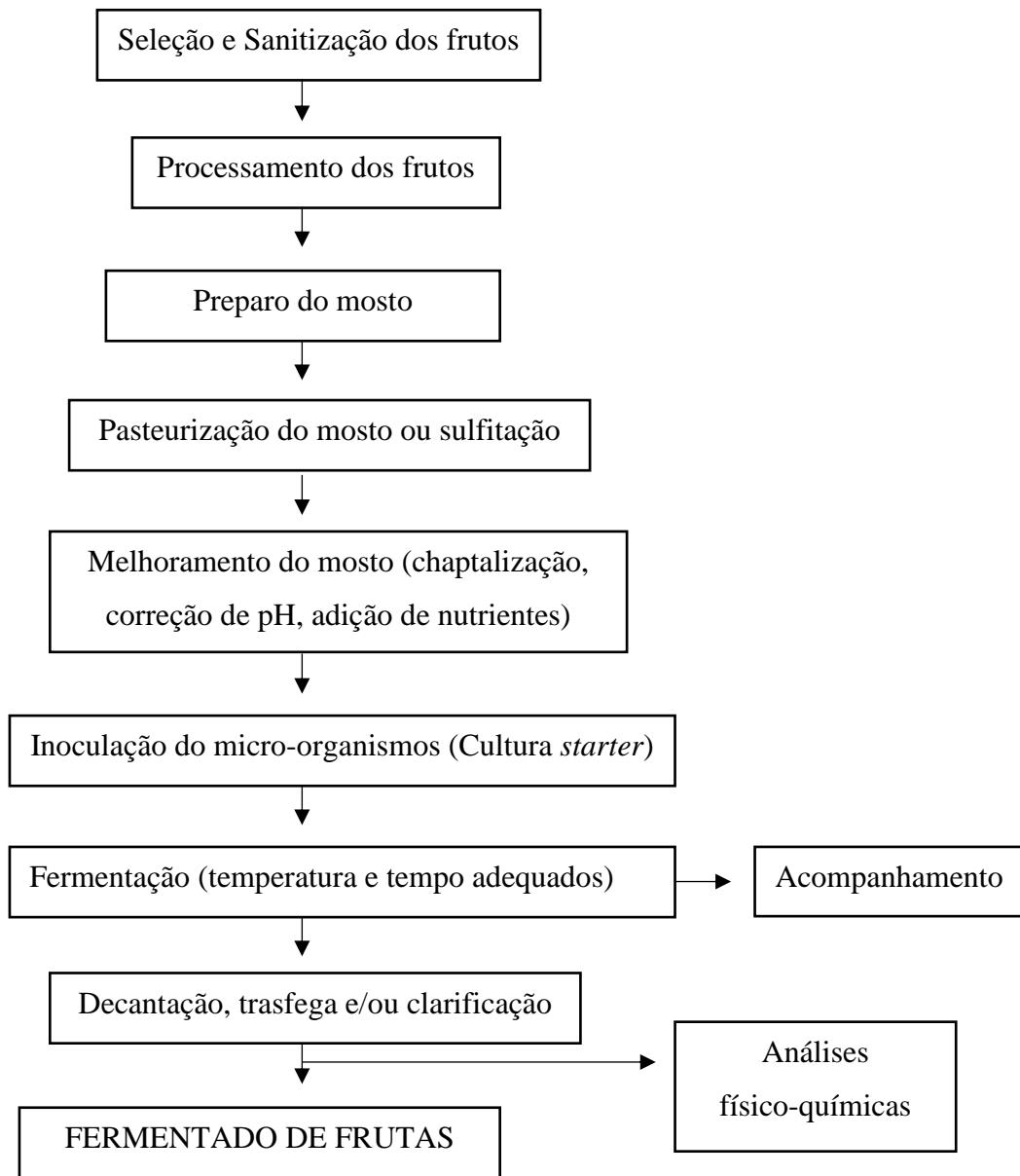
Fonte: OETTERER, 2006.

De acordo com Fellows (2006), os principais fatores que controlam o crescimento e a atividade de micro-organismos em fermentações de alimentos são a disponibilidade de fontes de carbono e nitrogênio e qualquer nutriente específico que seja necessário ao micro-organismo utilizado, como o pH do substrato, o teor de umidade, a temperatura de incubação, o potencial

de redução-oxidação, o estágio de crescimento dos micro-organismos, e a presença de micro-organismos competidores. A temperatura e aeração da fermentação são extremamente importantes, onde a aeração é necessária ao desenvolvimento das leveduras, e a baixa fermentação permite obter alto rendimento em álcool. Assim como a temperatura também afeta a velocidade da fermentação que reflete na natureza e qualidade dos compostos secundários formados, desta forma a temperatura ótima para fermentação na maioria das leveduras é de 25 a 30°C (AQUARONE *et al*, 2014). É comum que todo fermentado apresente acidez volátil, visto que o ácido acético é um produto secundário normal da fermentação alcoólica. A quantidade varia de 3 a 6 mEq/L ou de 0,18 a 0,36 g/L, expresso em ácido acético, e seu teor depende de fatores como a espécie de levedura, composição do mosto e das condições da fermentação (AQUARONE *et al*, 2014).

A fermentação também é utilizada para a elaboração de novas bebidas de frutas fermentadas (SILVA *et al*, 2007). Na Figura 5 está representado um esquema geral da produção de bebidas fermentadas.

Figura 5- Fermentado alcoólico de frutas



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, AFONSO e COSTA (2011) e LIMA *et al* (2016).

A etapa de seleção e sanitização dos frutos é primordial para atestar a qualidade do produto, do contrário, o processo fermentativo seria indesejável e de baixa qualidade (OLIVEIRA; AFONSO; COSTA, 2011). O processamento dos frutos, seja por maceração ou Trituração, tem o objetivo de preparar a polpa, que ao ser diluída em proporção adequada é denominada de mosto. De acordo com Lima *et al* (2016), mostos muito diluídos fermentam mais rapidamente, e sujam menos os aparelhos de destilação, mas exigem maior volume útil dos fermentadores, mais espaço, mais consumo de vapor, mais água para diluição, exigem um período maior de safra e favorecem as infecções, além de outros inconvenientes.

A etapa de pasteurização do mosto tem o objetivo de reduzir os micro-organismos indesejáveis e contaminantes, e que pode ser substituída pela sulfitação. Segundo Morilla, Alves e Aguiar (2015), sulfitos são sais inorgânicos com propriedades antioxidantes e preservativas, dentre outras. Agentes sulfitantes, por sua vez, são compostos capazes de produzir sulfito, utilizados como aditivos alimentares, a fim de auxiliar na prevenção de escurecimento enzimático e não enzimático, no controle do crescimento de microrganismos, atuando como agentes branqueadores, antioxidantes ou redutores, dentre outras funções consideradas, industrialmente importantes. Dentre os agentes sulfitantes, os mais utilizados são: dióxido de enxofre, sulfato de sódio, bissulfito de potássio, bissulfito de sódio e metabissulfato.

O procedimento denominado como melhoramento do mosto, corresponde a oferecer condições favoráveis ao desenvolvimento das leveduras fermentadoras, como a chaptalização, que tem por objetivo a adição de uma certa quantidade de açúcar no mosto, para correção do °Brix, até um valor previamente estipulado (OLIVEIRA; AFONSO; COSTA, 2011); bem como a correção de pH ou adição de nutrientes.

O desempenho do processo fermentativo é afetado pelo tipo de micro-organismo que o executa. Embora existam bactérias capazes de produzir etanol, economicamente as leveduras são os agentes mais usados. A levedura de fermentação alcoólica é a *S. cerevisiae*, que tem a produção de etanol afetada por diversos fatores como a temperatura, que tem sua faixa ótima entre 26 e 35°C; pH entre 4 e 5; concentração de açúcar, que tem relação direta com o aumento da velocidade da fermentação e produtividade; e concentração do inóculo, onde maiores concentrações de levedura na dorna permitem fermentações mais rápidas, com maior produtividade e maior controle sobre as bactérias contaminantes, além de restringir o crescimento da própria levedura, mas que por outro lado, o elevado teor de leveduras exige energia de manutenção maior, ou seja, maior consumo de açúcar para manter as leveduras vivas (LIMA *et al.*, 2016).

Durante a fermentação as leveduras presentes produzem, além dos compostos primários como etanol e dióxido de carbono, compostos secundários como enzimas envolvidas na formação de compostos odoríferos, conhecidos como compostos voláteis.

2.5.1 Compostos voláteis produzidos por fermentação alcoólica

Os constituintes voláteis das plantas, como ésteres, álcoois, aldeídos, hidrocarbonetos, cetonas, terpenos, e fenóis ácidos desempenham papéis importantes no processo de crescimento e defesa da planta contra pragas de insetos e patógenos micobianos, e tem alcançado um novo significado recentemente, ao demonstrar potencial industrial (YANG; LI; WANG, 2013).

Os compostos voláteis são responsáveis pelo aroma do fermentado e podem ser oriundos de compostos originais dos frutos e que não são alterados pela fermentação, ou resultantes de transformações bioquímicas ocorridas em compostos originalmente presentes na matéria-prima, formando novos compostos voláteis, e ainda outros compostos são gerados durante o processo de envelhecimento (ARAUJO *et al*, 2010).

Frutas tropicais geralmente possuem aroma forte e agradável, sendo fonte de compostos voláteis, desta forma diversos pesquisadores vêm desenvolvendo pesquisas sobre fermentação alcoólica de frutas na produção desses compostos. Capobiango *et al* (2016) obtiveram no fermentado alcoólico de banana da terra, produzido por *S. cerevisiae*, compostos voláteis como 1-propanol, 2-metil-1-propanol, 3-metil-1-butanol, 1-hexanol, acetato de etila, lactato de etila e ácido hexanóico, que podem contribuir com o aroma floral do fermentado. Roda *et al* (2017) obtiveram no fermentado alcoólico de resíduo de abacaxi por *S. cerevisiae* compostos voláteis como Etiloctanoato, hexanoato de etila, acetato de etila e Isoamilacetato; e Mendes-Ferreira *et al* (2019) obtiveram aceto aldeído, Etilacetato, 2-metil-1-butanol, e 2 Feniletanol no fermentado de mirtilo, também utilizando leveduras *S. cerevisiae*.

Relatos da composição volátil de fermentados de sapoti não foram encontrados na literatura, alguns autores caracterizaram polpa de sapoti, obtendo 33% de ésteres, 27% de álcoois, 18% de terpenos, e 21% outros voláteis (UEKANE *et al*, 2017). Ainda, Lasekan e Yap (2018) quantificaram 29 compostos voláteis entre eles benzoato de etila, E-2-hexenal e p-cariofileno.

Desta forma os processos fermentativos, associados a matérias primas com teor de compostos voláteis como o sapoti, vêm sendo estudados como fonte para produção e otimização de obtenção destes compostos voláteis, demonstrando potencial industrial.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial bioativo de casca e sementes de sapoti e determinar o perfil de compostos voláteis de diferentes formulações de bebidas fermentadas.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar físico-químicamente a polpa e os resíduos de sapoti (cascas e sementes);
- Obter os extratos dos resíduos de sapoti utilizando água destilada e diferentes solventes orgânicos em concentrações entre 40 e 80% através dos métodos de maceração e ultrassom;
- Determinar os teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais nos extratos dos resíduos;
- Determinar a atividade antioxidante dos extratos dos resíduos de sapoti com maiores teores de fenólicos totais e flavonoides totais;
- Identificar e quantificar os compostos bioativos nos extratos de resíduos de sapoti com maiores teores de fenólicos totais e flavonoides totais através de cromatografia líquida de alta eficiência;
- Elaborar diferentes formulações de bebidas fermentadas a partir da polpa de sapoti;
- Extrair os compostos voláteis nos fermentados de sapoti por cromatografia gasosa;
- Identificar e quantificar os compostos voláteis nos fermentados de sapoti por cromatografia gasosa.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Os frutos de sapoti maduros foram obtidos no Mercado Municipal de Aracaju e transportados ao Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Bioengenharia, do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Sergipe. Entre os diversos materiais utilizados nas análises seguintes, o fermento biológico da marca Fleischmann e o açúcar cristal da marca União, ambos obtidos em supermercados. Os reagentes utilizados foram etanol e metanol (Neon, Brasil), meta-bissulfito de potássio (Dinâmica, Brasil), quercetina, Folin-Ciocalteau, Trolox (Sigma-Aldrich, Estados unidos da América), ABTS, DPPH, e acetato de etila-D8 (Sigma-Aldrich, Estados unidos da América), twister (Gerstel, Müllheim an der Ruhr, Alemanha), padrões analíticos de alta pureza (> 98%) como catequina, epigalocatequina, galato de epigalocatequina, galato de etila, ácido gálico, ácido protocatecuico, e ácido vanílico foram adquiridas de Sigma-Aldrich (Estados Unidos).

4.2 Metodologia

4.2.1 Tratamento dos frutos de sapoti

Os frutos foram sanitizados por 10 minutos em água clorada e lavados em água corrente, despolpados manualmente para separação das cascas, sementes e polpa (BASTOS, 2006). A polpa foi processada em liquidificador e homogeneizada, e armazenada congelada até o momento de realização das análises em sacos *ziplock*. As cascas e sementes foram secas a 50°C em estufas de circulação de ar por 24 h, e em seguida trituradas em moinho, e armazenadas à temperatura ambiente até seu uso (Safdar *et al*, 2016 com algumas modificações).

4.2.2 Análises físico-químicas da polpa e dos resíduos de sapoti

4.2.2.1 Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado em refratômetro digital da marca Kasvi, modelo K52-032, com gotas da polpa e dos resíduos diluídos, e o valor real calculado proporcionalmente à diluição (IAL, 2008).

4.2.2.2 pH

O pH da polpa e resíduos foi determinado diretamente em pHmetro digital da marca Del Lab, modelo DLA-PH, calibrado previamente, pesando-se 10g das amostras e diluindo em 100 mL de água destilada (IAL, 2008).

4.2.2.3 Acidez total titulável

A determinação da acidez total foi realizada em pHmetro conforme recomendado para amostras coloridas, e baseou-se na titulação de neutralização dos ácidos com solução padronizada de álcali, com o uso de indicador fenolftaleína ou com o pHmetro digital da marca Del Lab, modelo DLA-PH, até o ponto de equivalência. A acidez total foi expressa em g de ácido málico por 100 mL de amostra, calculada pela fórmula: $\frac{VxFx10}{P}$, onde V é nº de mL da solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação, F = fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1 N, e P = nº de g da amostra (IAL,2008).

4.2.2.4 Umidade

Para a determinação da umidade, 2g da amostra foi colocada em estufa de circulação de ar a 105°C por 3h e a cada hora pesou-se até obter peso constante. A umidade foi calculada pela fórmula: $\frac{100xN}{P}$ = umidade a 105°C por cento (m/m), onde N corresponde ao número de gramas perdidas, e P o número de gramas da amostra (IAL,2008).

4.2.2.5 Cinzas

Para a determinação de cinzas pesou-se 5g das amostras desidratadas e incinerou-se em mufla a 550°C até eliminação completa do carvão. As cinzas de cor branca ou acinzentada foram resfriadas em dessecador à temperatura ambiente e pesadas. O cálculo foi feito por $\frac{100xN}{P}$ = cinzas por cento (m/m), onde N é o número de gramas de cinzas e P o número de gramas da amostra (IAL,2008).

4.2.2.6 Proteínas

A determinação das proteínas ocorreu pelo método de *Kjeldahl* clássico conforme recomendado pelo Manual de métodos do Instituto Adolf Lutz (IAL,2008). A amostra (1g) foi transferida para o balão de *Kjeldahl* na qual a matéria orgânica foi decomposta pelo ácido sulfúrico e mistura catalítica. A amostra foi transferida ao balão do conjunto de destilação até obter cerca de 50% do destilado, e então foi titulado o excesso de ácido sulfúrico 0,05 M com solução de hidróxido de sódio 0,1 M, usando vermelho de metila. Então foi calculado o conteúdo de nitrogênio da amostra, e convertido ao teor de proteínas.

4.2.2.7 Lipídeos

O teor de lipídeos da amostra foi determinado por extração direta em *Soxhlet*. Foram pesadas 2g da amostra em cartucho de *Soxhlet*, transferido para o aparelho extrator tipo *Soxhlet*, acoplado ao extrator tarado a 105°C, então adicionou-se éter etílico como solvente e manteve-

se sob aquecimento em chapa elétrica, à extração contínua por 8h, transferido para estufa a 105°C mantendo por cerca de uma hora até peso constante (IAL,2008).

4.2.3 Obtenção dos extratos dos resíduos de sapoti através de 2 técnicas de extração

Para a obtenção dos extratos utilizou-se a técnica de extração por maceração e por ultrassom. Para a extração por maceração, os extratos da casca e sementes de sapoti foram obtidos com água destilada, etanol e metanol nas concentrações de 40%, 50%, 60%, 70% e 80%, na proporção 1:5 (sólido: solvente) de acordo com metodologia adaptada de Valvi *et al* (2011). Em seguida as amostras foram mantidas em *shaker orbital* a 200 rpm, temperatura de 30°C durante 60 min. A seguir, filtrou-se em papel filtro e o sobrenadante obtido foi analisado quanto ao teor de compostos fenólicos totais e teor de flavonoides totais.

Para a extração por ultrassom, água destilada e etanol nas concentrações de 40%, 50%, 60%, 70% e 80% foram adicionados aos resíduos de sapoti na proporção 1:5 (sólido/solvente). Em seguida, as amostras foram colocadas em banho ultrassônico (modelo USC-1400A, UNIQUE, Brasil), por 60 min, temperatura de 30°C, 50 kHz de frequência e 250 VA de força, metodologia adaptada de Rezende *et al* (2017).

4.2.4 Determinação de compostos bioativos em extratos de resíduos

4.2.4.1 Determinação do teor de compostos fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com a metodologia de Folin-Ciocalteau, descrita por Shetty *et al* (1995) adaptada, utilizando ácido gálico como padrão. A solução foi preparada a partir de alíquotas de 1mL dos extratos, que foram transferidos para tubos de ensaio, seguidos por 1mL de solução de etanol 95%, 5 mL de água destilada e 0,5 mL de reagente Folin-Ciocalteau 1N, homogeneizada em vortex. Em seguida, adicionou 1 mL de solução de carbonato de sódio 5% (p/v), seguindo uma nova homogeneização e os tubos de ensaio foram mantidos em descanso em câmara escura por 60 min. O mesmo procedimento foi realizado substituindo a amostra pelo solvente para obtenção do branco.

A absorbância das amostras foi medida no comprimento de onda de 725 nm. As curvas de calibração (Apêndices A-P), utilizadas para quantificação dos extratos, foram produzidas a partir de diferentes concentrações de ácido gálico (0-150 mg/L), a fim de converter as absorbâncias e expressar os resultados em termos de miligramas de ácido gálico equivalente (EAG) por 100 g do resíduo em base seca (mg EAG/100g).

4.2.4.2 Determinação do teor de Flavonoides totais

A determinação do teor de flavonoides totais nos extratos dos resíduos foi realizada segundo metodologia descrita por Meda *et al* (2005), com algumas alterações. A solução foi preparada a partir de 2 mL do extrato em tubos de ensaio e 2 mL de cloreto de alumínio 2% (p/v), seguida de homogeneização em vortex e repouso no escuro por 30 min. O mesmo procedimento foi realizado substituindo a amostra pelo solvente para obtenção do branco. As absorbâncias das amostras foram lidas a 415 nm.

A concentração total de flavonoides totais foi determinada através de curvas de calibração (Apêndices Q-FF), construídas a partir de diferentes concentrações de queracetina (0-50 mg/L). Os resultados foram convertidos e expressos em termos de miligramas de queracetina (QCE) por 100g de resíduo em base seca (mg QCE/100 g).

4.2.5 Determinação da Atividade antioxidante dos extratos dos resíduos

4.2.5.1 Atividade antioxidante pelo método de redução do radical ABTS

O radical livre ABTS + foi capturado de acordo com a metodologia proposta por Nenadis *et al* (2004), com modificações. Desta forma uma alíquota de 30 µL de extrato foi transferida para tubos de ensaio com 3,0 mL do radical ABTS + e homogeneizados em vortex. As amostras reagiram ao abrigo da luz por 6 min, e a leitura do valor de absorbância foi feita no espectrofotômetro a 734 nm. Diferentes concentrações de Trolox variando de 100 a 1600 µmol Trolox/L são usados para construir a curva de calibração (Apêndice GG). Os resultados são expressos em termos (µmol Trolox/g de resíduos).

4.2.5.2 Poder antioxidante redutor férrico (FRAP)

O ensaio do poder antioxidante redutor férrico (FRAP) foi realizado de acordo com o método relatado por Thaipong *et al* (2006), onde uma alíquota de 90 µL do extrato foi transferida para tubos de ensaio, com 270 µL de água destilada, misturada com 2,7 mL do reagente FRAP, homogeneizado em vortex e mantido a 37 °C em banho-maria por 30 min realizar, seguido da leitura em um espectrofotômetro a 595 nm. A atividade antioxidante foi calculada a partir de diferentes concentrações de 100 a 1200 µmol Trolox/L para construir a curva de calibração (Apêndice II), e os resultados expressos em termos (µmol Trolox/g de resíduos).

4.2.5.3 Atividade sequestradora do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)

O método de captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), foi realizado de acordo com Kwon, Vattem e Shetty (2006) com modificações. Misturou-se uma alíquota de

250 µL de extrato a 1,25 mL de DPPH em tubo de ensaio. Após 5 min de descanso sobre o abrigo da luz foi realiza a leitura da absorbância a 517 nm em espectrofotômetro. Também foi preparada uma solução controle, semelhante a anterior, substituindo apenas o extrato por etanol 95%. Diferentes concentrações Trolox variando de 50 a 250 µmol Trolox/L são utilizados para construção da curva de calibração (Apêndice HH), onde os resultados serão expressos em (µmol Trolox/g de resíduos).

4.2.6 Identificação e quantificação de compostos bioativos em extratos de resíduos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

4.2.6.1 Instrumentação

A identificação de polifenóis nos extratos selecionados de resíduos de sapos foi realizada em um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) da Shimadzu (Japão), equipado com duas bombas LC-20AD, auto-injetor SIL-20A, controlador de sistema CBM-20A, e um sistema de detecção de matriz de diodos SPD-M20A, de acordo com metodologia adaptada de Andrade *et al* (2017). Cromatogramas foram registrados e avaliados pelo “Software Solution” da LC (versão 1.24 SP2) da “Shimadzu Technologies”. O sistema CLAE foi conectado à uma coluna C18 Kinetex (Phenomenex, Califórnia USA) (150mm de comprimento, diâmetro interno de 4,6mm e tamanho de partícula de 5 µm).

4.2.6.2 Condições analíticas

A fase móvel do sistema CLAE consistiu em água acidificada com ácido fórmico 0,1% na fase A, e acetonitrila acidificada com ácido fórmico 0,1% na fase B. O programa de eluição em gradiente foi linear a uma taxa de fluxo de 1,0 mL/min.

A eluição do gradiente foi de 1,0 a 6,0 min, 15% de B; 7,0 a 12,0 min, 25% de B; 13,0 a 16,0 min, 30% de B; 17,0 a 20,0 min, 35% de B; 21,0 a 24,0 min, 40% de B; 25,0 a 27,0 min, 45% de B; 28,0 a 29,0 min, 50% de B; 30,0 a 32,0 min, 15% de B. O programa foi parado aos 32 minutos. O volume de injeção foi de 10 µL, enquanto a temperatura da coluna foi mantida a 40°C. Os compostos foram medidos na faixa de 259-278 nm e banda com 4 nm usando o detector de matriz de diodos. Os picos dos compostos foram identificados nos cromatogramas comparando os tempos de retenção com os obtidos pelos padrões analíticos. Para a quantificação utilizou-se as equações obtidas através das curvas de calibração dos padrões, sendo a concentração em função da área do pico (Apêndice JJ).

4.2.7 Produção de bebidas fermentadas - Fermentado de Sapoti

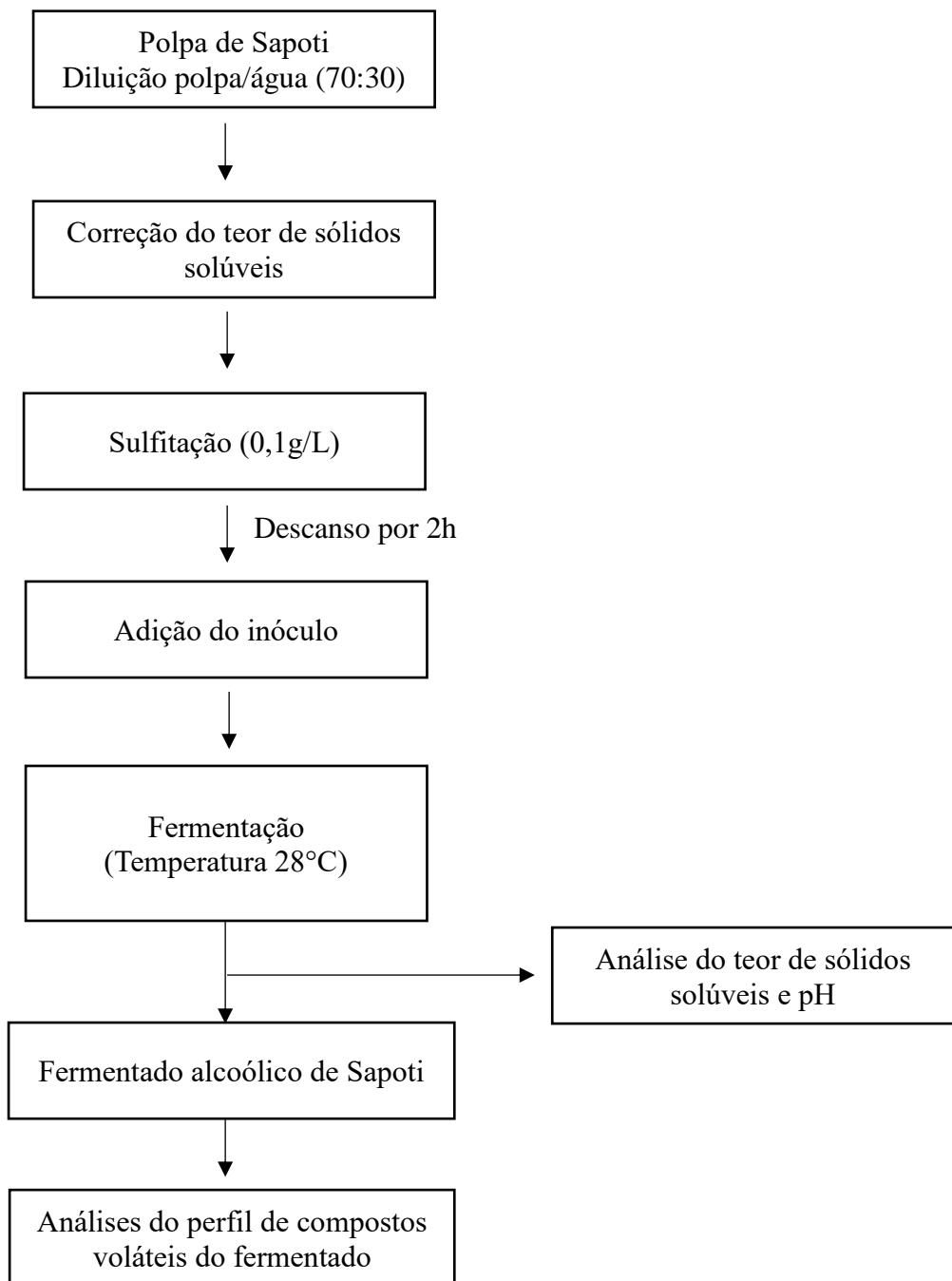
Inicialmente, a levedura *Saccharomyces cerevisiae* liofilizada foi ativada utilizando-se 10 g de fermento biológico em 100 mL de água destilada a 40°C, mantendo-se em repouso por 10 min, seguido por agitação manual, mantendo-se novamente em repouso e agitando por mais 2 vezes. Para o preparo das bebidas fermentadas variou-se a concentração de sólidos solúveis totais (°Brix) e a concentração do inóculo conforme o delineamento composto central rotacional (DCCR) $2^2 + 4$ pontos axiais e 3 pontos centrais (Tabela 2). As fermentações foram realizadas em frascos Erlenmeyers de 2000 mL onde adicionou-se 1L de polpa diluída na proporção 70:30 (polpa/água), a qual teve o teor de sólidos solúveis previamente ajustado de acordo com a Tabela 2, pela adição de açúcar até o teor de sólidos solúveis desejados à formulação, e 0,1 g/L metabissulfito de potássio 2 horas antes da inoculação. Após este tempo, adicionou-se o inóculo de levedura e deixou-se os frascos em repouso à 28°C até estabilizar o teor de sólidos solúveis e o pH. A Figura 6 expressa o fluxograma do processo fermentativo.

Tabela 2- Matriz do delineamento composto central rotacional para obtenção do fermentado de saposi

Fermentação	Valores codificados			Valores reais	
	X ₁	X ₂	°Brix	Concentração de inóculo g/L	
1	-1	-1	11,5	3,2	
2	+1	-1	18,5	3,2	
3	-1	+1	11,5	8,8	
4	+1	+1	18,5	8,8	
5	-1,41	0	10	6	
6	+1,41	0	20	6	
7	0	-1,41	15	2	
8	0	+1,41	15	10	
9	0	0	15	6	
10	0	0	15	6	
11	0	0	15	6	

X₁: Valores codificados para Brix. X₂: Valores codificados para concentração de inóculo. Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 6- Fluxograma de produção do fermentado de Sapoti



Fonte: Autoria própria (2020).

4.2.8 Extração e identificação de compostos voláteis nas bebidas fermentadas de Sapoti

A extração dos compostos voláteis por extração em barra sortiva (SBSE) foi realizada conforme metodologia descrita e validada por Ríos-reina *et al* (2019). Cinco mL de fermentado de sapoti e 1,67 g de NaCL foram colocados em um frasco de 20 mL. Um *twister* (*Gerstel, Müllheim an der Ruhr*, Alemanha) de 10 mm de comprimento revestido com um filme de polidimetilsiloxano (PDMS) de 0,5 mm foi inserido no frasco para realizar a extração. O frasco foi então fechado e aquecido em um banho termostático por 60 min a 62 °C. Após 5 min de manutenção do frasco à temperatura ambiente, o *twister* foi removido com uma pinça, lavado com água Milli-Q e seco com um papel de seda sem fiapos. Finalmente, o *twister* foi transferido para um tubo de vidro com 60 mm de comprimento, 6 mm de diâmetro externo e 4 mm de diâmetro interno, colocado na unidade de dessorção térmica para dessorção dos compostos voláteis e posterior análise por Cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas (GC-MS).

A temperatura de dessorção dos compostos voláteis na unidade de dessorção térmica (TDU) foi de 35 °C por 1 min, subindo a uma taxa de 60 °C/min para 250 °C e mantido por 5 min. A CIS foi mantida a -15 °C com nitrogênio líquido durante o tempo total de dessorção e, em seguida, aumentado para 260 °C a 10 °C/min se mantendo por 4 min. O modo de operação da CIS foi por ventilação do solvente para transferir a amostra para o cromatógrafo a gás da marca Agilent modelo 7890B (*Agilent Technologies*, Santa Clara, CA, EUA), acoplado a uma coluna HP5-MS (30m x 0,25 mm, espessura de filme de 0,25 µm, *Agilent Technologies*, Santa Clara, CA, EUA) com gás de arraste Hélio 5.0 com uma vazão de 1 mL/min. A programação da temperatura da coluna foi de 35°C por 5 min, sendo elevado para 220°C a 2,5 °C/min (mantido 15 min), onde ocorreu a separação dos compostos voláteis. Os espectros de massa dos compostos voláteis foram obtidos em um espectrômetro de massa da marca Agilent, modelo 5975 (*Agilent Technologies*, Santa Clara, CA, EUA), com temperaturas do quadrupolo, fonte de ionização e linha de transferência de 150, 280 e 260°C, respectivamente. A energia de ionização utilizada no espectro foi de 70 eV e a faixa de massas analisada foi de 35-350 m/z. Cada amostra foi analisada em triplicata.

Os compostos voláteis foram então identificados com base na comparação de seus índices de retenção linear (LRIs) com os padrões de referência autênticos e espectros de massa correspondentes aos espectros de massa de referência do NIST MS Search v.2.0. Quando os padrões não estavam disponíveis, os compostos que o espectro de massa concordou com a base de dados espectral de massa e o LRI concordou com os dados da literatura, foram considerados

tentativamente identificados (TI). Os LRIs foram calculados usando os tempos de retenção de n-alcanos obtidos sob condições analíticas idênticas.

A semi-quantificação dos compostos voláteis foi realizada pelo método padrão interno (IS) (ZHANG *et al*, 2019). O nível da área do pico de interesse para a área do padrão interno. O acetato de etila-D8 (*Sigma-Aldrich, USA*) foi utilizado como padrão interno e os fatores de calibração foram considerados 1, de acordo com a seguinte equação.

$$[X] = \frac{A_c \cdot m_s}{A_i \cdot m_0} \cdot 1000$$

Onde, [X] é a concentração do composto volátil de interesse em $\mu\text{g}/\text{kg}$; m_s é a massa do padrão interno, expressa em μg ; m_0 é a massa da amostra de vinagre utilizada, expressa em g; A_c é a área do volátil identificado; A_i é a área do padrão interno.

4.2.9 Análise estatística

Os resultados foram demonstrados como média \pm desvio padrão. Para a comparação das médias, uma análise de variância (ANOVA) foi realizada, bem como o teste de Tukey, com significância de 5%, utilizando o programa SISVAR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização físico-química da polpa e dos resíduos de sapoti

A composição físico-química do sapoti foi determinada para a polpa *in natura* e para as farinhas da casca e sementes de sapoti conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3- Composição físico-química da polpa, e farinhas da casca e semente de sapoti.

Composição	Polpa de sapoti <i>in natura</i>	Farinha da casca de sapoti	Farinha de sementes de sapoti
Teor de sólidos solúveis (°Brix)	14,7 ± 0,4	51,3 ± 0,9	11,3 ± 0,4
pH	5,3 ± 0,0	5,4 ± 0,1	5,6 ± 0,02
Acidez total titulável (%)	3,9 ± 0,0	16,7 ± 1,3	5,2 ± 0,3
Umidade (%)	76,8 ± 0,3	10,5 ± 0,1	9,6 ± 0,0
Cinzas (%)	0,4 ± 0,0	3,4 ± 0,1	1,9 ± 0,0
Proteínas (%)	0,6 ± 0,0	3,7 ± 0,1	4,6 ± 0,0
Lipídeos (%)	0,9 ± 0,0	2,5 ± 0,1	7,8 ± 0,0

Fonte: Autoria própria (2020).

O teor de sólidos solúveis da polpa foi de 14,7 °Brix, próximo aos obtidos por Brito e Narain (2002) (15,80 °Brix) e Oliveira, Afonso e Costa (2011) (15,7° Brix). Por sua vez o teor de sólidos solúveis de casca e semente foram de 51,3 e 11,3°Brix, respectivamente. Não foi observado na literatura dados sobre o teor de sólidos solúveis em casca ou semente de sapoti a fim de serem usadas como comparativo. Sancho *et al* (2015) ao avaliar resíduo industrial de sapoti, procedente da junção de casca e semente desidratados, obtiveram apenas 2,0° Brix, utilizando metodologia de secagem de 24 h, à 60°C.

Alguns trabalhos apresentaram alto teor de sólidos solúveis para pós de resíduos de frutas, como farinha de casca e miolo de abacaxi (56 °Brix) (BARROS *et al*, 2019), e farinhas dos resíduos de manga, acerola e goiaba com 51,6 °Brix, 40,8 °Brix e 29,7 °Brix, respectivamente (MENEZES *et al*, 2018). Sousa *et al* (2014) relataram que valores elevados de sólidos solúveis em resíduos de frutas desidratadas são ocasionados pela redução no teor de água da amostra, e que grande parte dos teores de sólidos solúveis totais presentes nas frutas, também estão presentes em seus resíduos. Segundo o autor, a variação nos teores encontrados para resíduos de acerola, graviola e tangerina, também pode ser justificada pela variação do

processamento aplicado na extração da polpa, fatores climáticos, variedade do fruto, tipos de solo e diversos outros fatores agronômicos.

Em relação ao pH da polpa de 5,3, pode-se afirmar que este encontra-se dentro do observado na literatura, entre 4,9 (BRITO; NARAIN, 2002), e 5,5 (OLIVEIRA; AFONSO; COSTA, 2011). Os valores de pH dos resíduos mantiveram-se semelhantes aos da polpa, onde a casca apresenta pH de 5,4 e a semente de 5,6. A determinação do pH em alimentos é importante para se conhecer fatores como o desenvolvimento de micro-organismos, a atividade enzimática, a retenção de sabor-odor de produtos de frutas, a verificação do estado de maturação das frutas, entre outros (CECCHI, 2003).

De acordo com Queiroga (2015) os teores de ácidos orgânicos, de sólidos solúveis e pH, são fatores importantes na qualidade do fruto, e estes parâmetros podem ser influenciados a depender da época, local de colheita, variedade do fruto, tratos culturais e manuseio pós-colheita. Foi observado neste trabalho uma acidez total titulável de 3,9% para polpa, 16,7% para casca, e 5,2% para semente.

O teor de umidade encontrado na polpa de sapoti (76,8%) corresponde ao alto teor de umidade observado nos frutos de sapoti *in natura*: 71% (PANDA *et al*, 2014), 75,1% (BRITO; NARAIN, 2002), e 75,0% (OLIVEIRA; AFONSO; COSTA, 2011). Os teores de umidade observados para as farinhas dos resíduos de sapoti (entre 9,6 e 10,5%) foram maiores que o demonstrado por Sancho *et al* (2015) para resíduos de sapoti (4,7%). Esta variação pode ser devido ao fato destes autores terem previamente tratado os resíduos em temperatura de 60°C por 24 h, enquanto que no trabalho atual, as farinhas foram secas por 50°C, durante 24h. Por outro lado, os teores de umidade nas farinhas da casca e sementes de sapoti foram próximos aos obtidos em farinha de semente de jaca (9,2%) (KUMORO; HIDAYAT, 2018), farinha de resíduos de acerola (11,3%) (MENEZES *et al*, 2018) e farinha de resíduo de carambola (9,4%) (BORDIM *et al*, 2018).

O teor de cinzas da casca (3,4%) foi superior aos obtidos para polpa (0,4%) e sementes de sapoti (1,9%). São frequentemente observados teores elevados de cinzas em partes não comestíveis de frutas, como as cascas e sementes, quando comparamos a sua porção comestível, a polpa (MESQUITA, 2018). De acordo com Farias *et al* (2018), isto pode estar relacionado ao maior teor de nutrientes nos resíduos indicando um maior teor de minerais. O teor de cinzas da polpa de sapoti foi semelhante aos obtidos por Brito e Narain (2002) (0,4%), e Panda *et al* (2014) (0,5%). Sancho *et al* (2015) obtiveram teor de cinzas de 2,1% para a junção de casca e semente de sapoti, que também representam valores valor próximo encontrado neste trabalho.

Neste trabalho o teor de proteínas na polpa de sapoti (0,6%) foi bem inferior ao obtido na casca (3,7%) e na semente (4,6%). Também Kulkarni, Policegoudra e Aradhya (2007) obtiveram baixo teor de proteínas (0,3%) na polpa de sapoti e Sancho *et al* (2015) obtiveram valor próximo a este trabalho na junção de casca e semente de sapoti (6,6% de proteínas). Neste trabalho os maiores teores de lipídeos foram observados nos resíduos, o que corresponde a 7,8% para semente, e 2,5% para casca, e por fim, a polpa obteve 0,9% de lipídeos. Brito e Narain obtiveram também obtiveram baixo teor de lipídeos em polpa de sapoti maduro (0,5%); e Sancho *et al* (2015) um alto teor de lipídeos em resíduos de sapoti (11,7%), concluindo então que é comum aos resíduos de sapoti um maior teor de lipídeos que a polpa in natura, demonstrando potencial para aplicação de resíduos como fonte de macronutrientes.

5.2 Compostos fenólicos totais e flavonoides totais nos extratos dos resíduos de sapoti

Os teores de fenólicos totais obtidos nos extratos de casca e sementes de sapoti estão demonstrados nas Figuras 7 e 8, respectivamente. Na Figura 7 observou-se que o extrato da casca de sapoti em metanol 50% pelo método de extração por maceração, diferiu estatisticamente ($p>0,05$) dos demais extratos, representando o maior teor de compostos fenólicos totais da casca, com valor de 234,32 mg EAG/100g de resíduo. Para os teores de fenólicos totais nos extratos da semente de sapoti, observou-se que o extrato de metanol a 80% pelo método de extração por ultrassom, diferiu estatisticamente entre si ($p>0,05$) (Figura 8), obtendo teor de compostos fenólicos totais de 65,28 mg EAG/100g de resíduo.

Pôde-se observar que o teor de compostos fenólicos totais em extratos de resíduos de sapoti variou significativamente em relação ao tipo e concentração de solvente, bem como o método de extração utilizado. Koçak e Pazir (2018) relataram que o rendimento de uma extração varia em função do tempo de extração, tipo de solvente, de condições do processo como temperatura, tamanho de partícula e concentração do composto bioativo que se deseja extrair da planta, mas principalmente a polaridade do analito alvo, que é um dos fatores críticos para a escolha do solvente adequado. O metanol foi o melhor solvente para a extração dos compostos fenólicos nos resíduos do sapoti, em geral este solvente por ser altamente polar aumenta a solubilidade de compostos bioativos facilitando a extração (HORINCAR *et al*, 2019).

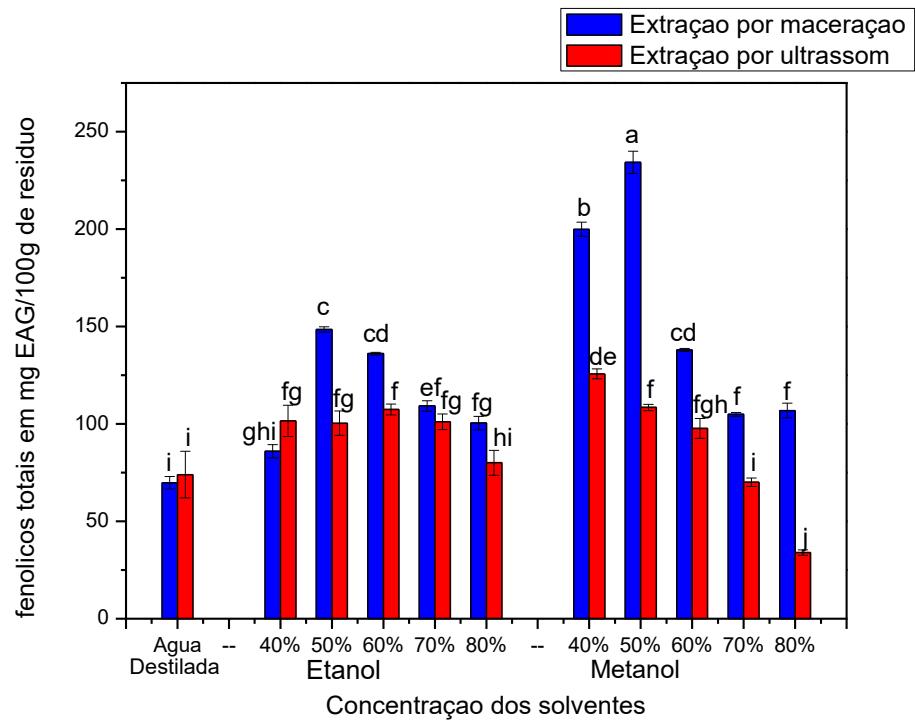
O metanol também tem sido eficiente para a extração de compostos fenólicos de plantas e outras frutas. Horincar *et al* (2019) avaliaram a extração de compostos bioativos em casca de berinjela em diferentes solventes e obtiveram 6 tipos de antocianinas nos extratos em metanol, 5 em etanol e apenas 2 em acetona. Sukadeetad *et al* (2018) demonstraram que extratos em

metanol 50% foram eficientes para extrair compostos fenólicos de extratos de folhas de veludo-roxo (*Gynura pseudochina* (L.)), especificamente ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido p-cumárico, e rutina. Safdar *et al* (2016) também obtiveram máximo teor de compostos fenólicos em cascas de frutas cítricas utilizando metanol 80% associado à extração assistida por ultrassom, determinando especificamente compostos como ácido gálico, ácido clorogênico, ácido ferúlico, ácido cumárico, catequinas, entre outros.

Em relação ao teor de compostos fenólicos totais em extratos de casca de sapoti, Can-Cauich *et al* (2017) obtiveram 210 mg EAG/100 g (peso seco) no extrato em metanol, resultado próximo ao obtido no presente estudo (199,92 mg EAG/100g em metanol 40% e 234,32 mg EAG/100g em metanol 50% com maceração). Já Singh *et al* (2016) obtiveram resultado superior, 1151,4 mg EAG/100g (base seca) em extrato da casca de sapoti em metanol 60%. SANCHO *et al* (2015) obtiveram apenas 4,35 mg EAG/100g de resíduo (base seca) no extrato da junção de casca e semente de sapoti em etanol 50% e SILVA *et al.* (2014) 1053,43 mg EAG/100g de resíduo (base seca) no extrato de um subproduto composto de casca, sobras de polpa e sementes de sapoti em etanol 50%. Não foram encontrados relatos na literatura sobre teor de compostos fenólicos totais somente em extratos de semente de sapoti.

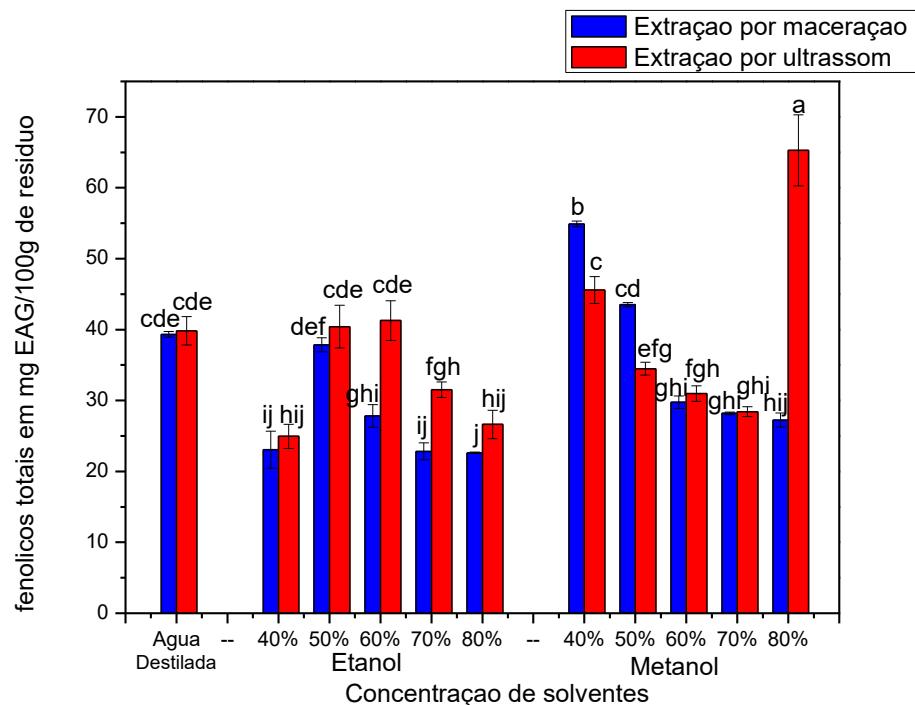
Comumente a técnica de extração assistida por ultrassom tem apresentado melhores resultados para a extração de compostos bioativos, o que não aconteceu neste trabalho para o teor de compostos fenólicos totais em extratos de casca, ao apresentar maiores teores em extrato metanol a 50% associado à maceração. Meregalli (2017) ao estudar a otimização de extração de compostos bioativos da casca do Araçá-Vermelho por diferentes métodos de extração, observou que a extração por ultrassom foi mais eficiente do que por maceração nos primeiros 30 min e foi similar entre 60 e 90 min. Além disto, o ultrassom promoveu a degradação de antocianinas após 90 min de extração. No presente trabalho como utilizou-se 60 min para a extração, esse tempo provavelmente favoreceu uma melhor extração por maceração do que por ultrassom.

Figura 7- Teores de compostos fenólicos totais em extratos de casca de sapos obtidos pelos métodos de extração por maceração e extração por ultrassom. Valores foram expressos como média e desvio padrão. ^{a-j}Letras iguais indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$) e letras diferentes indicam que as amostras diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) entre os valores médios do teor de compostos fenólicos totais nos extratos obtidos pelos métodos de maceração e ultrassom, de acordo com o teste de Tukey.



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 8- Teores de compostos fenólicos totais em extratos de semente de sapoti obtidos pelos métodos de extração por maceração e extração por ultrassom. Valores foram expressos como média e desvio padrão. ^{a-j}Letras iguais indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$) e letras diferentes indicam que as amostras diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) entre os valores médios do teor de compostos fenólicos totais nos extratos obtidos pelos métodos de maceração e ultrassom, de acordo com o teste de Tukey.



Fonte: Autoria própria (2020).

Os teores de flavonoides totais obtidos nos extratos de casca e sementes de sapoti estão demonstrados nas Figuras 9 e 10, respectivamente. Tanto para a casca como semente, a maior extração de flavonoides (90,85 e 50,39 mg QCE/100g) de resíduo para casca e semente, respectivamente), foi obtida nos extratos em etanol 80%, os quais diferiram significativamente ($p > 0,05$) dos demais extratos, sendo, entretanto, por ultrassom e maceração, respectivamente.

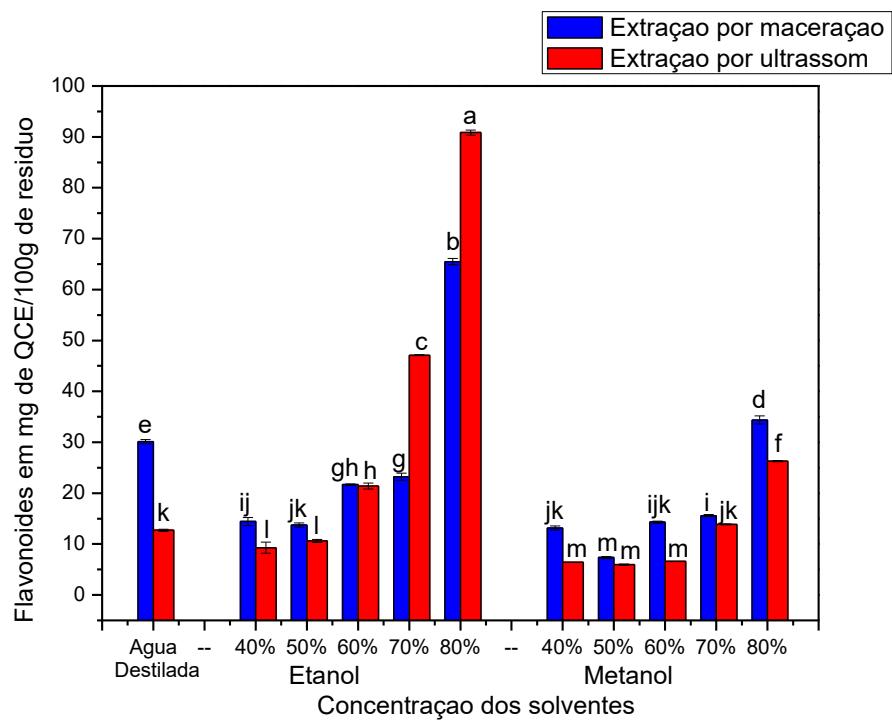
Em quase todos os extratos de casca de sapoti, exceto com etanol 70 e 80%, a extração de flavonoides foi maior por maceração do que por ultrassom. No entanto, quando utilizado o etanol 80% e a técnica de ultrassom, obteve-se um aumento de cerca de 3 vezes na extração de flavonoides totais. Provavelmente estes compostos estavam localizados nas paredes das células das cascas do sapoti, uma vez que a técnica de ultrassom ocasiona o fenômeno de cavitação ultrassônica, causando efeitos mecânicos nas paredes das células da amostra que resultam em ruptura celular e quebra de partículas, aumentando a taxa de transferência de massa entre o material contido na amostra e o solvente (SAFDAR *et al*, 2016). Comportamento inverso foi observado para as sementes de sapoti, onde a maior extração de flavonoides foi obtida na maioria dos extratos resultantes da técnica de ultrassom. Sendo, porém, o maior teor de flavonoides obtido no extrato em etanol 80% pela técnica de maceração. Uma hipótese para este resultado, seria que a sonicação da amostra pode ter ocasionado a degradação de alguns compostos, resultando em menor quantificação. De acordo com Guimarães *et al* (2019), o ultrassom de alta intensidade pode produzir radicais livres como resultado da cavitação acústica e as altas forças de cisalhamento envolvidas nesse fenômeno, que levam à consequente oxidação de compostos com atividade antioxidante como é o caso dos flavonoides.

O etanol é um solvente categorizado como GRAS (geralmente reconhecido como seguro), é o preferido para aplicação em sistemas alimentares. Este solvente aumenta a solubilidade do soluto e quando diluído em água, ocorre maior dessorção da amostra da matriz melhorando a extração (SAFDAR *et al*, 2016). De acordo com Garmus *et al* (2014) a solubilidade dos compostos pode variar de acordo com a polaridade do solvente, neste trabalho pode-se observar que o rendimento da extração tendeu a diminuir de acordo com o aumento da polaridade do solvente, apresentando melhor resultado para extratos em etanol (polaridade 5,2) do que para água destilada (polaridade 9,0), concluindo que os compostos como flavonóides totais extraídos nos resíduos de sapoti tem provavelmente baixa polaridade.

O teor de flavonoides totais em polpa e resíduos de sapoti tem também sido determinado por outros pesquisadores. Singh *et al* (2016) obtiveram em extratos de metanol a 80% de polpa e casca de sapoti, teores de flavonoides totais de 208,3 e 564,5 mg QCE/100g (base seca), respectivamente. Can-Cauich *et al* (2017) ao analisar extratos da casca de sapoti em metanol,

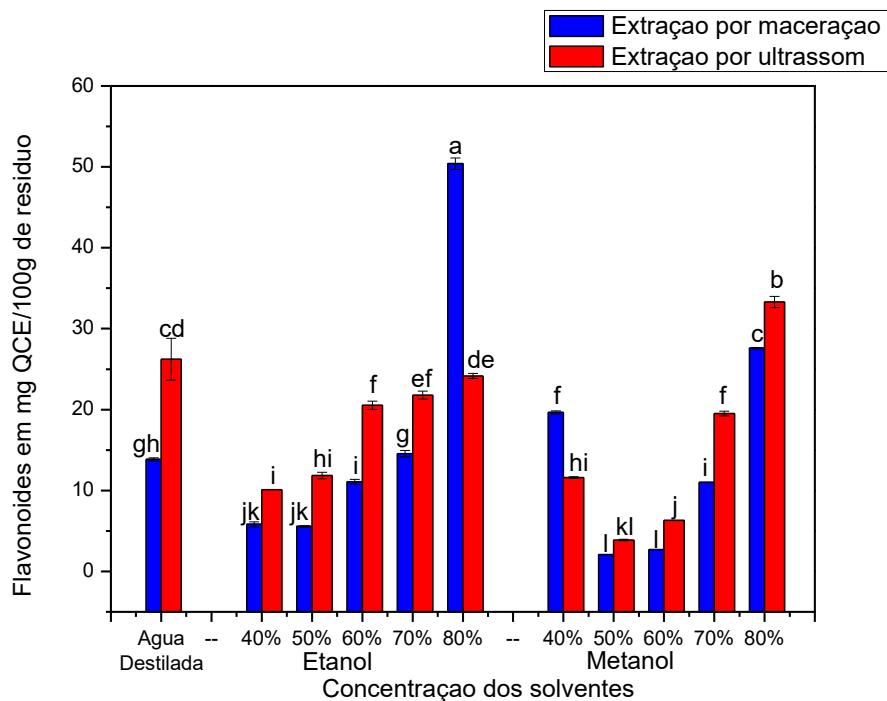
obtiveram teor de flavonoides totais de 430 mg QCE/100 g de resíduo em peso seco. Ambos os autores obtiveram valores superiores aos encontrados neste trabalho para casca de sapoti, o que pode ser devido a diferenças como origem, plantio e composição química da amostra analisada.

Figura 9- Teores de flavonoides totais em extratos de casca de sapoti obtidos pelos métodos de extração por maceração e extração por ultrassom. Valores foram expressos como média e desvio padrão. ^{a-j}Letras iguais indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$) e letras diferentes indicam que as amostras diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) entre os valores médios do teor de flavonoides totais nos extratos obtidos pelos métodos de maceração e ultrassom, de acordo com o teste de Tukey.



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 10- Teores de flavonoides totais em extratos de semente de sapoti obtidos pelos métodos de extração por maceração e extração por ultrassom. Valores foram expressos como média e desvio padrão. ^{a-j}Letras iguais indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$) e letras diferentes indicam que as amostras diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) entre os valores médios do teor de flavonoides totais nos extratos obtidos pelos métodos de maceração e ultrassom, de acordo com o teste de Tukey.



Fonte: Autoria própria (2020).

Os compostos fenólicos, dentre eles os flavonoides, estão associados à atividade antioxidante, devido principalmente às suas propriedades redox, atuando como eliminadores de radicais livres e quelantes de íons metálicos, doadores de hidrogênio e inibidores de oxigênio singlete. Além disso, muitos os antioxidantes naturais exibem uma ampla gama de efeitos biológicos, incluindo ações antibacterianas, antivirais, anti-inflamatórias, antialérgicas, antitrombóticas e vasodilatadoras (BABBAR *et al*, 2011; CAN-CAUICH *et al*, 2017). Desta forma, os extratos com maiores teores de fenólicos totais e flavonoides totais foram selecionados para serem avaliados quanto à atividade antioxidante, e quantificados por CLAE.

Sobre a polaridade dos solventes e a eficiência na extração dos compostos observou-se que a água obteve baixa extração por se tratar de um solvente que extrai preferencialmente compostos polares e hidrofílicos; o metanol, um solvente altamente polar obteve a melhor extração de compostos fenólicos nos resíduos de sapoti; e que os flavonóides totais extraídos nos resíduos de sapoti tem provavelmente baixa polaridade, uma vez que apresentaram melhor rendimento quando se utilizou o etanol.

5.3 Atividade antioxidante dos extratos dos resíduos de sapoti

Os extratos dos resíduos com maiores teores de fenólicos totais e flavonoides totais obtidos em cada técnica de extração (maceração e ultrassom) foram analisados quanto à atividade antioxidante *in vitro* pelos métodos ABTS, FRAP e DPPH, sendo eles: casca de sapoti em metanol 50%, semente em metanol 40%, casca em etanol 80%, semente em etanol 80% (pelo método de maceração); casca em metanol 40%, semente em metanol 80% e casca em etanol 80% (pelo método ultrassom) Os resultados estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4- Atividade antioxidante em extratos selecionados de casca e semente de sapoti. Valores são expressos como média e desvio padrão. ^{a-c}Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$); e letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que as amostras não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Método de extração	Resíduo de sapoti	Solvente	Atividade Antioxidante ($\mu\text{M de Trolox/g de resíduo}$)		
			ABTS	FRAP	DPPH
Maceração	Casca	Metanol 50%	$652,3 \pm 3,1^{\text{Ac}}$	$70,6 \pm 0,7^{\text{Cb}}$	$90,3 \pm 3,9^{\text{Ba}}$
	Semente	Metanol 40%	$654,4 \pm 0,6^{\text{Acd}}$	$65,9 \pm 2,5^{\text{Cc}}$	$86,6 \pm 2,1^{\text{Ba}}$
	Casca	Etanol 80%	$660,7 \pm 3,6^{\text{Abc}}$	$72,2 \pm 1,8^{\text{Cab}}$	$87,9 \pm 2,9^{\text{Ba}}$
	Semente	Etanol 80%	$664,4 \pm 2,1^{\text{Ab}}$	$65,9 \pm 0,7^{\text{Cc}}$	$87,4 \pm 2,9^{\text{Ba}}$
Ultrassom	Casca	Metanol 40%	$695,7 \pm 0,6^{\text{Aa}}$	$70,6 \pm 0,8^{\text{Cb}}$	$92,1 \pm 1,4^{\text{Ba}}$
	Semente	Metanol 80%	$702,3 \pm 3,3^{\text{Aa}}$	$69,7 \pm 1,7^{\text{Cbc}}$	$85,8 \pm 3,0^{\text{Ba}}$
	Casca	Etanol 80%	$700,7 \pm 1,6^{\text{Aa}}$	$74,9 \pm 0,8^{\text{Ca}}$	$86,3 \pm 1,2^{\text{Ba}}$

Fonte: Autoria própria (2020).

A capacidade antioxidante de um extrato deve ser determinada por mais de um método, uma vez que cada método reage de diferentes maneiras em cada etapa do processo de oxidação. Métodos baseados em transferência simples de elétrons detectam a capacidade de um potencial antioxidante para transferir um elétron para reduzir qualquer composto, incluindo metais, carbonilos e radicais (HUANG; OU; PRIOR, 2005). Foi observado que a atividade antioxidante (AA) dos extratos nos métodos DPPH, ABTS e FRAP diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) entre si, sendo a maior AA obtida pelo método ABTS.

A maior AA foi obtida pelo método ABTS, pelos extratos de casca em metanol 40%, ($695,7 \mu\text{M de Trolox/g de resíduo}$), semente em metanol 80% ($702,3 \mu\text{M de Trolox/g de resíduo}$) e casca em etanol 80% ($700,7 \mu\text{M de Trolox/g de resíduo}$) submetidos à técnica de ultrassom, os quais não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$). Já o segundo extrato com maior AA foi de semente de sapoti em etanol 80% obtido por maceração ($664,4 \mu\text{M de Trolox/g de resíduo pelo método ABTS}$). Este resultado pode ser devido ao fato destes extratos

possuírem compostos hidrofílicos e lipofílicos, os quais são mais reativos ao radical ABTS do que aos demais. (GULÇIN, 2012).

Os extratos demonstraram menor AA pelo método FRAP, sendo os maiores valores obtidos nos extratos de casca em etanol 80% por ultrassom ou maceração (74,9 e 72,2 μM de Trolox/g de resíduo, respectivamente), os quais não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Sobre o ensaio de eliminação de radicais livres, DPPH, pode-se observar que nenhum dos extratos diferiu estatisticamente entre si ($p < 0,05$), apresentando AA entre 92,1 e 85,8 μM de Trolox/g de resíduo. O radical DPPH é um reagente útil para investigar as propriedades eliminadoras de fenóis, catecós e anilinas. Um dos principais determinantes da reação é o tamanho das partículas, uma vez que pequenas moléculas têm melhor acesso ao radical e apresentam capacidade antioxidante relativamente maior, por outro lado, muitos compostos antioxidantes grandes podem reagir lentamente ou podem até ser inertes neste ensaio. Além disso, as medições em espectrofotômetro podem ser afetadas por compostos, como carotenóides, que absorvem o comprimento de onda da determinação, bem como pela turbidez da amostra (GULÇIN, 2012). Estas podem ser algumas das justificativas para os extratos apresentarem semelhança estatisticamente, já que a amostra apresentava cor esverdeada, e dentre os compostos bioativos avaliados anteriormente, podem estar relacionados os carotenoides. Pesquisadores têm relatado teores de carotenoides em polpa de sapoti de 0,9 mg/100g (BRITO; NARAIN, 2002), e teor de licopeno, composto pertencente ao grupo dos carotenóides, de 36,5 $\mu\text{g}/100\text{g}$ em resíduos de sapoti (SILVA *et al*, 2014).

Almeida *et al* (2011) ao analisar compostos bioativos e atividade antioxidante de frutas exóticas frescas do Nordeste do Brasil, obtiveram no extrato da polpa de sapoti em metanol 60% atividade antioxidante de 0,99 μM de Trolox/g de polpa fresca e 0,17 μM de Trolox/g de polpa fresca, em ABTS e DPPH, respectivamente. Este resultado demonstrou que no presente trabalho a atividade antioxidante da casca e sementes de sapoti é bem superior aos obtidos na polpa. Can-Cauich *et al* (2017) descreveram a atividade antioxidante de extratos de metanol de farinhas de casca de frutas tropicais cultivadas no sudeste do México, dentre elas o sapoti, onde obteve-se para farinha da casca 1,16 μM de Trolox/g resíduo (peso seco), pelo método ABTS; e 0,60 μM de Trolox /g resíduo (peso seco), em DPPH. Os resultados do presente estudo (valores entre 702,3 e 652,3 μM de Trolox /g resíduo para ABTS, e 92,1 e 85,8 μM de Trolox /g resíduo seco para DPPH) foram maiores do que os encontrados por Can-Cauich *et al* (2017), e que podem ser justificados pelas diferenças nas condições de plantio, como clima, irrigação, incidência do sol e características da pós-colheita e transporte dos frutos.

5.4 Identificação e quantificação de compostos bioativos nos extratos de resíduos de sapoti por CLAE

Nos extratos selecionados (com maiores teores de fenólicos totais e flavonoides totais, sendo eles: casca de sapoti em metanol 50%, semente em metanol 40%, casca em etanol 80% e semente em etanol 80% obtidos pelo método de maceração; casca em metanol 40%, semente em metanol 80% e casca em etanol 80% obtidos pelo método ultrassom) foram identificados sete compostos polifenólicos, sendo três ácidos fenólicos da subclasse dos ácidos hidroxibenzóicos (ácido gálico, ácido protocatecúico, e ácido vanílico) e quatro compostos da classe dos flavonoides (catequina, epigalocatequina, galato de etila, e galato de epigalocatequina). Na Tabela 5 estão demonstrados os compostos fenólicos identificados nos extratos de casca e semente de sapoti e os cromatogramas para cada extrato estão apresentados nos apêndices KK a QQ.

Em todos os extratos, os maiores teores de compostos fenólicos foram em ácido gálico, epigalocatequina e catequina. O ácido gálico (ácido 3,4,5-tridroxibenzóico) é considerado um dos principais ácidos fenólicos, e tem atraído o interesse de pesquisadores por sua capacidade antioxidante, e ações como antimicrobiano, antifúngico, anticâncer, anti-inflamatório, entre outros (FERNANDES; SALGADO, 2016). As catequinas tem se destacado em pesquisas que demonstram que seu potencial antioxidante está associado a diferentes efeitos biológicos, sendo responsáveis pela redução do risco de desenvolvimento de doenças (PEDRO *et al*, 2019), dentre elas está a epigalocatequina que geralmente é encontrada em chás, uvas, leguminosas e sementes de certas plantas (BABU; LIU; GILBERT, 2013).

Dentre os extratos de resíduo de sapoti analisados, o extrato de casca em metanol 50% extraído por maceração apresentou os maiores teores de ácido gálico (0,084 mg/g seca) e epigalocatequina (0,055 mg/g seca). Enquanto o extrato de semente em metanol 40%, também obtido por maceração, apresentou maior teor de catequina, de 0,049 mg/g seca. Singh *et al* (2016) determinaram compostos fenólicos em casca de sapoti entre eles o ácido gálico (0,275 mg/g seca) e catequina (0,433 mg/g seca). Resultado superior ao obtido no presente trabalho, provavelmente devido a diferenças entre os métodos de análise por cromatografia líquida.

Comparando a quantificação de compostos polifenólicos por CLAE com os teores de fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante, é possível observar que alguns extratos se destacam. O extrato de casca em metanol 50% obtido por maceração demonstrou o maior para teor de compostos fenólicos e maior concentração de ácido gálico (0,084 mg/g de resíduo) e ácido vanílico (0,001 mg/g de resíduo). Já no extrato de casca em etanol 80% obtido por maceração, o qual demonstrou bons teores de flavonoides totais e atividade antioxidante,

foi possível quantificar flavonoides como epigalocatequina (0,040 mg/g de resíduo), catequina (0,017 mg/g de resíduo), galato de epigalocatequina (0,004 mg/g de resíduo), e galato de etila (0,003 mg/g de resíduo), sendo estes, os prováveis responsáveis pela capacidade antioxidante do resíduo.

Tabela 5- Compostos fenólicos em extratos de resíduos de saposi determinados por CLAE

Compostos fenólicos (mg/g de resíduo em peso seco)	Extratos obtidos por Maceração			
	Casca Metanol 50%	Semente Metanol 40%	Casca Etanol 80%	Semente Etanol 80%
Ácido Gálico	0,084±0,000	0,067±0,000	0,040±0,000	0,044±0,001
Epigalocatequina	0,055±0,000	0,033±0,001	0,040±0,000	0,032±0,000
Ácido protocatecúico	NQ	ND	NQ	ND
Catequina	0,022±0,000	0,049±0,003	0,017±0,000	0,010±0,000
Ácido Vanílico	0,001±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000
Galato de etila	0,003±0,000	0,003±0,000	0,003±0,000	0,002±0,000
Galato de epigalocatequina	ND	ND	0,004±0,000	0,002±0,000

Compostos fenólicos (mg/g de resíduo em peso seco)	Extratos obtidos por Ultrassom		
	Casca Metanol 40%	Semente Metanol 80%	Casca Etanol 80%
Ácido Gálico	0,045±0,000	0,065±0,000	0,047±0,000
Epigalocatequina	0,038±0,000	0,034±0,001	0,040±0,000
Ácido protocatecúico	NQ	NQ	ND
Catequina	0,015±0,001	0,016±0,000	0,017±0,000
Ácido Vanílico	0,000±0,000	0,001±0,000	0,001±0,000
Galato de etila	0,003±0,000	0,003±0,000	0,003±0,000
Galato de epigalocatequina	0,003±0,000	0,004±0,000	0,003±0,000

Valores são expressos como média e desvio padrão. NQ: detectado, porém a baixo do limite de quantificação; ND: não detectado. Fonte: Autoria própria (2020).

5.5 Análise dos compostos voláteis do fermentado de sapoti por GC-MS

Através da extração sortiva em barra de agitação (SBSE) dos compostos voláteis e cromatografia a gás associada ao espectrômetro de massas, foram identificados um total de 85 compostos voláteis nas 11 formulações dos fermentados de sapoti, sendo eles demonstrados nas Tabelas 6 (Formulações 1 a 4), Tabela 7 (Formulações 5 a 8) e Tabela 8 (Formulações 9 a 11).

Dentre os componentes identificados foram 44 ésteres (51,8%), 14 álcoois (16,5%), 10 cetonas (11,8%), 6 aldeídos (7,1%), 4 terpenos (4,7%), 3 alcenos (3,5%), 2 alcanos (2,3%) e 2 éteres (2,3%). Os principais compostos identificados nas formulações do fermentado de sapoti foram os álcoois 3-Metil-1-butanol (entre 7529,68 e 13007,99 µg/kg) e 2-Feniletanol (entre 2224,91 e 4990,94 µg/kg); e os ésteres Etilbenzoato (entre 441,52 e 8439,79 µg/kg), Isoamilacetato (entre 1547,36 e 3300,78 µg/kg), Etilexanoato (entre 1567,85 e 2942,06 µg/kg), e Etiloctanoato (entre 3330,08 e 5532,53 µg/kg). Por ser os compostos majoritários presentes nas bebidas fermentadas, a produção de 3-Metil-1-butanol, 2-Feniletanol e Etilbenzoato foi avaliada através da metodologia de superfície de resposta utilizando o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).

Não foram encontrados na literatura dados de perfil volátil de fermentados de sapoti por cromatografia gasosa. Panda *et al* (2014) analisaram fermentado de sapoti através de espectroscopia de infravermelho, que revelou a presença de álcoois, fenóis, anidridos, amidas, ésteres e alcenos. Alguns autores (LASEKAN; YAP, 2018; UEKANE *et al*, 2017; MACLEOD; TROCONIS, 1982) citam a caracterização dos compostos voláteis da polpa de sapoti por cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas.

Lasekan e Yap (2018) quantificaram 29 compostos voláteis nos frutos de sapoti frescos cultivados na Malásia, por GC-MS, e determinaram benzoato de etila (754,0 µg/kg), E-2-hexenal (76,5µg/kg) e p-cariofileno (175,4 µg/kg) como principais compostos responsáveis pelo aroma da fruta fresca. MacLeod e Troconis (1982) isolaram 65 compostos aromáticos em frutos de sapoti, dos quais se destacaram o 3-Metil-1-butanol, 1-Hexanol, Benzaldeído, Metilbenzoato e Etilbenzoato. Também foram isolados 72 compostos voláteis por Uekane *et al* (2017), sendo os mais abundantes: Ácido acético, Etil butirato, Isoamilacetato, Limoneno, e Etil hexanoato. A presença destes compostos observados pelos autores e neste trabalho representa que a bebida fermentada manteve as características aromáticas da fruta, sendo este um fator de grande importância para o reconhecimento do produto.

Dentre os principais compostos quantificados, observou-se que o 2-Feniletanol não é característico do sapoti. O 2-Feniletanol é um composto volátil de aroma de rosas, geralmente utilizado na indústria cosmética e de alimentos (SENDOVSKI; NIR; FISHMAN, 2010). Sua

ocorrência natural em flores e plantas tem baixos teores de extração, dessa forma vem sendo estudada sua produção de forma biotecnológica por leveduras como *Saccharomyces cerevisiae*, que tem demonstrado resultados favoráveis, conforme observado neste trabalho.

Diversos autores vêm estudando o perfil volátil de fermentados alcoólicos de frutas por *Saccharomyces cerevisiae*, dentre eles Roda *et al* (2017) analisaram fermentado de resíduo de abacaxi, obtendo compostos como Etilacetato, 3-Metil butanol, 3-Fenil etanol, Etilexanoato e Etiloctanoato; Jiang, Lu e Liu (2020) obtiveram compostos voláteis como álcool isoamílico, 2-Feniletanol, Etiloctanoato e Etildecanoato, em fermentado de Pitaia vermelha, estes com postos também foram obtidos no fermentado alcoólico de saposi.

Tabela 6- Perfil dos compostos voláteis por SBSE nas formulações F1 a F4 de fermentado de Sapoti

Compostos (μ g/kg)	IRc	F1	F2	F3	F4	
Etanol	536	$<$ IRc	$552,18 \pm 51,74$	$735,31 \pm 88,15$	$346,61 \pm 29,15$	$628,06 \pm 32,18$
2,3-Butanodiona	592	591			$18,46 \pm 1,64$	$29,80 \pm 1,67$
Acetato de etila	611	607	$2773,21 \pm 289,58$	$2131,37 \pm 372,47$	$1286,92 \pm 188,66$	$1436,12 \pm 396,12$
2,3-Pantanodiona	700	700			$5,77 \pm 0,19$	$7,41 \pm 0,20$
Propionato etila	713	714			$9,74 \pm 1,07$	$13,32 \pm 0,96$
3-metil-1-butanol	747	741	$8244,62 \pm 206,59$	$11680,18 \pm 309,79$	$11267,52 \pm 370,10$	$10515,24 \pm 349,17$
2-metil-1-butanol	749	748	$963,56 \pm 44,62$	$887,98 \pm 97,49$	$887,10 \pm 22,08$	$815,06 \pm 97,89$
2-Metilpropanoato etila	760	751	$14,98 \pm 2,39$	$21,06 \pm 1,60$	$21,88 \pm 1,58$	$26,02 \pm 0,89$
Acetato isobutila	775	775	$226,48 \pm 34,24$	$115,76 \pm 15,10$	$52,13 \pm 2,27$	$71,39 \pm 1,05$
Hexanal	802	802	$11,06 \pm 3,13$	$5,39 \pm 0,15$	$5,21 \pm 0,50$	$6,18 \pm 0,47$
Butanoato etila	804	804	$94,00 \pm 11,82$	$106,52 \pm 7,29$	$205,90 \pm 1,30$	$309,19 \pm 13,76$
Acetato butila	816	816	$8,96 \pm 0,33$		$7,15 \pm 0,03$	$4,09 \pm 0,33$
3-etyl-1-butanol	845	833			$3,76 \pm 0,36$	$2,95 \pm 0,30$
2-Metilbutanoato etila	850	850	$5,32 \pm 0,52$	$8,73 \pm 0,70$	$7,96 \pm 0,20$	$9,32 \pm 0,75$
3-Metilbutanoato etila	853	854	$11,74 \pm 1,69$	$15,33 \pm 1,72$	$25,14 \pm 0,52$	$32,44 \pm 2,00$
Dietil acetal isobutanol	859	858	$6,16 \pm 0,01$	$7,39 \pm 0,28$	$2,03 \pm 0,26$	$8,14 \pm 0,23$
1-Hexanol	870	871	$12,04 \pm 1,98$	$15,34 \pm 0,80$	$12,18 \pm 0,61$	$16,94 \pm 0,35$
Acetato isoamil	878	878	$2311,83 \pm 206,78$	$1683,23 \pm 150,38$	$1547,36 \pm 122,22$	$2589,49 \pm 191,77$
Acetato 2-Metilbutilo	880	879	$745,63 \pm 49,03$	$499,60 \pm 59,77$	$362,37 \pm 4,43$	$427,83 \pm 48,73$
Estireno	890	892	$199,02 \pm 33,43$	$258,31 \pm 41,45$	$230,63 \pm 40,98$	$235,28 \pm 32,71$
Pentanoato etila	902	902				$5,27 \pm 0,48$
Butirolactona	915	915	$8,64 \pm 1,52$	$10,48 \pm 1,84$	$7,20 \pm 0,91$	$13,49 \pm 2,07$
Hexanoato metila	925	927	$133,84 \pm 7,82$	$24,03 \pm 1,91$	$16,76 \pm 0,02$	$649,42 \pm 54,96$
1,1-dietoxi-3-metilbutano	955	955	$6,92 \pm 0,75$	$12,36 \pm 0,22$	$4,09 \pm 0,37$	$13,40 \pm 0,18$
Benzaldeído	959	960	$7,50 \pm 0,09$		$105,02 \pm 1,56$	$31,19 \pm 0,47$
1-Heptanol	971	970	$8,50 \pm 1,04$	$5,49 \pm 0,17$	$6,13 \pm 0,97$	$38,48 \pm 3,64$

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F1- formulação 1. F2-formulação 2. F3- formulação 3. F4-formulação 4. Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 6- continua

Compostos ($\mu\text{g/kg}$)	IRc	F1	F2	F3	F4	
1- (1 etoxietoxi) pentano	974	977	$20,84 \pm 1,95$	$46,43 \pm 1,70$	$50,53 \pm 0,43$	$147,62 \pm 12,05$
3- (metiltio) -1-propanol	980	980	$43,02 \pm 6,39$	$39,68 \pm 5,18$	$27,68 \pm 4,44$	$27,01 \pm 3,40$
2-metil-3-tiolanona	986	996	$18,34 \pm 0,52$	$58,55 \pm 1,66$	$30,49 \pm 1,40$	$22,71 \pm 1,14$
Butanoato butila	997	995	$22,16 \pm 1,39$	$69,32 \pm 12,68$	$25,24 \pm 1,82$	$5,49 \pm 0,91$
Hexanoato etila	1003	1001	$1567,85 \pm 134,69$	$2804,02 \pm 230,14$	$2045,58 \pm 137,49$	$2704,39 \pm 238,82$
Acetato hexila	1015	1015	$6,71 \pm 0,79$	$8,90 \pm 0,07$	$8,60 \pm 0,91$	$10,12 \pm 1,31$
Limoneno	1028	1028	$34,86 \pm 0,28$	$17,94 \pm 0,45$	$34,26 \pm 2,83$	$25,96 \pm 0,18$
2-Etilhexanol	1030	1030	$17,24 \pm 0,38$	$12,51 \pm 0,90$	$12,18 \pm 1,46$	$13,89 \pm 1,34$
Álcool benzílico	1036	1036	$21,54 \pm 2,38$		$10,64 \pm 1,26$	$11,78 \pm 1,64$
(Z) -Ocimeno	1038	1038		$7,84 \pm 8,16$	$24,39 \pm 15,99$	
β-Ocimeno	1048	1048	$3,38 \pm 0,85$	$2,00 \pm 0,48$	$1,21 \pm 0,22$	$2,28 \pm 0,18$
2-hidroxi-4-metilpentanoato etila	1059	1060	$47,83 \pm 1,56$	$27,29 \pm 0,95$	$19,47 \pm 1,20$	$24,39 \pm 0,48$
Acetofenona	1066	1066				
1-Octanol	1072	1077	$40,64 \pm 0,34$	$20,40 \pm 1,31$	$30,27 \pm 1,02$	$43,60 \pm 2,36$
2-Nonanona	1093	1093	$2,15 \pm 0,08$	$5,58 \pm 0,16$	$4,83 \pm 0,40$	$4,66 \pm 0,47$
Benzoato metila	1095	1095	$22,23 \pm 0,18$	$13,20 \pm 0,12$	$28,13 \pm 0,64$	$19,47 \pm 1,14$
Heptanoato etila	1099	1098	$17,71 \pm 2,67$	$24,78 \pm 3,83$	$14,91 \pm 2,08$	$53,85 \pm 4,08$
Linalol	1100	1100	$12,14 \pm 0,93$	$19,90 \pm 0,67$	$5,38 \pm 0,04$	$12,42 \pm 0,31$
Nonanal	1104	1104	$14,12 \pm 0,94$	$12,59 \pm 1,09$	$22,80 \pm 1,34$	$13,35 \pm 0,06$
2-Feniletanol	1120	1119	$2530,82 \pm 72,23$	$3915,60 \pm 60,01$	$4315,03 \pm 107,72$	$3603,39 \pm 49,25$
Octanoato metila	1126	1126	$54,78 \pm 4,37$	$73,69 \pm 1,58$	$21,58 \pm 0,01$	$17,03 \pm 0,38$
Hexanoato isobutila	1152	1156	$3,39 \pm 0,09$	$4,42 \pm 0,02$	$1,11 \pm 0,38$	$5,34 \pm 0,70$
Borneol	1167	1167	$25,17 \pm 0,44$	$25,87 \pm 3,59$	$12,93 \pm 2,60$	$7,80 \pm 0,20$
Benzoato etila	1172	1170	$3452,66 \pm 146,74$	$441,52 \pm 7,20$	$7043,04 \pm 236,56$	$4869,52 \pm 234,09$
Succinato etilo	1184	1182		$8,30 \pm 0,22$		
Octanoato etila	1191	1190	$4968,84 \pm 478,36$	$5532,53 \pm 178,20$	$3330,08 \pm 132,48$	$4125,38 \pm 231,08$

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F1- formulação 1. F2-formulação 2. F3- formulação 3. F4-formulação 4. Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 6- continuando

Compostos ($\mu\text{g/kg}$)	IRc	F1	F2	F3	F4	
Decanal	1196	1200	$18,57 \pm 0,17$	$17,49 \pm 1,02$	$24,30 \pm 1,39$	$10,99 \pm 0,40$
2,5-dimetilbenzaldeído	1206	1208	$26,57 \pm 1,67$		$4,21 \pm 1,43$	
Citronelol	1221	1216	$10,99 \pm 0,51$		$7,72 \pm 0,51$	$12,68 \pm 0,65$
3-Fenilpropanol	1222	1225	$92,92 \pm 2,08$		$94,14 \pm 2,38$	$69,91 \pm 3,48$
Fenilacetato etila	1239	1231	$6,56 \pm 0,02$	$11,72 \pm 0,35$	$10,94 \pm 0,04$	$11,94 \pm 0,43$
Hexanoato isoamilo	1244	1243	$8,66 \pm 0,12$	$11,42 \pm 0,23$	$3,62 \pm 0,15$	$8,79 \pm 0,77$
2-metilbutil Hexanoato	1248	1246	$1,79 \pm 0,45$	$3,68 \pm 0,05$	$4,12 \pm 0,15$	$5,74 \pm 2,27$
Acetato de 2-fenetila	1252	1256	$391,84 \pm 14,76$	$264,19 \pm 4,90$	$328,91 \pm 14,43$	$447,87 \pm 11,56$
1-Decanol	1269	1269	$5,28 \pm 0,01$			$22,42 \pm 1,89$
Benzenopropanoato metila	1272	1258	$5,60 \pm 0,76$			
Nonanoato etila	1296	1296	$21,06 \pm 14,08$	$18,91 \pm 0,82$	$7,52 \pm 0,44$	$19,76 \pm 1,01$
Metil decanoato	1328	1326	$1,52 \pm 0,35$	$4,12 \pm 0,10$	$1,20 \pm 0,09$	$1,95 \pm 0,83$
Isobutil benzoato	1331	1311	$30,16 \pm 2,55$	$6,12 \pm 0,47$	$25,43 \pm 0,82$	$30,46 \pm 1,78$
3-Fenilpropanoato etila	1353	1353	$1240,85 \pm 157,19$	$331,54 \pm 23,66$	$613,88 \pm 32,15$	$809,92 \pm 28,86$
Eugenol	1361	1360	$27,93 \pm 0,38$	$14,87 \pm 0,48$	$22,44 \pm 0,88$	$14,37 \pm 0,24$
γ-Nonalactona	1366	1366	$17,80 \pm 0,95$	$12,71 \pm 0,22$	$15,34 \pm 0,49$	$13,94 \pm 0,79$
Benzenopropil acetato	1373	1373	$26,51 \pm 2,25$		$80,85 \pm 4,43$	$88,33 \pm 1,12$
Butil benzoato	1376	1376	$13,27 \pm 2,05$		$16,04 \pm 4,42$	$16,18 \pm 0,61$
9-decenoato etila	1389	1389		$58,51 \pm 8,35$	$217,42 \pm 10,05$	$298,28 \pm 11,77$
Decanoato etila	1397	1397		$484,78 \pm 1,52$	$137,80 \pm 5,00$	$393,15 \pm 13,37$
Metileugenol	1407	1407		$8,35 \pm 0,32$	$73,68 \pm 2,97$	$52,38 \pm 2,41$
Succinato etila isopentilo	1436	1436		$9,68 \pm 0,01$	$2,40 \pm 0,32$	$4,04 \pm 0,66$
Benzoato isoamilo	1445	1441	$18,71 \pm 0,61$	$3,59 \pm 0,25$	$19,63 \pm 0,86$	$17,45 \pm 0,33$
2-fenetilo Butanoato	1450	1447				$2,77 \pm 0,47$
Octanoato de isoamilo	1455	1450	$7,85 \pm 0,37$	$12,30 \pm 0,18$	$5,11 \pm 0,08$	$7,49 \pm 0,28$
Geranil acetona	1462	1461	$13,69 \pm 0,13$	$9,42 \pm 0,76$	$12,60 \pm 0,77$	$15,47 \pm 1,14$

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F1- formulação 1. F2-formulação 2. F3- formulação 3. F4-formulação 4 Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 6- conclusão

Compostos (μ g/kg)	IRc	F1	F2	F3	F4
(E) -cinamato de etila	1476	1463	$59,20 \pm 0,80$	$10,80 \pm 1,81$	$47,74 \pm 3,26$
γ-Decalactona	1477	1477	$20,19 \pm 0,66$	$9,35 \pm 1,09$	$26,70 \pm 0,25$
(E)-β-Ionona	1492	1491	$1,82 \pm 0,02$	$1,71 \pm 0,02$	$1,20 \pm 0,16$
3-hidroxitridecanoato de etila	1543	1539	$10,08 \pm 0,20$	$5,13 \pm 0,58$	$15,67 \pm 0,16$
Dodecanoato de etila	1596	1597	$4,64 \pm 0,55$	$27,17 \pm 2,24$	$2,10 \pm 0,09$
Decanoato de isoamil	1650	1646		$1,01 \pm 0,10$	
Farnesol	1733	1747			

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F1- formulação 1. F2-formulação 2. F3- formulação 3. F4-formulação 4 Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 7- Perfil dos compostos voláteis por SBSE nas formulações F5 a F8 de fermentado de Sapoti

Compostos (μ g/kg)	IRc	F5	F6	F7	F8	
Etanol	536	$<$ IRc	$220,00 \pm 39,19$	$860,63 \pm 49,83$	$518,18 \pm 26,87$	$518,18 \pm 26,87$
2,3-Butanodiona	592	591	$5,74 \pm 0,66$	$22,52 \pm 1,92$	$547,15 \pm 69,91$	$547,15 \pm 69,91$
Acetato de etila	611	607	$1060,96 \pm 278,96$	$1927,95 \pm 553,35$		
2,3-Pantanodiona	700	700		$8,73 \pm 0,05$		
Propionato etila	713	714	$13,34 \pm 0,26$	$12,49 \pm 1,59$	$4078,61 \pm 907,10$	$4078,61 \pm 907,10$
3-metil-1-butanol	747	741	$10041,66 \pm 219,46$	$13007,99 \pm 394,75$	$4509,61 \pm 226,90$	$4509,61 \pm 226,90$
2-metil-1-butanol	749	748	$836,78 \pm 128,79$	$665,37 \pm 79,56$		
2-Metilpropanoato etila	760	751	$21,15 \pm 1,14$	$13,10 \pm 3,74$		
Acetato isobutila	775	775	$49,36 \pm 0,12$	$91,01 \pm 6,12$		
Hexanal	802	802	$2,63 \pm 0,07$	$5,24 \pm 0,32$		
Butanoato etila	804	804	$194,29 \pm 9,80$	$304,72 \pm 26,62$	$7539,68 \pm 229,33$	$7539,68 \pm 229,33$
Acetato butila	816	816	$4,95 \pm 0,86$	$6,94 \pm 0,09$	$10174,44 \pm 1632,56$	$10174,44 \pm 1632,56$
3-etyl-1-butanol	845	833	$2,73 \pm 0,77$	$2,83 \pm 0,11$	$1157,22 \pm 63,39$	$1157,22 \pm 63,39$
2-Metilbutanoato etila	850	850	$9,23 \pm 0,54$	$10,13 \pm 0,28$	$863,26 \pm 29,94$	$863,26 \pm 29,94$
3-Metilbutanoato etila	853	854	$26,15 \pm 1,60$	$27,59 \pm 0,19$	$16,31 \pm 1,24$	$16,31 \pm 1,24$
Dietil acetal isobutanol	859	858	$3,02 \pm 1,03$	$41,32 \pm 0,23$	$58,63 \pm 2,82$	$58,63 \pm 2,82$
1-Hexanol	870	871	$10,31 \pm 0,97$		$367,08 \pm 26,25$	$367,08 \pm 26,25$
Acetato isoamil	878	878	$1862,49 \pm 120,31$	$3300,78 \pm 143,56$	$310,22 \pm 24,76$	$310,22 \pm 24,76$
Acetato 2-Metilbutilo	880	879	$398,19 \pm 34,47$	$439,32 \pm 50,22$		
Estireno	890	892	$507,91 \pm 62,27$	$250,09 \pm 71,95$	$9,25 \pm 5,52$	$9,25 \pm 5,52$
Pentanoato etila	902	902			$129,01 \pm 5,18$	$129,01 \pm 5,18$
Butirolactona	915	915	$5,51 \pm 0,85$	$15,29 \pm 2,65$	$307,84 \pm 32,13$	$307,84 \pm 32,13$
Hexanoato metila	925	927	$641,30 \pm 46,30$	$710,84 \pm 61,08$	$22,42 \pm 1,64$	$22,42 \pm 1,64$
1,1-dietoxi-3-metilbutano	955	955	$3,85 \pm 0,62$	$24,67 \pm 2,67$	$8,90 \pm 0,83$	$8,90 \pm 0,83$
Benzaldeído	959	960	$136,62 \pm 14,35$	$62,36 \pm 1,71$		
1-Heptanol	971	970	$46,90 \pm 3,47$	$23,06 \pm 0,33$		

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F5- formulação 5. F6-formulação 6. F7- formulação 7. F8-formulação 8. Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 7- continua

Compostos (μ g/kg)	IRc	F5	F6	F7	F8
1- (1 etoxietoxi) pentano	974	977	77,67 \pm 6,85	407,73 \pm 8,41	5,01 \pm 0,61
3- (metiltio) -1-propanol	980	980	22,33 \pm 6,82	18,74 \pm 3,00	70,73 \pm 2,48
2-metil-3-tiolanona	986	996	26,11 \pm 3,17	23,85 \pm 0,51	49,41 \pm 9,22
Butanoato butila	997	995	25,28 \pm 2,32	19,11 \pm 0,85	8,77 \pm 0,06
Hexanoato etila	1003	1001	2420,3 \pm 191,48	2272,11 \pm 146,01	1652,46 \pm 93,36
Acetato hexila	1015	1015	10,71 \pm 1,57	14,02 \pm 0,32	12,54 \pm 0,74
Limoneno	1028	1028	21,38 \pm 1,53	32,29 \pm 2,12	36,22 \pm 1,49
2-Etilhexanol	1030	1030	12,55 \pm 1,39	11,36 \pm 0,08	46,30 \pm 1,27
Álcool benzílico	1036	1036	8,07 \pm 0,26	23,30 \pm 0,48	47,96 \pm 2,78
(Z) -Ocimeno	1038	1038			
β-Ocimeno	1048	1048	8,83 \pm 0,65	2,64 \pm 0,77	2,93 \pm 0,89
2-hidroxi-4-metilpentanoato etila	1059	1060	24,07 \pm 1,74	21,31 \pm 2,46	67,89 \pm 3,13
Acetofenona	1066	1066			11,57 \pm 0,95
1-Octanol	1072	1077	49,77 \pm 5,08	27,61 \pm 0,19	49,10 \pm 1,30
2-Nonanona	1093	1093	4,31 \pm 0,17	7,56 \pm 1,38	4,59 \pm 0,14
Benzoato metila	1095	1095	26,36 \pm 2,43	19,18 \pm 1,38	62,68 \pm 23,82
Heptanoato etila	1099	1098	22,90 \pm 3,69	28,79 \pm 3,73	32,47 \pm 2,29
Linalol	1100	1100	9,94 \pm 1,79	14,07 \pm 1,20	27,57 \pm 0,99
Nonanal	1104	1104	13,53 \pm 1,75	20,28 \pm 8,65	16,91 \pm 3,34
2-Feniletanol	1120	1119	3960,39 \pm 227,37	3967,55 \pm 169,49	2224,91 \pm 62,54
Octanoato metila	1126	1126	31,20 \pm 6,42	22,68 \pm 0,95	93,91 \pm 3,08
Hexanoato isobutila	1152	1156	1,98 \pm 0,29	3,42 \pm 0,28	2,37 \pm 0,45
Borneol	1167	1167	2,86 \pm 0,48	13,60 \pm 0,20	124,73 \pm 0,28
Benzoato etila	1172	1170	7541,2 \pm 577,23	3610,77 \pm 73,68	2858,33 \pm 81,29
Succinato etilo	1184	1182			8439,79 \pm 337,44

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F5- formulação 5. F6-formulação 6. F7- formulação 7. F8-formulação 8. Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 7- continuando

Compostos (μg/kg)	IRc	F5	F6	F7	F8	
Octanoato etila	1191	1190	4684,1 \pm 363,61	4414,35 \pm 202,19	3788,82 \pm 262,96	3819,05 \pm 369,39
Decanal	1196	1200	20,43 \pm 2,14	25,58 \pm 1,81	28,51 \pm 4,55	44,90 \pm 8,29
2,5-dimetilbenzaldeído	1206	1208				
Citronelol	1221	1216	7,36 \pm 2,19	8,77 \pm 0,34	9,79 \pm 0,06	9,21 \pm 0,70
3-Fenilpropanol	1222	1225	73,64 \pm 9,09	73,75 \pm 3,88	122,45 \pm 2,96	92,59 \pm 9,25
Fenilacetato etila	1239	1231	13,50 \pm 2,05	12,15 \pm 0,81	6,29 \pm 0,33	6,72 \pm 0,30
Hexanoato isoamilo	1244	1243	8,85 \pm 0,38	7,56 \pm 0,90	3,50 \pm 0,46	2,84 \pm 0,73
2-metilbutil Hexanoato	1248	1246	6,27 \pm 1,40	3,77 \pm 0,65	8,22 \pm 0,91	2,73 \pm 0,05
Acetato de 2-fenetila	1252	1256	358,72 \pm 30,67	516,76 \pm 12,89	460,64 \pm 0,15	276,92 \pm 48,67
1-Decanol	1269	1269	15,82 \pm 0,51		10,88 \pm 0,24	13,62 \pm 0,79
Benzenopropanoato metila	1272	1258			3,20 \pm 0,13	
Nonanoato etila	1296	1296	12,34 \pm 0,93	11,85 \pm 0,90	21,98 \pm 1,23	12,22 \pm 1,61
Metil decanoato	1328	1326	1,99 \pm 0,09	1,81 \pm 0,16	2,17 \pm 0,40	2,46 \pm 0,64
Isobutil benzoato	1331	1311	28,58 \pm 2,75	29,19 \pm 1,52	18,73 \pm 0,96	31,13 \pm 6,30
3-Fenilpropanoato etila	1353	1353	665,51 \pm 52,76	1075,88 \pm 147,86	1487,09 \pm 124,00	930,16 \pm 126,22
Eugenol	1361	1360	21,58 \pm 2,85	18,94 \pm 0,60	26,25 \pm 0,39	16,09 \pm 1,49
γ-Nonalactona	1366	1366	13,26 \pm 1,60	13,66 \pm 0,21	22,09 \pm 0,27	18,37 \pm 2,67
Benzenopropil acetato	1373	1373	73,58 \pm 6,72	90,96 \pm 9,43	56,17 \pm 8,55	36,58 \pm 4,74
Butil benzoato	1376	1376	13,10 \pm 2,69	18,04 \pm 3,24	15,27 \pm 1,28	13,48 \pm 0,32
9-decenoato etila	1389	1389	215,53 \pm 17,36	107,74 \pm 16,60	40,29 \pm 5,32	8,30 \pm 0,64
Decanoato etila	1397	1397	206,7, \pm 10,79	366,90 \pm 19,19	259,74 \pm 20,43	322,19 \pm 41,27
Metileugenol	1407	1407	67,09 \pm 6,70	60,67 \pm 5,33	87,79 \pm 7,67	60,44 \pm 9,20
Succinato etila isopentilo	1436	1436	3,92 \pm 0,59	7,27 \pm 0,89	4,91 \pm 0,03	6,12 \pm 0,42

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F5- formulação 5. F6-formulação 6. F7- formulação 7. F8-formulação 8. Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 7- conclusão

Compostos (μ g/kg)	IRc	F5	F6	F7	F8	
Benzoato isoamilo	1445	1441	$24,58 \pm 2,35$	$17,91 \pm 1,26$	$112,65 \pm 65,13$	$10,05 \pm 1,50$
2-fenetilo Butanoato	1450	1447		$2,16 \pm 0,00$		
Octanoato de isoamilo	1455	1450	$10,98 \pm 0,89$	$7,28 \pm 0,79$	$2,69 \pm 0,42$	$6,20 \pm 1,23$
Geranil acetona	1462	1461	$10,47 \pm 1,14$	$11,97 \pm 1,49$	$9,81 \pm 0,39$	$25,03 \pm 1,77$
(E) -cinamato de etila	1476	1463	$52,48 \pm 7,24$	$53,77 \pm 5,54$	$42,31 \pm 0,93$	$41,82 \pm 7,76$
γ-Decalactona	1477	1477	$20,03 \pm 2,41$	$14,12 \pm 1,68$	$13,04 \pm 0,03$	$25,42 \pm 2,15$
(E)-β-Ionona	1492	1491	$1,18 \pm 0,46$	$1,17 \pm 0,30$	$2,75 \pm 0,19$	$1,89 \pm 0,01$
3-hidroxitridecanoato de etila	1543	1539	$13,17 \pm 2,12$	$12,55 \pm 2,07$		$23,74 \pm 1,34$
Dodecanoato de etila	1596	1597	$2,87 \pm 0,35$	$19,46 \pm 0,30$		$5,81 \pm 1,49$
Decanoato de isoamil	1650	1646		$0,57 \pm 0,04$		
Farnesol	1733	1747		$6,96 \pm 0,39$		

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F5- formulação 5. F6-formulação 6. F7- formulação 7. F8-formulação 8. Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 8- Perfil dos compostos voláteis por SBSE nas formulações F9 a F11 de fermentado de Sapoti

Compostos (μ g/kg)	IRc	F9	F10	F11	
Etanol	536	< IRc	607 \pm 39,71	312,09 \pm 14,21	211,75 \pm 34,72
2,3-Butanodiona	592	591		7,10 \pm 0,53	6,03 \pm 0,92
Acetato de etila	611	607	3759,51 \pm 592,81	984,42 \pm 114,63	1189,11 \pm 97,44
2,3-Pantanodiona	700	700		3,81 \pm 0,40	7,34 \pm 0,42
Propionato etila	713	714		7,24 \pm 1,10	9,67 \pm 0,05
3-metil-1-butanol	747	741	11067,42 \pm 1877,96	10951,19 \pm 1200,05	11998,88 \pm 1003,97
2-metil-1-butanol	749	748	825,66 \pm 42,42	821,05 \pm 86,78	780,54 \pm 37,45
2-Metilpropanoato etila	760	751	31,50 \pm 6,05	17,62 \pm 2,86	14,26 \pm 0,88
Acetato isobutila	775	775	221,96 \pm 29,02	44,93 \pm 1,29	52,01 \pm 1,48
Hexanal	802	802		6,17 \pm 0,21	9,99 \pm 2,36
Butanoato etila	804	804	267,76 \pm 37,00	110,93 \pm 7,03	125,50 \pm 1,94
Acetato butila	816	816	7,64 \pm 0,35		
3-etyl-1-butanol	845	833	2,16 \pm 0,13		
2-Metilbutanoato etila	850	850	12,29 \pm 1,85	8,00 \pm 0,80	8,08 \pm 0,18
3-Metilbutanoato etila	853	854	41,48 \pm 4,44	20,12 \pm 2,53	18,99 \pm 0,10
Dietil acetal isobutanol	859	858	3,40 \pm 0,05	1,30 \pm 0,26	3,71 \pm 0,12
1-Hexanol	870	871	11,93 \pm 1,01	10,96 \pm 0,70	15,19 \pm 0,83
Acetato isoamil	878	878	2037,90 \pm 229,54	1815,17 \pm 123,40	2107,86 \pm 126,45
Acetato 2-Metilbutilo	880	879	617,74 \pm 58,17	384,34 \pm 53,06	441,95 \pm 44,26
Estireno	890	892	330,47 \pm 61,08	171,03 \pm 13,16	236,02 \pm 36,13
Pentanoato etila	902	902			
Butirolactona	915	915	15,06 \pm 0,38	11,08 \pm 1,61	11,89 \pm 0,58
Hexanoato metila	925	927	820,99 \pm 85,82	18,38 \pm 1,94	112,37 \pm 21,51
1,1-dietoxi-3-metilbutano	955	955	6,71 \pm 0,80	5,64 \pm 0,53	14,41 \pm 2,00
Benzaldeído	959	960	1,60 \pm 0,74	175,86 \pm 12,45	332,02 \pm 19,53
1-Heptanol	971	970	13,72 \pm 0,54	12,93 \pm 0,42	7,89 \pm 0,29

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F9- formulação 9. F10-formulação 10. F11- formulação 11. Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 8- continua

Compostos (μ g/kg)	IRc	F9	F10	F11
1- (1 etoxietoxi) pentano	974	977	$34,01 \pm 3,62$	$45,38 \pm 0,68$
3- (metiltio) -1-propanol	980	980	$45,05 \pm 1,32$	$46,81 \pm 0,43$
2-metil-3-tiolanona	986	996	$60,18 \pm 6,21$	$65,23 \pm 1,88$
Butanoato butila	997	995	$35,81 \pm 3,63$	$14,37 \pm 1,88$
Hexanoato etila	1003	1001	$2281,93 \pm 288,27$	$2549,34 \pm 173,30$
Acetato hexila	1015	1015	$6,78 \pm 1,93$	$11,69 \pm 0,71$
Limoneno	1028	1028	$24,35 \pm 14,41$	$21,56 \pm 0,57$
2-Etilhexanol	1030	1030	$31,73 \pm 2,71$	$12,24 \pm 1,15$
Álcool benzílico	1036	1036	$17,01 \pm 1,48$	
(Z) -Ocimeno	1038	1038		$6,93 \pm 0,14$
β-Ocimeno	1048	1048	$6,42 \pm 0,66$	$10,17 \pm 1,50$
2-hidroxi-4-metilpentanoato etila	1059	1060	$51,62 \pm 9,97$	$29,36 \pm 2,77$
Acetofenona	1066	1066		
1-Octanol	1072	1077	$43,52 \pm 2,19$	$25,79 \pm 2,80$
2-Nonanona	1093	1093	$4,80 \pm 0,37$	$4,69 \pm 0,23$
Benzoato metila	1095	1095	$31,68 \pm 1,81$	$16,85 \pm 1,03$
Heptanoato etila	1099	1098	$31,67 \pm 3,14$	$57,71 \pm 1,30$
Linalol	1100	1100	$15,17 \pm 0,34$	$18,81 \pm 1,66$
Nonanal	1104	1104	$16,83 \pm 1,62$	$11,25 \pm 0,07$
2-feniletanol	1120	1119	$3037,58 \pm 164,44$	$4990,94 \pm 283,37$
Octanoato metila	1126	1126	$100,26 \pm 9,04$	$51,85 \pm 17,26$
Hexanoato isobutila	1152	1156	$3,06 \pm 0,36$	$5,60 \pm 0,35$
Borneol	1167	1167	$10,12 \pm 0,54$	$19,08 \pm 0,79$
Benzoato etila	1172	1170	$6960,92 \pm 623,29$	$877,41 \pm 18,29$
Succinato etilo	1184	1182		$850,49 \pm 52,50$
				$7,47 \pm 0,08$

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F9- formulação 9. F10-formulação 10. F11- formulação 11. Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 8- continuando

Compostos (μ g/kg)	IRc	F9	F10	F11	
Octanoato etila	1191	1190	5124,34 \pm 844,27	4177,17 \pm 119,20	4108,94 \pm 188,08
Decanal	1196	1200	36,54 \pm 0,42	12,20 \pm 0,60	18,75 \pm 1,19
2,5-dimetilbenzaldeído	1206	1208			
Citronelol	1221	1216	6,61 \pm 0,10		
3-Fenilpropanol	1222	1225	78,96 \pm 0,83		
Fenilacetato etila	1239	1231	8,24 \pm 0,16	8,82 \pm 0,35	12,02 \pm 0,87
Hexanoato isoamil	1244	1243	7,45 \pm 0,83	10,06 \pm 0,25	9,32 \pm 0,67
2-metilbutil Hexanoato	1248	1246	7,96 \pm 063	2,70 \pm 0,18	2,74 \pm 0,62
Acetato de 2-fenetila	1252	1256	283,19 \pm 54,72	470,22 \pm 18,18	542,91 \pm 45,77
1-Decanol	1269	1269	26,53 \pm 1,37		
Benzenopropanoato metila	1272	1258			
Nonanoato etila	1296	1296	19,44 \pm 1,91	53,91 \pm 6,48	31,90 \pm 2,13
Metil decanoato	1328	1326	3,23 \pm 0,58	3,05 \pm 0,37	2,46 \pm 0,38
Isobutil benzoato	1331	1311	27,36 \pm 3,24	7,17 \pm 0,14	6,86 \pm 0,05
3-Fenilpropanoato etila	1353	1353	1016,83 \pm 173,02	209,77 \pm 50,58	203,59 \pm 65,74
Eugenol	1361	1360	13,07 \pm 0,56	17,90 \pm 1,71	21,07 \pm 2,83
γ-Nonalactona	1366	1366	13,32 \pm 0,52	11,31 \pm 0,23	11,41 \pm 1,33
Benzenopropil acetato	1373	1373	29,23 \pm 2,60	5,49 \pm 0,03	7,08 \pm 0,24
Butil benzoato	1376	1376	20,04 \pm 1,05		
9-decenoato etila	1389	1389	44,25 \pm 8,97	121,01 \pm 11,99	251,52 \pm 21,69
Decanoato etila	1397	1397	553,30 \pm 35,89	413,10 \pm 31,59	302,27 \pm 22,79
Metileugenol	1407	1407	63,79 \pm 9,60	9,32 \pm 0,77	11,12 \pm 1,63
Succinato etila isopentilo	1436	1436	7,49 \pm 0,30	4,33 \pm 0,47	6,80 \pm 0,07
Benzoato isoamil	1445	1441	13,77 \pm 1,35	4,78 \pm 0,58	5,62 \pm 0,86
2-fenetilo Butanoato	1450	1447		2,51 \pm 0,21	

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F9- formulação 9. F10-formulação 10. F11- formulação 11. Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 8- conclusão

Compostos (μg/kg)	IRc	F9	F10	F11
Octanoato de isoamilo	1455	1450	$8,32 \pm 0,98$	$12,31 \pm 0,20$
Geranil acetona	1462	1461	$12,15 \pm 1,42$	$10,03 \pm 1,09$
(E) -cinamato de etila	1476	1463	$43,69 \pm 7,43$	$12,82 \pm 1,04$
γ-Decalactona	1477	1477	$18,62 \pm 0,58$	$15,09 \pm 0,10$
(E)-β-Ionona	1492	1491	$1,83 \pm 0,18$	$2,10 \pm 0,09$
3-hidroxitridecanoato de etila	1543	1539	$22,30 \pm 1,19$	$10,79 \pm 1,39$
Dodecanoato de etila	1596	1597	$18,46 \pm 3,11$	$17,60 \pm 0,37$
Decanoato de isoamil	1650	1646		$1,39 \pm 0,09$
Farnesol	1733	1747		$1,02 \pm 0,11$

Valores são expressos como média e desvio padrão. IRc-índice de retenção calculado. F9- formulação 9. F10-formulação 10. F11- formulação 11. Fonte: Autoria própria (2020).

5.5.1 Otimização da produção de compostos voláteis no fermentado de sapoti por metodologia de superfície de resposta

Na elaboração dos fermentados alcoólicos de sapoti, variou-se a concentração de sólidos solúveis totais (°Brix) e a concentração do inóculo de acordo com o delineamento composto central rotacional (DCCR) $2^2 + 4$ pontos axiais e 3 pontos centrais, tendo como variáveis resposta os três compostos majoritários, 3-Metil – 1-butanol, Etilbenzoato, e 2-Feniletanol, quantificados por GC-MS.

O gráfico de Pareto na Figura 18 demonstra o efeito das variáveis, bem como suas interações ao nível de significância de 10%. Os parâmetros que ultrapassam a direita da linha tracejada são considerados significativos ao nível de significância de 10% ($p < 0,1$). Os demais gráficos de Pareto (Figuras 21 e 23) demonstram o efeito das variáveis, bem como suas interações ao nível de significância de 5%. Os parâmetros que ultrapassam a direita da linha tracejada são considerados significativos ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

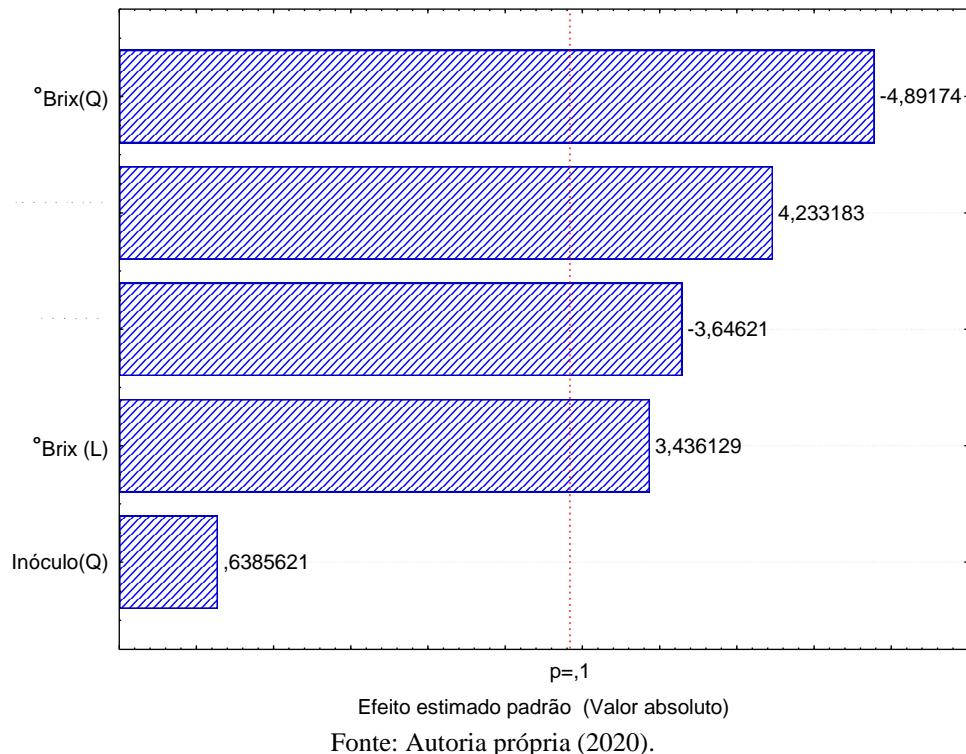
As análises de curva de contorno (Figuras 19 e 24) e de superfície de resposta (Figuras 20, 22 e 25) demonstram a região ótima (área vermelha mais escura da curva de contorno), onde se obteve os maiores valores de produção do composto volátil analisado.

5.5.1.1 Produção de 3-Metil – 1-butanol

O álcool isoamílico (3-Metil – 1-butanol) é um líquido incolor, com odor desagradável. Seu peso molecular é 85,15g / mol e sua fórmula molecular é $C_5H_{12}O$. O ponto de fusão é de -117°C, densidade de 0,809 g/mL, e solubilidade de 1,3 a 2,0 g/100g. É utilizado como intermediário químico e solvente e em produtos farmacêuticos e medicamentos (MELLOUKI *et al*, 2004). O composto 3-metil-1-butanol alcançou sua maior produção na formulação 6 do fermentado de sapoti (13007,99 µg/kg), onde utilizou-se teor de sólidos solúveis de 20 °Brix e concentração de inóculo de 6 g/L.

Através do gráfico de Pareto (Figura 18) verificou-se a produção do 3-Metil-1-butanol nas formulações do fermentado de sapoti, onde o parâmetro de teor de sólidos solúveis (°Brix) influenciou negativamente a produção do composto, e a concentração o inóculo foi o parâmetro que influenciou positivamente a produção do composto, ao nível de significância de 10%, ou seja, em maiores concentrações de inóculo e em menores de sólidos solúveis durante a fermentação, maior será a produção de 3-Metil-1-butanol. A interação entre teor de sólidos solúveis e concentração do inóculo demonstrou efeito negativo, demonstrando que quanto maior for essa interação menor será a produção do composto.

Figura 11- Gráfico de pareto para o efeito dos parâmetros na produção de 3-Metil-1-butanol nos fermentados de sapoti



Fonte: Autoria própria (2020).

A análise de variância para produção de 3-Metil-1-butanol está apresentada na Tabela 7, onde o coeficiente de correlação $R^2 = 0,94$, e o F calculado (de 23,51 superior ao F tabelado = 3,18) validaram estatisticamente o modelo, e é possível construir a curva de contorno (Figura 19) e a superfície de resposta (Figura 20). A produção deste composto pode ser representada pela equação 1 a seguir.

$$[C1] = 11.338,20 + 1721,56 [B] + 1.397,41 [I] - 2.373,85 [I]^2 - 2.093,94 [B] [I]. \quad (1)$$

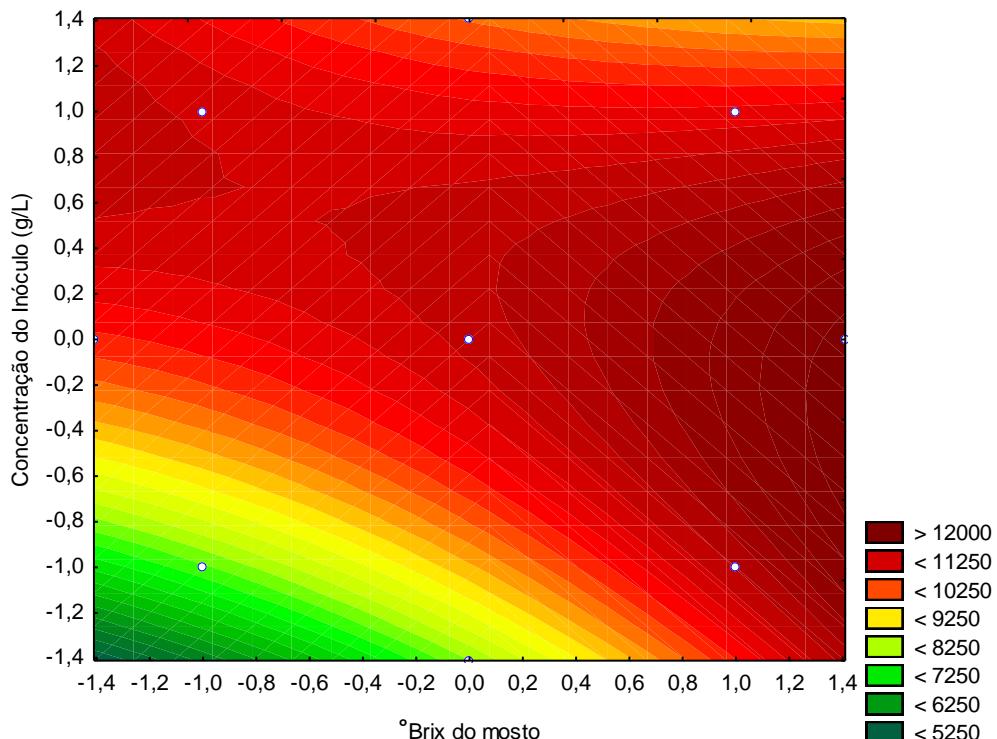
Onde: $[C1]$ = concentração de 3-metil-1-butanol ($\mu\text{g/kg}$), $[B]$ = ${}^{\circ}\text{Brix}$ do mosto, $[I]$ = concentração de inóculo (g/L)

Tabela 9- Análise de variância para o composto 3-metil-1butanol

Fonte de Variação	Soma Quadrática (SQ)	Graus de Liberdade (GL)	Média Quadrática (QM)	F calculado
Regressão	23.615.286	4	5.903.821,5	23,51
Resíduo	1.506.529	6	251.088,167	
Falta de ajuste	846.935	3		
Erro puro	659.594	2		
Total	25.121.815	10		

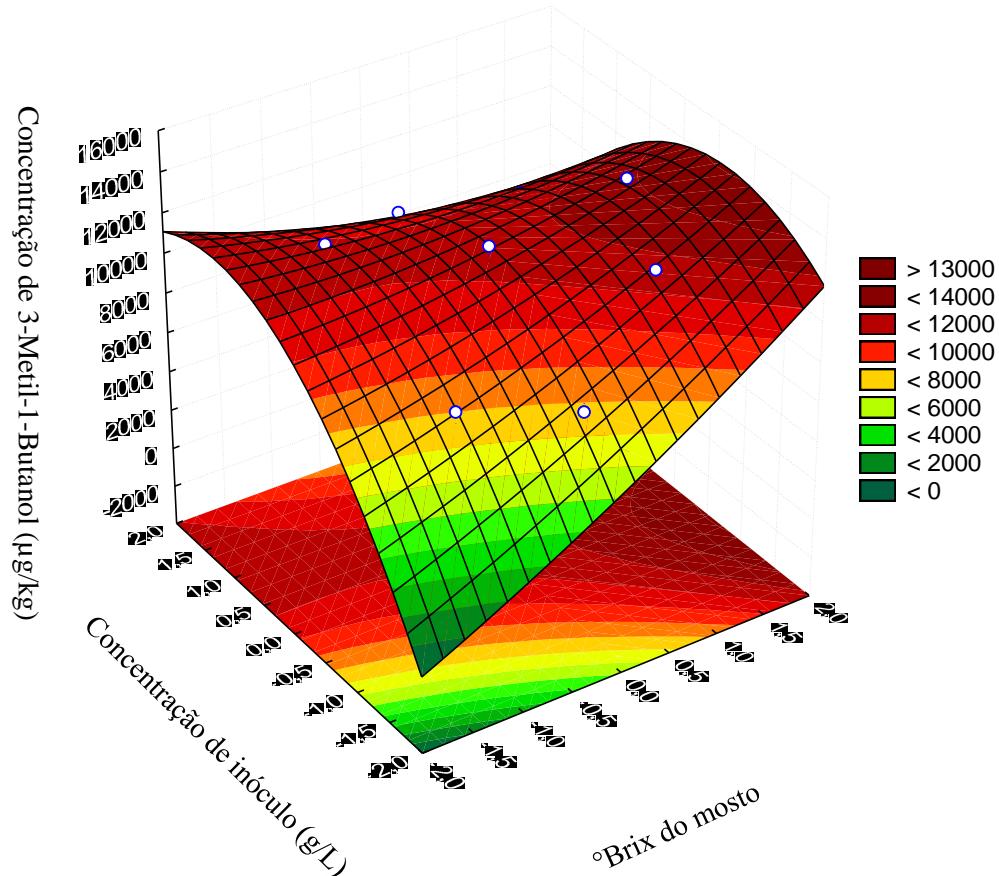
Ftab (4;6);10% = 3,18; $R^2 = 0,94$. Fonte: Autoria própria (2020).

Os maiores valores de produção de 3-metil-1-butanol são observados na região ótima (vermelho mais escuro) na curva de contorno (Figura 19) e na superfície de resposta (Figura 20). A região de máximos valores de produção do composto pode ser obtida com meio contendo teor de sólidos solúveis maior que 18,5 °Brix

Figura 12- Curva de contorno para a produção de 3-metil-1-butanol nos fermentados de sapoti

Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 13- Superfície de resposta para a produção de 3-Metil-1- butanol nos fermentados de saposi



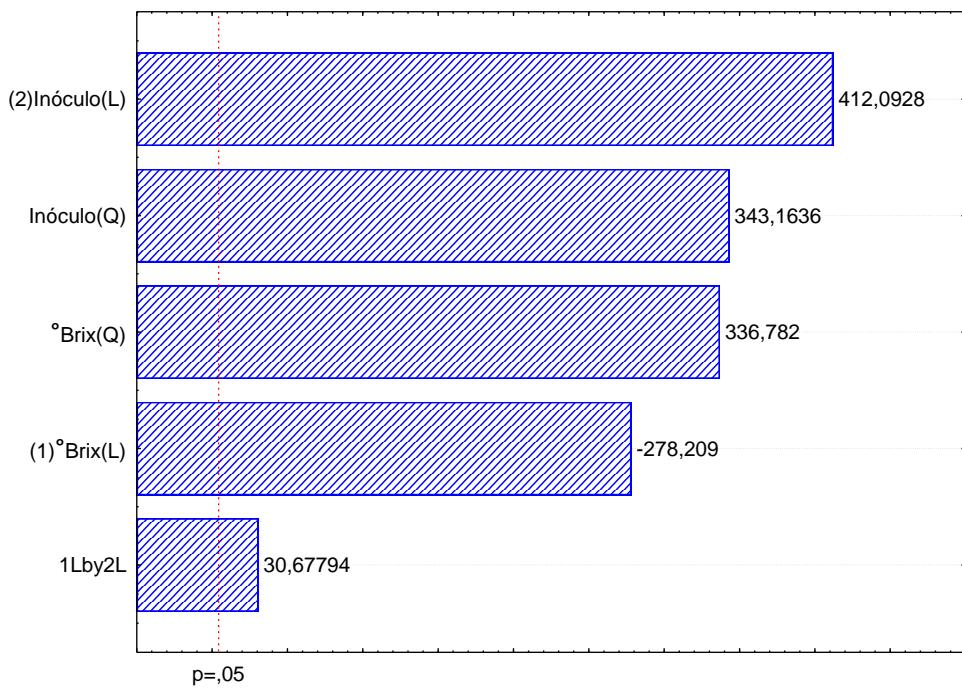
Fonte: Autoria própria (2020).

5.5.1.2 Produção de Etilbenzoato

O Etilbenzoato ou benzoato de etila é um líquido incolor ligeiramente oleoso com um odor quente, pesado e floral-frutado, tem peso molecular de 150,17 g/mol, fórmula molecular C₉H₁₀O₂, e ponto de fusão -34°C. É um dos componentes aromáticos descritos em frutas e folhas de diversas plantas, e que por seu aroma agradável, semelhante à hortelã, é um componente amplamente utilizado na indústria farmacêutica, cosmética e de alimentos (YUAN; LU; JIN, 2014). O composto volátil Etilbenzoato alcançou sua maior produção na formulação 8 do fermentado de sapoti (8.439,79 µg/kg), quando utilizado teor de sólidos solúveis de 15 °Brix e concentração de inóculo de 10g/L.

Através do gráfico de Pareto (Figura 21) para a produção de Etilbenzoato nas formulações do fermentado de sapoti é possível constatar que todos os parâmetros influenciaram a produção do composto ao nível de 5% de significância, e que o inóculo e teor de sólidos solúveis influenciaram positivamente a produção do Etilbenzoato, ou seja, quanto maiores as concentrações destes parâmetros, maior será a produção do composto.

Figura 14- Gráfico de pareto para o efeito dos parâmetros na produção de Etilbenzoato nos fermentados de sapoti



Fonte: Autoria própria (2020).

A análise de variância para produção de Etilbenzoato está apresentada na Tabela 8, onde o coeficiente de correlação $R^2 = 0,933$, e o F calculado (de 13,98 superior ao F tabelado = 5,05) validaram estatisticamente o modelo, e é possível construir a superfície de resposta (Figura 22). A produção deste composto pode ser representada pela equação 2 a seguir.

$$\text{[C2]} = 869,33 - 2689,64 [\text{B}] + 3.885,14[\text{B}]^2 + 3.983,99 [\text{I}] + 3.958,76 [\text{I}]^2 + 418,81 [\text{B}] [\text{I}].$$

(2)

Onde: [C2] = concentração de Etilbenzoato ($\mu\text{g/kg}$), [B] = °Brix do mosto, [I] = concentração de inóculo (g/L).

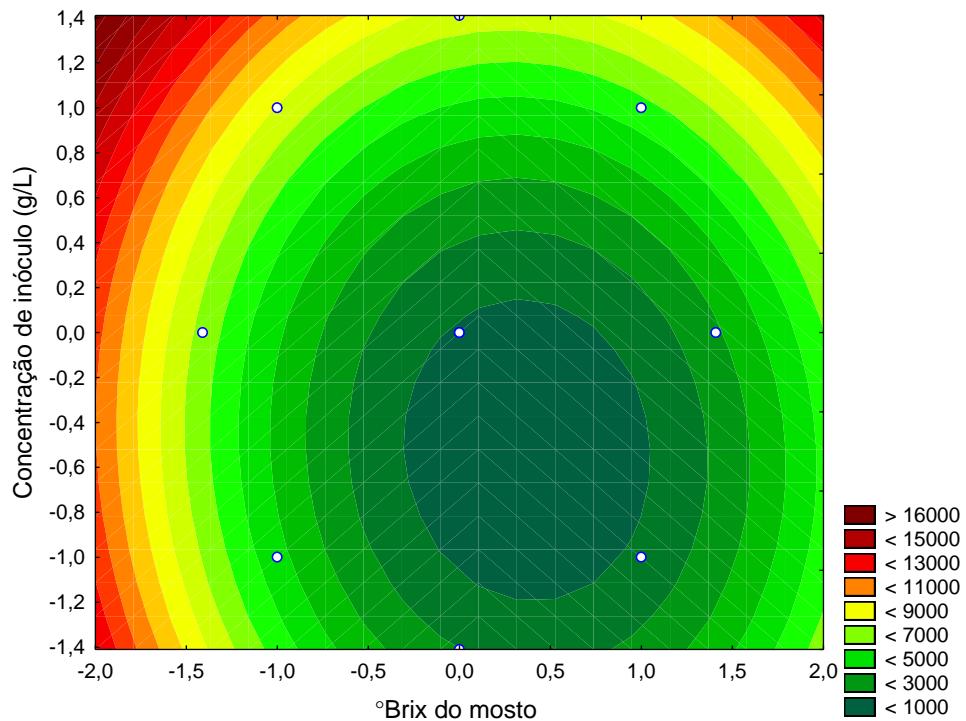
Tabela 10- Análise de variância para o composto Etilbenzoato

Fonte de Variação	Soma Quadrática (SQ)	Graus de Liberdade (GL)	Média Quadrática (QM)	F calculado
Regressão	79.617.701	5	15.923.540,2	13,98
Resíduo	5.694.061	5	1.138.812,2	
Falta de ajuste	5.693.688	3		
Erro puro	373	2		
Total	85.311.762	10		

Ftab (5;5);5% = 5,05; $R^2 = 0,933$. Fonte: Autoria própria (2020).

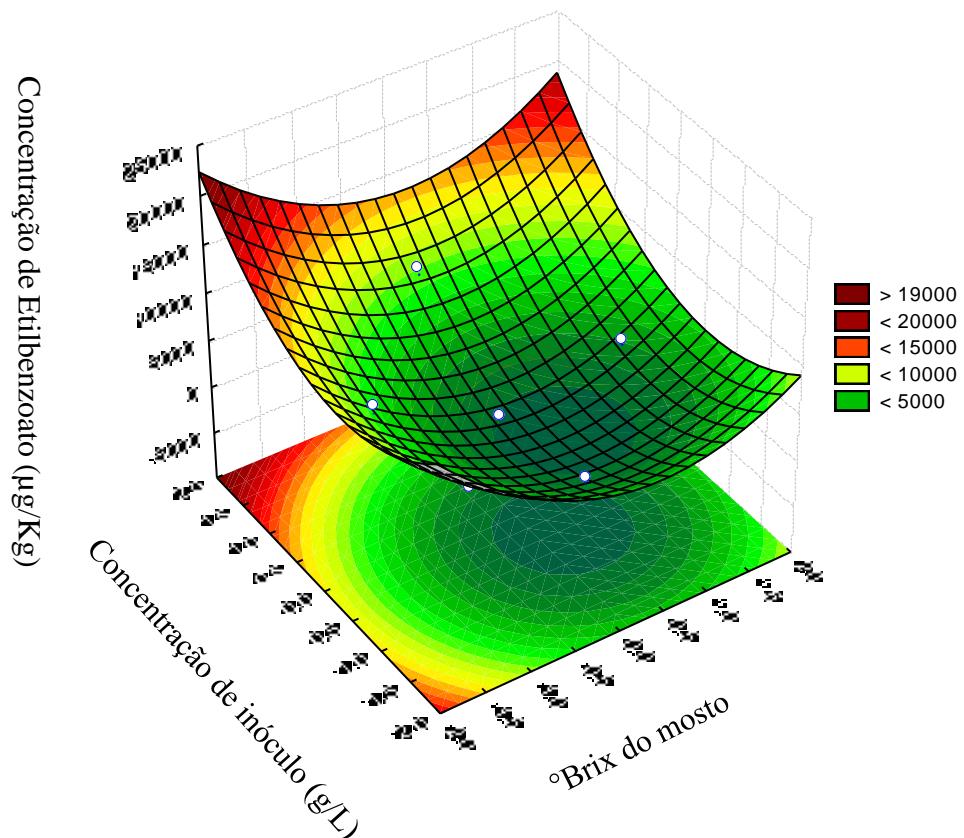
Os maiores valores de produção de Etilbenzoato estão destacados na região ótima (vermelho mais escuro) na superfície de resposta (Figura 22). A região de máximos valores de produção do composto pode ser obtida quando utilizado concentrações de inóculo maiores que 8,8 g/L.

Figura 15- Curva de contorno para a produção do Etilbenzoato nos fermentados de sáqui



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 16- Superfície de resposta para a produção de Etilbenzoato nos fermentados de sáqui



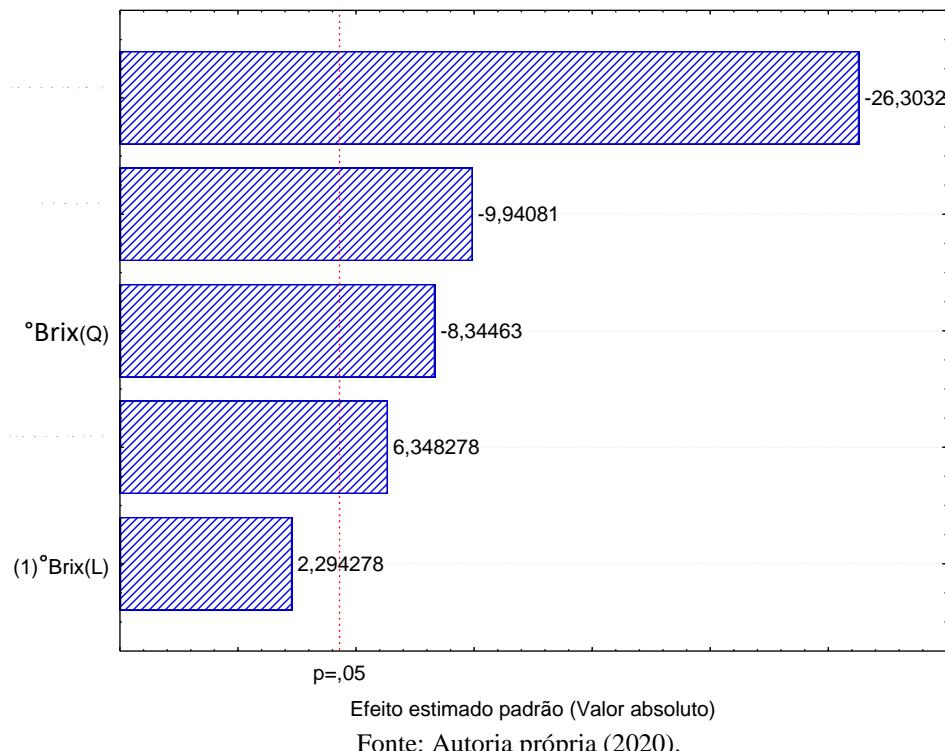
Fonte: Autoria própria (2020).

5.5.1.3 Produção de 2-Feniletanol

O 2-Feniletanol, também conhecido como álcool fenetílico, é um líquido incolor de odor suave, quente, rosa, semelhante ao mel. Seu peso molecular é 122,16 g/mol, sua fórmula molecular é $C_8H_{10}O$, e o ponto de fusão e ebulação é de -27°C e 219-221°C, respectivamente. É usado em composições aromatizantes de produtos alimentícios, como refrigerantes, biscoitos, chiclete, entre outros (SENDOVSKI; FISHMAN, 2010). O composto 2-Feniletanol alcançou sua maior produção na formulação 10 do fermentado de saposi (4990,94 $\mu g/kg$), que utilizou teor de sólidos solúveis de 15 °Brix e concentração de inóculo de 6 g/L.

No gráfico de Pareto (Figura 23) verificou-se que o teor de sólidos solúveis e a concentração de inóculo influenciaram negativamente a produção do composto ao nível de 5% de significância na faixa estudada, ou seja, quanto maior forem estes parâmetros menor será a produção desse composto.

Figura 17- Gráfico de pareto para o efeito dos parâmetros na produção de 2-Feniletanol nos fermentados de saposi



A análise de variância para produção de 2-Feniletanol está apresentada na Tabela 9, onde o coeficiente de correlação $R^2 = 0,94$, e o F calculado (de 23,75 superior ao F tabelado = 4,53) validaram estatisticamente o modelo, e é possível construir a curva de contorno (Figura

24) e a superfície de resposta (Figura 25). A produção deste composto pode ser representada pela equação 3 a seguir:

Equação: $[C3] = 4.919,60 - 743,53[B]2 + 474,04 [I] - 2.343,71[I]2 - 1.048,21 [B] [I]$. (3)

Onde: $[C3]$ = concentração de 2-Feniletanol ($\mu\text{g/kg}$), $[B]$ = $^{\circ}\text{Brix}$ do mosto, $[I]$ = concentração de inóculo (g/L).

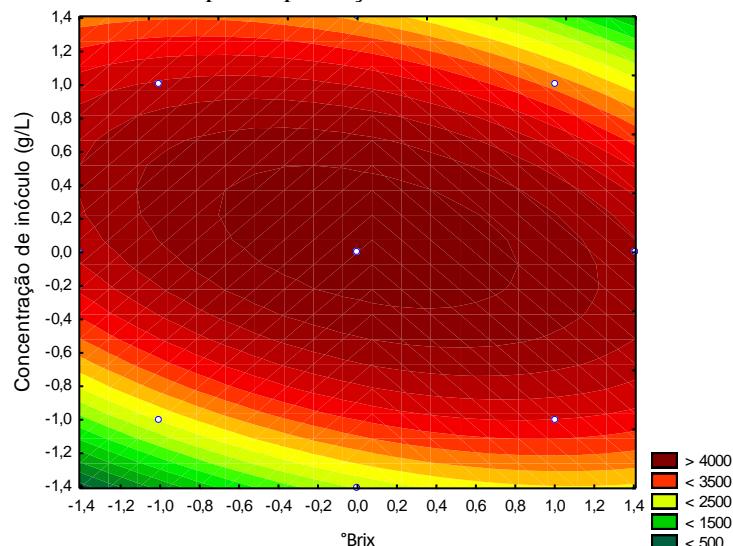
Tabela 11- Análise de variância para o composto 2-Feniletanol

Fonte de Variação	Soma Quadrática (SQ)	Graus de Liberdade (GL)	Média Quadrática (QM)	F calculado
Regressão	9.303.561	4	2.325.890,25	23,75
Resíduo	587.502	6	97.917	
Falta de ajuste	565.265	3		
Erro puro	22.237	2		
Total	9.891.063	10		

$F_{tab}(4;6);5\% = 4,53$; $R^2 = 0,940$. Fonte: Autoria própria (2020).

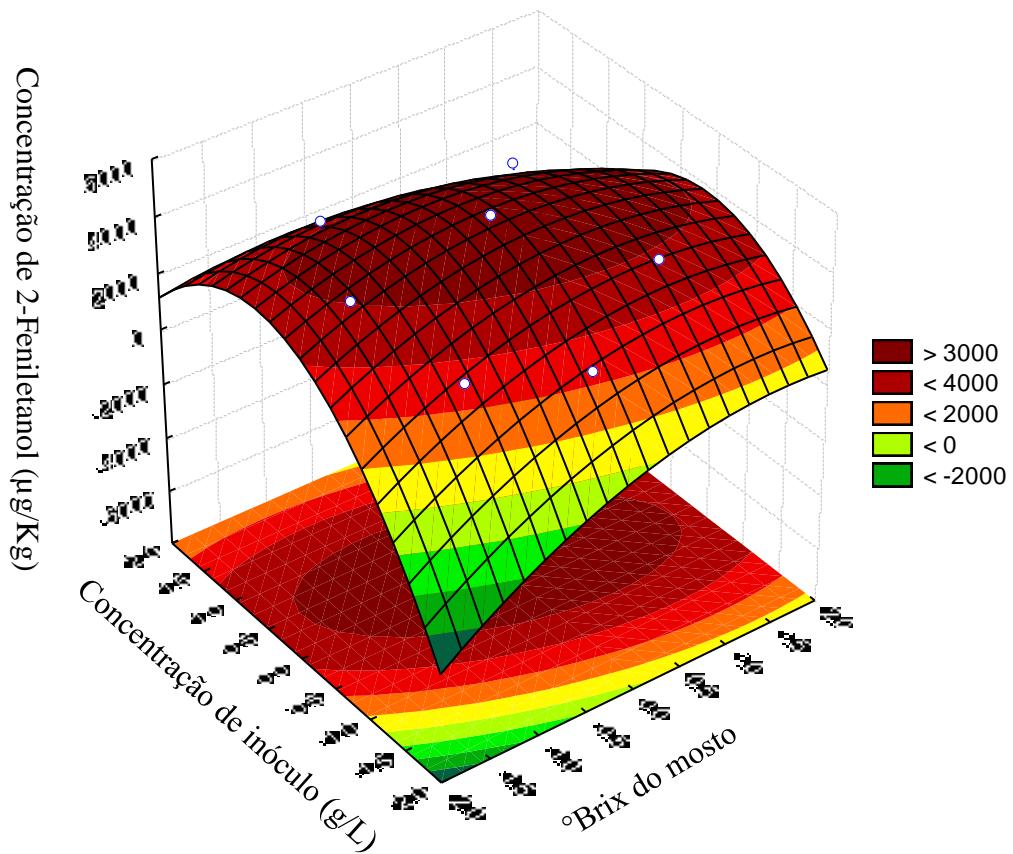
Os maiores valores de produção de 2-Feniletanol podem ser observados na região ótima (vermelho mais escuro) na curva de contorno (Figura 24) e na superfície de resposta (Figura 25). A região de máximos valores de produção do composto pode ser obtida utilizando teor de sólidos solúveis entre 12,9 e 17,8 $^{\circ}\text{Brix}$ e concentração de inóculo entre 5,2 e 7,4 g/L.

Figura 18- Curva de contorno para a produção do 2-Feniletanol nos fermentados de sapoti



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 19- Superfície de resposta para a produção de 2-Feniletanol nos fermentados de saposi



Fonte: Autoria própria (2020).

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram obtidos extratos de casca e de semente de sapoti utilizando diferentes tipos e concentrações de solventes pelas técnicas de maceração e ultrassom. Dentre os extratos de casca de sapoti, o obtido em metanol 50% por maceração demonstrou maior teor de compostos fenólicos (234,32 mg EAG/100g de resíduo), ácido gálico (0,084 mg/g) e epigalocatequina (0,055 mg/g). Já o extrato obtido em etanol 80% por ultrassom demonstrou o maior teor de flavonoides (90,85 mg QCE/100g).

Por outro lado, dentre os extratos de semente de sapoti, o obtido em metanol 80% por ultrassom correspondeu ao maior teor de compostos fenólicos (65,28 mg EAG/100g de resíduo) e maior capacidade antioxidante pelo método ABTS; e o extrato obtido em etanol 80% por maceração demonstrou maior teor de flavonoides (50,39 mg QCE/100g), dentre eles epigalocatequina, catequina, galato de epigalocatequina e galato de etila e maior atividade antioxidante.

Na análise dos compostos voláteis das diferentes formulações do fermentado de sapoti foram identificados 85 compostos voláteis, tendo como majoritários o 3-Metil-1-butanol, 2-Feniletanol e Etilbenzoato. A produção de 3-metil-1-butanol foi mais influenciada pelo teor de sólidos solúveis, e a produção de 2-Feniletanol e Etilbenzoato foram influenciadas principalmente pela concentração do inóculo. Através da metodologia de superfície resposta verificou-se que a maior produção destes compostos pode ser obtida nas seguintes faixas de Brix: maior que 18,5° para 3-metil-1butanol, concentração de inóculo maior que 8,8 g/L para Etilbenzoato; e para 2-Feniletanol teor de sólidos solúveis entre 12,9 e 17,8°Brix, e concentração de inóculo entre 5,2 e 7,4 g/L.

Os resíduos de sapoti demonstraram potencial para serem utilizados como fontes naturais de compostos bioativos. Além disto, neste trabalho foram elaboradas diferentes formulações de bebidas fermentadas de sapoti, contendo compostos voláteis de aromas agradáveis e podem ser exploradas em trabalhos futuros quanto a aceitação sensorial.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M. de; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M. do; MAGALHÃES, C. E. de C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. de. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, 44, p. 2155–2159, 2011.

ALTEMIMI, A.; LAKHSSASSI, N.; BAHARLOUEI, A.; WATSON, D. G.; LIGHTFOOT, D.A. Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts. **Plants (Basel)**. 6 (4): 42. 2017.

ALVES, R. E.; FILGUIERAS, H. A. C.; MOURA, C.F.H. Org. Sapoti. In. **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: UNESP/SBF, 2000.

ANDRADE, J. K.; DENADAI, M.; OLIVEIRA, C. S. de; NUNES, M. L.; NARAIN, N. Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity of brown, green and red propolis from Brazilian northeast region. **Food Research International**. v. 101, p. 129–138, 2017.

AQUARONE, A.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. LIMA, U. de A. **Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos**. Volume 4. São Paulo, SP: E. Blucher, 2014.

ARAKAKI, A. H. **Desenvolvimento de Bioprocessos para produção de biomassa rica em cobre e zinco por fermentação submersa utilizando leveduras isoladas do baru (dipteryx alata vog.) E testados em resíduos da agroindústria brasileira**. 2010. 155f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos) - Programa de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BABBAR, N.; OBEROI, H. S.; UPPAL, D. S.; PATIL, R. T. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, v. 44, p. 391–396, 2011.

BABU, P. V. A.; LIUB, D.; GILBERTC, E. R. Recent advances in understanding the anti-diabetic actions of dietary flavonoids. **Journal of Nutritional Biochemistry**. v. 24, p. 1777–1789, 2013.

BANDEIRA, C. L.; MESQUITA, A. L. M.; AQUINO, A. R.L. de; JUNIOR, A. T. C.; SANTOS, F. J. de S.; OLIVEIRA, F. N. S.; NETO, J. de S.; BARROS, L. de M.; SOBRINHO, R. B.; LIMA, R. N. de; OLIVEIRA, V. H. de. **O Cultivo do Sapotizeiro**. Circular técnica n°13. Embrapa. Fortaleza, v. 1. 2003.

BANERJEE, J.; SINGH, R.; VIJAYARAGHAVAN, R.; MASFARLANE, D.; PATII, A. F.; ARORA, A. Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals. **Food Chemistry**, v. 225, p. 10–22, 2017.

BARROS, R. G. C.; ANDRADE, J. K. S.; DENADAI, M.; NUNES, M. L.; NARAIN, N. Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. **Food Research International**, v. 102, p. 84-92, 2019.

BASTOS, M. do S. R. Processamento mínimo de frutas / Maria do Socorro Rocha Bastos. - Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2006. p. 38; - (Agroindústria Familiar).

BORDIM, J.; AMORIM, J.; SARI, R.; SILVA, A. C. T. da; SOTILES, A. R.; PEREIRA, E. A. Technological Use of Flour Obtained from the Byproducts of Passion Fruit Albedo and the Residue of the Extraction of the Star Fruit Juice in the Formulation of Cereal Bars. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 10 (3), p. 211-217, 2018.

BRITO, E. S. de; NARAIN, N. Physical and chemical characteristics of sapota fruit at different stages of maturation. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, n. 4, p. 567-572, 2002.

ÇAM, M.; ICYER, N. C.; ERDOGAM, F. Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie - Food Science and Technology**, v. 55, p. 117-123, 2014.

CAN-CAUICH, C. A.; SAURI-DUCH, E.; BETANCUR-ANCONA, D.; CHEL-GUERRERO, L.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; CUEVAS-GLORY, L. F.; PÉREZ-PACHECO, E.; MOO-HUCHIN, V. M. Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. **Journal of Functional Foods**, v. 37, p. 501–506, 2017.

CAPOBIANGO, M.; DINIZ, I. M.; ANDRE, L. C.; OLIVEIRA, E. de S.; CARDEAL, Z. de S. Assessment of volatile organic compounds from banana Terra subjected to different alcoholic fermentation processes. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 3, p. 510-519, 2016.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2º edição. Campinas/SP. UNICAMP, 2003.

CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G. de; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, Vol. 30, No. 2, p. 441-449, 2007.

CHONG, S. Y.; WONG, C. W. Production of spray-dried sapodilla (*Manilkara zapota*) powder from enzyme-aided liquefied puree. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39 p. 2604–2611, 2015.

COSTA, L. N.; FREITAS, W. E. de S.; MORAIS, P. L. D. de; MORAIS, D. L. de; MENDONÇA, V. Efeito da adubação nitrogenada nos caracteres físico, físico-químico e potencial antioxidante do sapoti (*Manilkara zapota L. P.Royen*) em diferentes estádios de desenvolvimento. **Acta Agronómica**, v. 66 (4), p. 480-485, 2017.

CRUZ, M. L.; RESENDE, M. M. de; RIBEIRO, E. J. Evaluation of process conditions in the performance of yeast on alcoholic fermentation. **Chemical Engineering Communications**, Volume 205, p. 846-855, 2018.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 900.

DEL RIO, D.; RODRIGUEZ-MATEOS, A.; SPENCER, J. P. E.; TOGNOLINI, M.; BORGES, G.; CROZIER, A. Dietary (Poly)phenolics in Human Health: Structures, Bioavailability, and

Evidence of Protective Effects Against Chronic Diseases. **Antioxidants & Redox Signaling**. v. 18, n. 14, 2003.

DENT, M.; DRAGOVIC-UZELAC, V.; PENIC, M.; BRNCIC, M.; BOSILJKOV, T.; LEVAJ, B. The Effect of Extraction Solvents, Temperature and Time on the Composition and Mass Fraction of Polyphenols in Dalmatian Wild Sage (*Salvia officinalis L.*) Extracts. **Food Technology and Biotechnology**, v. 51, p. 84-91, 2013.

EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL. O cultivo do sapotizeiro. **Circular técnica n° 13**. Fortaleza – CE, 2002.

FARIAS, L. L.; LOSS, R. A.; SILVA, S. S. e; PUTON, B. M. S.; PAROU, N. CANSIAN, R. L.; GUEDES, S. F. Potencial antimicrobiano e avaliação físico-química da casca, polpa e biomassa do noni (*Morinda citrifolia linn*). **Global Science of Technology**, v.11, n.02, p.247-255, 2018.

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

FERNANDES, F. H. A.; SALGADO, H. R. N. Gallic Acid: Review of the Methods of Determination and Quantification. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**. v. 46, n. 3, p. 257–265, 2016.

GANJYAL, G. M.; HANNA, M.A.; DEVADATTAM, D. S. K. Processing of Sapota (Sapodilla): Drying. **Journal of food science**, v. 68, n° 2, 2003.

GARMUS, T. T.; PAVIANI, L. C.; QUEIROGA, C. L.; MAGALHÃES, P. M.; CABRAL, F. A. Extraction of phenolic compounds from pitanga (*Eugenia uniflora L.*) leaves by sequential extraction in fixed bed extractor using supercritical CO₂, ethanol and water as solvents. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 86, p. 4-14, 2014.

GUIMARAES, J. T.; SILVA, E. K.; RANADHEERA, C. S.; MORAES, J.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; FERREIRA, M.S.; FREITAS, M. Q.; MEIRELES, M. A. A.; CRUZ, A. G. Effect of high-intensity ultrasound on the nutritional profile and volatile compounds of a prebiotic soursop whey beverage. **Ultrasonics – Sonochemistry**. v. 55, p. 157–164, 2019.

GULÇİN, I. Antioxidant activity of food constituents: an overview. **Archives of Toxicology**, v. 86, p. 345–391, 2012.

HO, T. C.; CHUN, B.-S. Extraction of bioactive compounds from *Pseuderanthemum palatiferum* (Nees) Radlk. using subcritical water and conventional solvents: A Comparison Study. **Journal of Food Science**, v.84, p. 1201-1207, 2019.

HORINCAR, G.; ENACHI, E.; STĂNCIUC, N.; RÂPEANU, G. Extraction and characterization of bioactive compounds from eggplant peel using ultrasound – assisted extraction. **Fascicle VI – Food Technology**, v. 43, n. 1, p. 40-53, 2019.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.53, p. 1841-1856, 2005.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4^a edição, São Paulo, Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JUNIOR, J. F. da S.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; MOURA, R. J. M. de; O sapotizeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 36, n. 1, p. 086-099, 2014.

KOÇAK, E.; PAZIR, F. Effect of Extraction Methods on Bioactive Compounds of Plant Origin. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v. 6, n° 6, p. 663-675, 2018.

KULKARNI, A. P.; POLICEGOUDRA, R. S.; ARADHYA, S. M. Chemical composition and antioxidant activity of Sapota (*Achras sapota* linn.) Fruit. **Journal of Food Biochemistry**, v. 31, p. 399–414, 2007.

KUMAR, R. S.; SURESHKUMAR, K.; VELRAJ, R. Optimization of biodiesel production from *Manilkara zapota* (L.) seed oil using Taguchi method. **Fuel**, v. 140, p. 90–96, 2015.

KUMORO, A.; HIDAYAT, J. Effect of Soaking Time in Sodium Metabisulfite Solution on the Physicochemical and Functional Properties of Durian Seed Flour. **MATEC Web of Conferences**, v. 156, 2018.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25(4), p. 726-732, 2005.

KWON, Y. I. I.; VATTEM, D. A.; SHETTY, K. Evaluation of clonal herbs of Laminaceae species against diabetes and hypertension. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, 15 (1), 107-118, 2006.

LAMA-MUÑOZ, A.; CONTRERAS, M. del M.; ESPÍNOLA, F.; MOYA, M.; TORRES, A. de; ROMERO, I.; CASTRO, E. Extraction of oleuropein and luteolin-7-O-glucoside from olive leaves: Optimization of technique and operating conditions. **Food Chemistry**. v. 293, p. 161–168, 2019.

LASEKAN, O. SEE, N. S. Key volatile aroma compounds of three black velvet tamarind (*Dialium*) fruit species. **Food Chemistry**, v. 168, p. 561–565, 2015.

LASEKAN, O.; YAP, S. P. Characterization of the aroma compounds in fresh and dried sapodilla (*Manikara zapota*, L.) by the application of aroma extract dilution analysis. **CYTA – Journal of Food**, v.16, n. 1, p. 801-806, 2018.

LIM, K. J. A.; CABAJAR, A. A.; LOBARBIO, C. F. Y.; TABOADA, E.; LACKS, D. J. Extraction of bioactive compounds from mango (*Mangifera indica* L. var. Carabao) seed kernel with ethanol–water binary solvent systems. **Journal of Food Science and Technology**, v.56, n. 5, p.2536-2544, 2019.

LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial: processos fermentativos e enzimáticos**. São Paulo: Blucher, 2016.

LIN, X.; WANG, Q.; HU, X.; WU, W.; ZHANG, Y.; LIU, S.; LI, C. Evaluation of different *Saccharomyces cerevisiae* strains on the profile of volatile compounds in pineapple wine. **Journal of Food Science and Technology**, 55 (10), p. 4119–4130, 2018.

MACLEOD, A. J.; TROCONIS, N. G. de. Volatile Flavor Components of Sapodilla Fruit (Achras sapota L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.30, p. 515-517, 1982.

MEDA, A.; LAMIEN, C. E.; ROMITO, M.; MILLOGO, J.; NACOULMA, O. G. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. **Food Chemistry**, v. 91, p. 571–577, 2005.

MELLOUKI, A.; OUSSAR, F.; LUN, X.; CHAKIRW, A. Kinetics of the reactions of the OH radical with 2-methyl-1-propanol, 3-methyl-1-butanol and 3-methyl-2-butanol between 241 and 373 K. **Physical Chemistry Chemical Physics**, v. 6, p. 2951-2955, 2004.

MENDES-FERREIRA, A.; COELHO, E.; BARBOSA, C.; OLIVEIRA, J. M.; MENDES-FAIA, A. Production of blueberry wine and volatile characterization of young and bottle-aging beverages. **Food Science e Nutrition**, v. 7, n. 2, p. 617-627, 2019.

MENEZES, V. P. de; SILVA, J. R. A. da; NETO, J. F.; ROLIM, H. R.; ARAÚJO, A. L. M. de; LIMA, P. S. E. Subprodutos de frutas tropicais desidratados por secagem convectiva. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.13, n. 4, p. 472-482, 2018.

MEREGALLI, M. M. **Estudo comparativo de diferentes métodos de extração de compostos bioativos da casca do araçá-vermelho (*Psidium cattleianum sabine*)**. 2017. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos) - Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus, Erechim, 2017.

MESQUITA, A. C. N. de. **Composição nutricional de resíduos de frutas com uso potencial na alimentação de aves**. 2018. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Pós-Graduação em ciência animal, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2018.

MIRANDA, M. R. A.; FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E.; SOARES, A. A.; BENBADIS, A. K. Caracterização físico-química e histológica do desenvolvimento de Sapoti. **Revista de ciências agroambientais**, v. 39(4), p. 575-582, 2008.

MORAIS, P. L. D. de; OLIVEIRA, L. C. de; ALVES, R. E.; ALVES, J. D.; ALVES, A. de P. Amadurecimento de sapoti (*Manilkara zapota L.*) submetido ao 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28 No.3, p. 369- 373, 2006.

MORILLA, C. H. G.; ALVES, L. R. A.; AGUIAR, C. L. Processo de clarificação de caldo de cana-de-açúcar por sulfitação: barreiras comerciais e impactos econômicos. **Economia em Revista**, v. 24, n. 1, 2015.

NASCIMENTO, K. S. do. **Compostos fenólicos, capacidade antioxidante e propriedades físico-químicas de méis de *Apis mellifera* do estado do Rio Grande do Sul**. 2016, 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos Área de Bromatologia) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo 2016.

NAYAK, B.; DAHMOUNE, F.; MOUSSI, K.; REMINI, H.; DAIRI, S.; AOUN, O.; KHODIR, M. Comparison of microwave, ultrasound and accelerated-assisted solvete extraction for recovery of polyphenols from *Citrus sinensis* peels. **Food Chemistry**, v. 187, p. 507–516, 2015.

NENADIS, N.; WANG, L. F.; TSIMIDOU, M.; ZHANG, H. Y. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS (*+) assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52, 4669-4674, 2004.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri, SP: Manole, 2006, 612 p.

OLIVEIRA, V. S. de; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. da; Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.

PANDA, S. K.; SAHU, U. C.; BEHERA, S. K.; RAY, R. C. Fermentation of sapota (*Achras sapota* Linn.): fruits to functional wine. **Nutrafoods**, v. 13, p. 179-186, 2014.

PATLE, S.; LAL, B. Ethanol production from hydrolysed agricultural wastes using mixed culture of *Zymomonas mobilis* and *Candida tropicalis*. **Biotechnology Letters**, v. 29, p.1839–1843, 2007.

PATRA, J. K.; DAS, G.; LEE, S.; KANG, S-S.; SHIN, H-S. Selected commercial plants: A review of extraction and isolation of bioactive compounds and their pharmacological market value. **Trends in Food Science & Technology**. v. 82, p. 89-109, 2018.

PEDRO, A. C.; MACIEL, G. M.; RIBEIRO, V. R.; HAMINIUK, C. W. I. Fundamental and applied aspects of catechins from diferente sources: a review. **International Journal of Food Science and Technology**. 2019. Doi:10.1111/ijfs.14371.

QUEIROGA, A. X. M. de. **Caracterização física, química e funcional dos frutos da pitombeira (*Talisia esculenta*)**. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015.

RAMOS, S. de N. M.; DANZL, W. ZIEGLEDER, G.; EFRAIMA, P. Formation of volatile compounds during cupuassu fermentation: Influence of pulp concentration. **Food Research International**, v. 87, p. 161–167, 2016.

REDDY, L. V.A.; REDDY, O. V. S. Effect of fermentation conditions on yeast growth and volatile composition of wine produced from mango (*Mangifera indica* L.) fruit juice. **Food and bioproducts processing**, v.89, p. 487–491, 2011.

RÍOS-REINA, R., SEGURA-BORREGO, M.P., GARCÍA-GONZÁLEZ, D.P., MORALES, M.L., CALLEJÓN, R.M. A comparative study of the volatile profile of wine vinegars with protected designation of origin by headspace stir bar sorptive extraction. **Food Research International**, v. 123, p. 298–310, 2019.

RODA, A.; FAVERI, D. M. de; DORDONI, R.; CASES, E. V.; JAUREGUI, N. N.; BARRACHINA, A. A. C.; FERNANDES, J. F.; LAMBRI, M. Pineapple wines obtained from

saccharification of its waste with three strains of *saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, 2017.

SAFDAR, M. N.; KAUSAR, T.; JABBAR, S.; MUMTAZ, A.; AHAD, K.; SADDOZAI, A. A. Extraction and quantification of polyphenols from kinnow (*Citrus reticulate L.*) peel using ultrasound and maceration techniques. **Journal of food and drug analysis**, v. 13, 2016.

SALLEH, R. M.; YING, T. L.; MOUSAVID, L. Development of fruit bar using sapodilla (*manilkara zapota l.*). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, 2017.

SANCHO, S. de O.; SILVA, A. R. A. da; DANTAS, A. N. de S.; MAGALHAES, T. A.; LOPES, G. S.; RODRIGUES, S.; COSTA, J. M. C. da; FERNADES, A. N.; SILVA, M. G. de V. Characterization of the Industrial Residues of Seven Fruits and Prospection of Their Potential Application as Food Supplements. **Journal of Chemistry**, 2015.

SENDOVSKI, M.; NIR, N.; FISHMAN, A. Bioproduction of 2-Phenylethanol in a Biphasic Ionic Liquid Aqueous System. **J. Agric. Food Chem.** v. 58, p. 2260–2265, 2010.

SHARAYEIA, P.; AZARPAZHOOHA, E., ZOMORODIB, S.; RAMASWAMYC, H. S. Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from pomegranate (*Punica granatum L.*) peel. **LWT - Food Science and Technology**, v. 101, p. 342–350, 2019.

SHETTY, K.; CURTIS, O. F.; LEVIN, R. E.; WITKOWSKY, R.; ANG, W. Prevention of verification associated with in vitro shoot culture of oregano (*Origanum vulgare*) by *Pseudomonas* spp. **Journal of Plant Physiology**, v. 147, p. 447-451, 1995.

SHUI, G.; WONG, S. P.; LEONG, L. P. Characterization of Antioxidants and Change of Antioxidant Levels during Storage of *Manilkara zapota L.* **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 7834-7841, 2004.

SILVA, L. M. R. da; FIGUEIREDO, E. A. T. de; RICARDO, N. M. P. S.; VIEIRA, I. G. P. FIGUEIREDO, R. W. de; BRASIL, I. M.; GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p.398–404, 2014.

SILVA, M. E.; NETO, A. B. T.; SILVA, F. L. H.; SWARNAKAR, R. Cashew wine vinegar production: Alcoholic and acetic fermentation. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v.24, No. 02, p. 163 - 169, 2007.

SINGH, J. P.; KAUR, A.; SHEVKANIL, K.; SINGH, N. Composition, bioactive compounds and antioxidant activity of common Indian fruits and vegetables. **Journal of Food Science and Technology**, 2016.

SOUSA, M. M. A.; SENA, D. N.; ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M; FIGUEREDO, R. W; FERNANDES, M. F. L. Avaliação dos parâmetros físico-químicos de farinhas de resíduos do processamento de frutas tropicais. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, v. 1, 2014.

SUKADEETADA, K.; NAKBANPOTEA, W.; HEINRICHB, M.; NUENGCHAMNONGC, N. Effect of drying methods and solvent extraction on the phenolic compounds of *Gynura*

pseudochina (L.) DC. leaf extracts and their anti-psoriatic property. **Industrial Crops & Products**, v.120, p. 34–46, 2018.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19(6–7), p. 669–675, 2006.

TSEGAY, Z. T.; SATHYANARAYANNA, C. B.; LEMMA, S. M. Optimization of Cactus Pear Fruit Fermentation Process for Wine Production. **Foods**, 7(8), 121, 2018.

UEKANE, T. M.; NICOLOTTI, L.; GRIGLIONE, A.; BIZZO, H. R.; RUBIOLO, P.; BICCHI, C.; ROCHA-LEÃO, M. H. M.; REZENDE, C. M. Studies on the volatile fraction composition of three native Amazonian- Brazilian fruits: Murici (*Byrsonima crassifolia* L., Malpighiaceae), bacuri (*Platonia insignis* M., Clusiaceae), and sapodilla (*Manilkara sapota* L., Sapotaceae). **Food Chemistry**, v. 219, p. 13–22, 2017.

VALVI, S. R.; RATHOD, V. S.; YESANE, D. P. Screening of three wild edible fruits for their antioxidant potential. **Current Botany**, v. 2, p. 48-52, 2011.

YUAN, C.; LU, Z.; JIN, Z. Characterization of an inclusion complex of ethyl benzoate with hydroxypropyl- β -cyclodextrin. **Food Chemistry**. v. 152, p. 140–145, 2014.

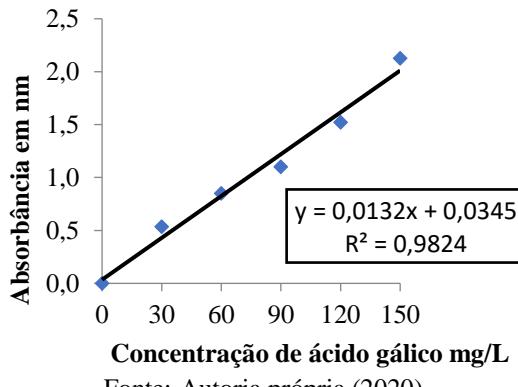
ZHANG, W., DONG, P., LAO, F., LIU, J., LIAO, X., WU, J. (2019). Characterization of the major aroma-active compounds in Keitt mango juice: Comparison among fresh, pasteurization and high hydrostatic pressure processing juices. **Food Chemistry**, v. 289, 215-222.

ZAINAL-ABIDIN, M. H.; HAYYAN, M.; HAYYAN, A.; JAYAKUMAR, N. S. **New horizons in the extraction of bioactive compounds using deep eutectic solvents: A review**. *Analytica Chimica Acta*, v. 979, p. 1-23, 2017.

ZOLA, F. G. **Atividade antioxidante e antimicrobiana de polifenois de grumixama (*Eugenia brasiliensis*) e pitanga (*Eugenia uniflora*)**. Dissertação (Mestrado em saúde e nutrição) – Pós-graduação em saúde e nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

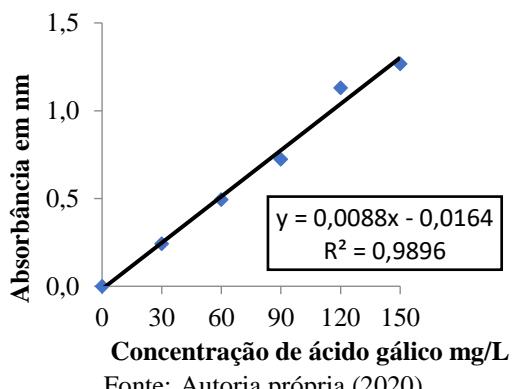
APÊNDICES

Apêndice A- Curva de calibração em ácido gálico (solvete água destilada)



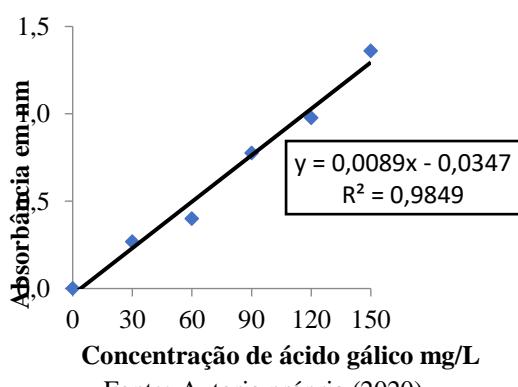
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice B - Curva de calibração em ácido gálico (solvete metanol 40%)



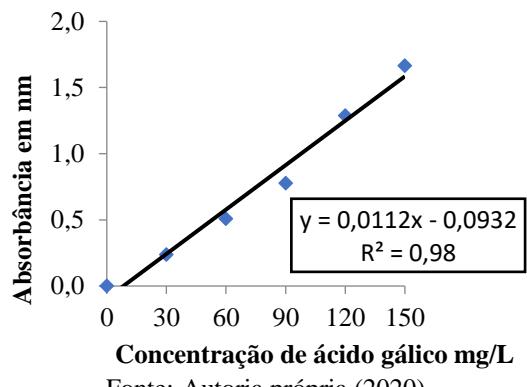
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice C - Curva de calibração em ácido gálico (solvete metanol 50%)



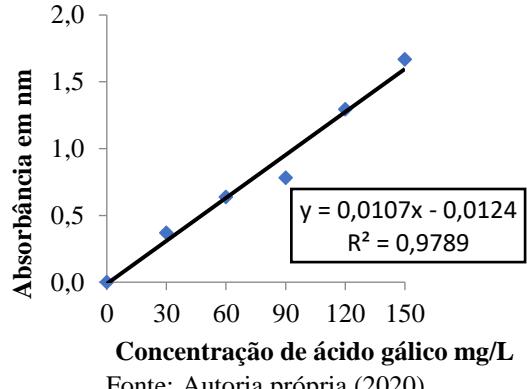
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice D- Curva de calibração em ácido gálico (solvete metanol 60%)



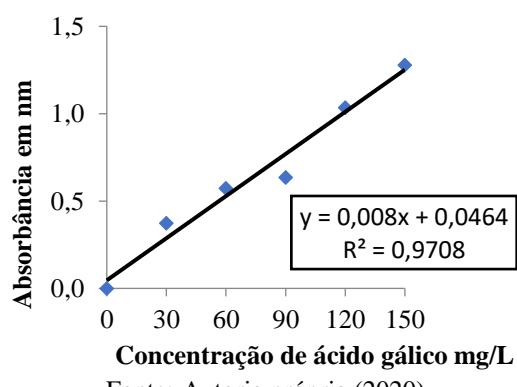
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice E- Curva de calibração em ácido gálico (solvete metanol 70%)



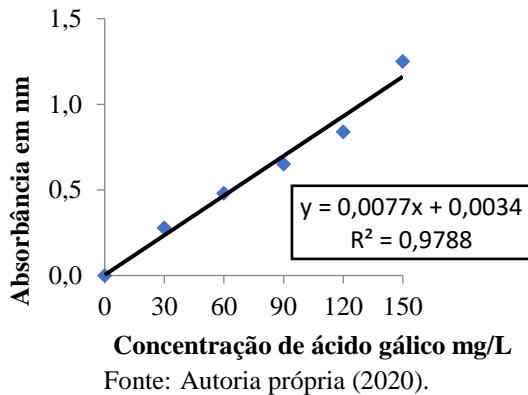
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice F- Curva de calibração em ácido gálico (solvete metanol 80%)



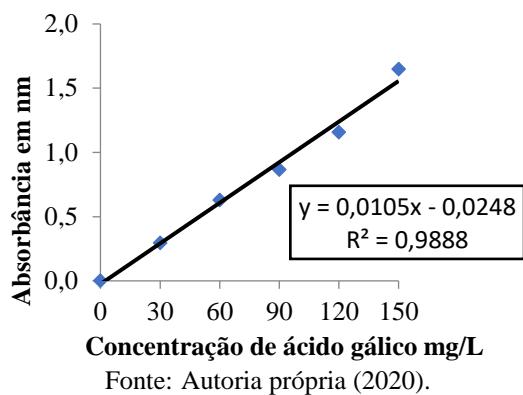
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice G- Curva de calibração em ácido gálico (solvete acetona 40%)



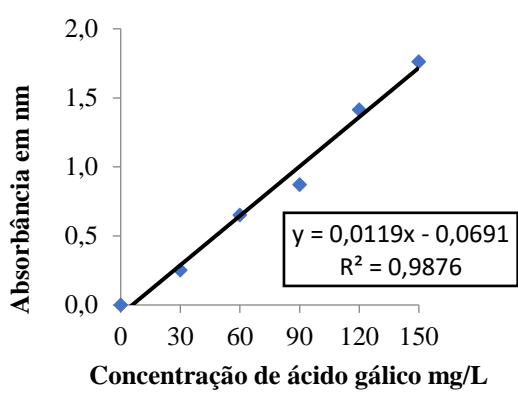
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice J- Curva de calibração em ácido gálico (solvete acetona 70%)



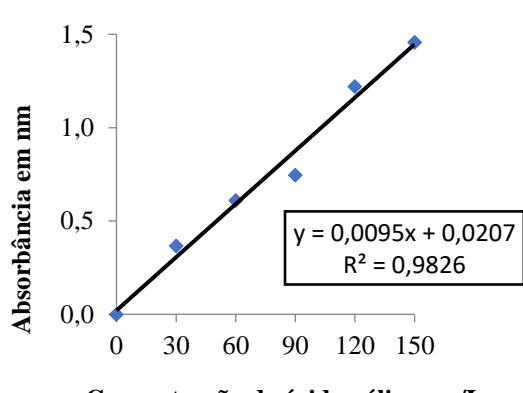
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice H- Curva de calibração em ácido gálico (solvete acetona 50%)



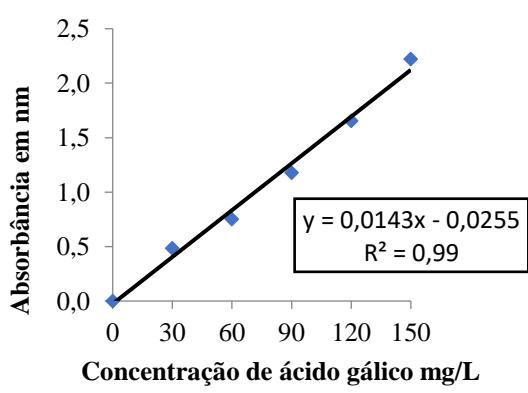
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice K- Curva de calibração em ácido gálico (solvete acetona 80%)



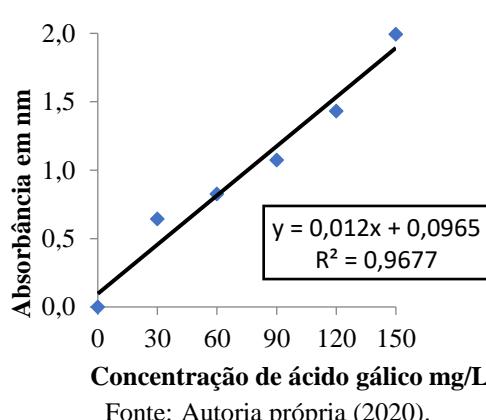
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice I- Curva de calibração em ácido gálico (solvete acetona 60%)



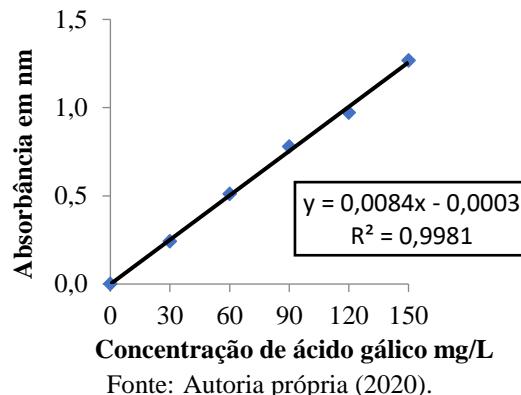
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice L- Curva de calibração em ácido gálico (solvete etanol 40%)



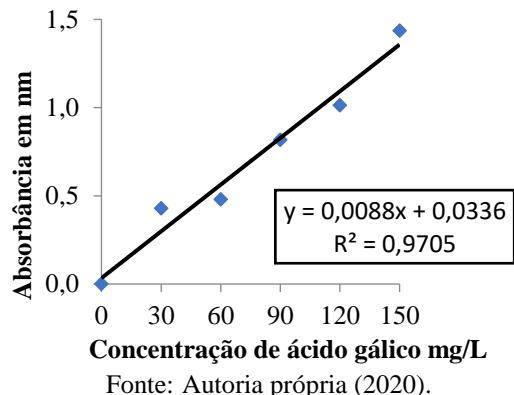
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice M- Curva de calibração em ácido gálico (solvete etanol 50%)



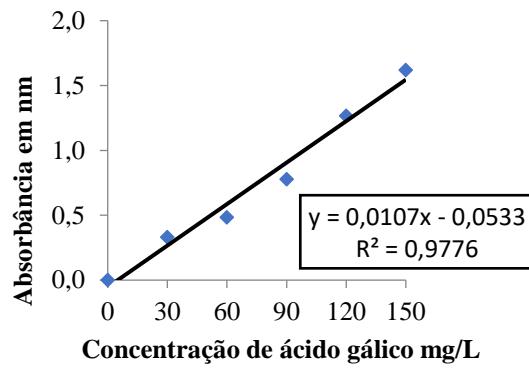
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice P- Curva de calibração em ácido gálico (solvete etanol 80%)



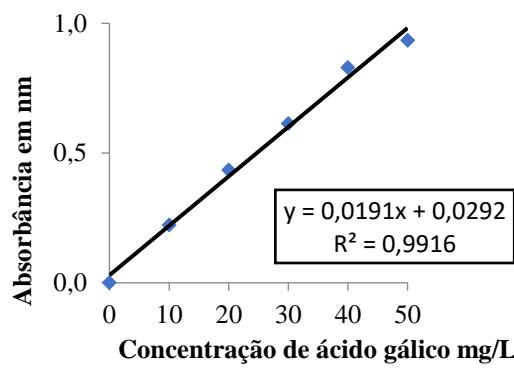
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice N- Curva de calibração em ácido gálico (solvete etanol 60%)



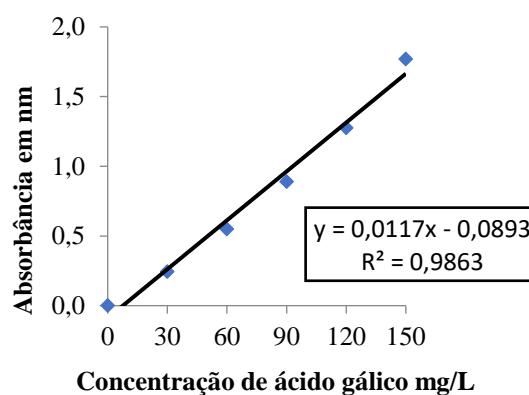
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice Q- Curva de calibração em quercetina (solvete água destilada)



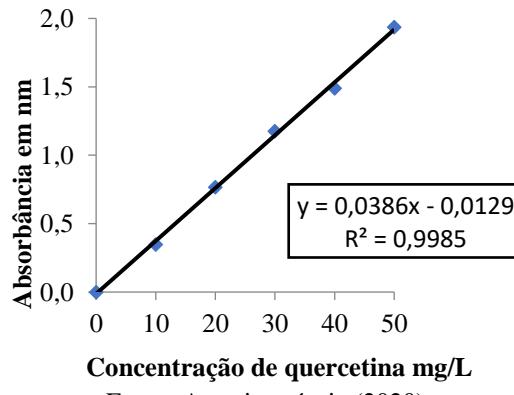
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice O- Curva de calibração em ácido gálico (solvete etanol 70%)



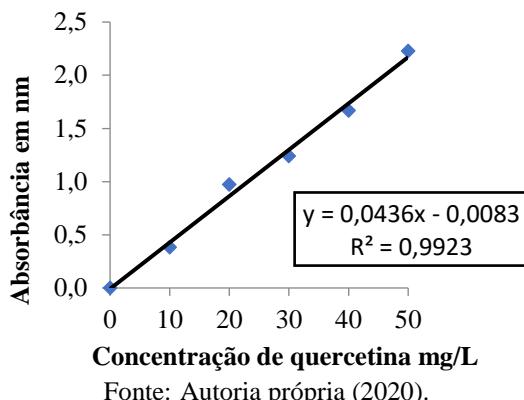
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice R- Curva de calibração em quercetina (solvete metanol 40%)



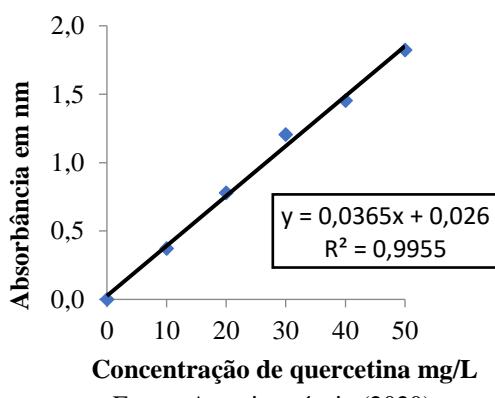
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice S- Curva de calibração em quercetina (solvete metanol 50%)



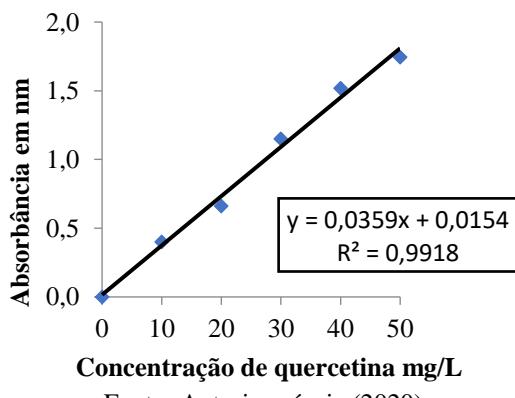
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice T- Curva de calibração em quercetina (solvete metanol 60%)



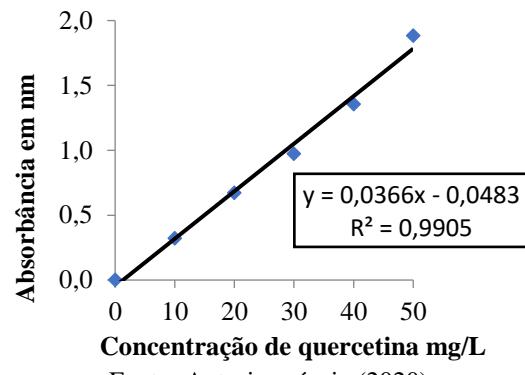
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice U- Curva de calibração em quercetina (solvete metanol 70%)



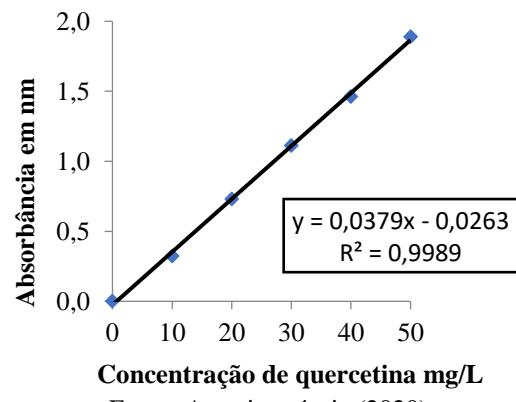
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice V- Curva de calibração em quercetina (solvete metanol 80%)



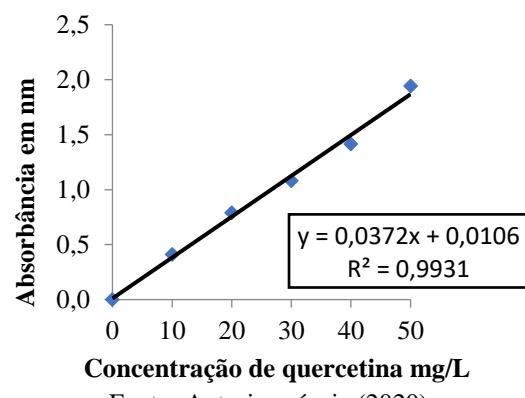
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice W- Curva de calibração em quercetina (solvete acetona 40%)



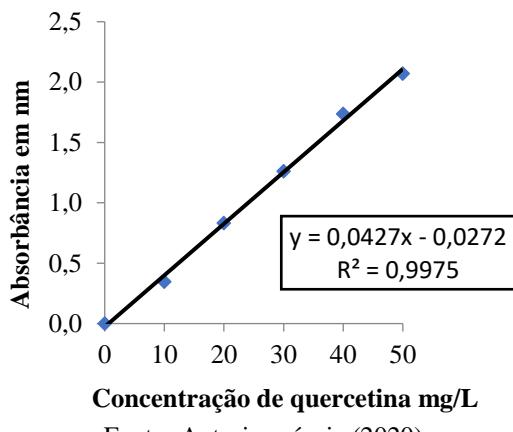
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice X- Curva de calibração em quercetina (solvete acetona 50%)



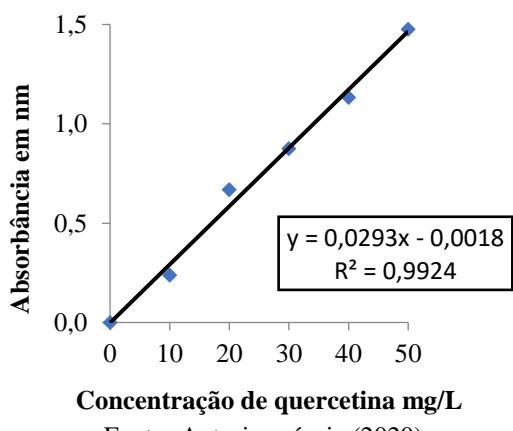
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice Y- Curva de calibração em quercetina (solvete acetona 60%)



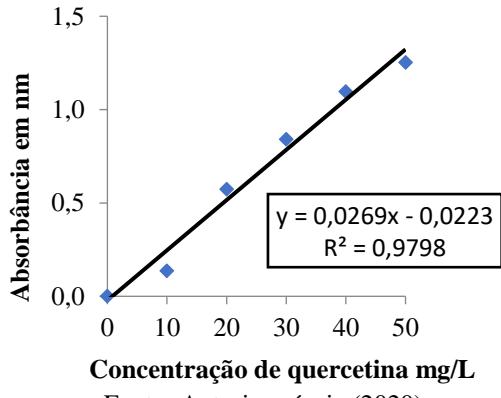
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice Z- Curva de calibração em quercetina (solvete acetona 70%)



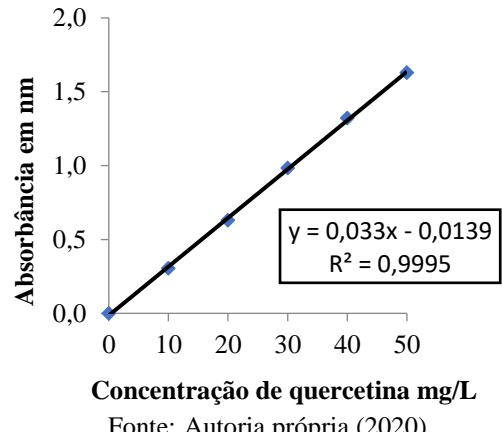
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice AA- Curva de calibração em quercetina (solvete acetona 80%)



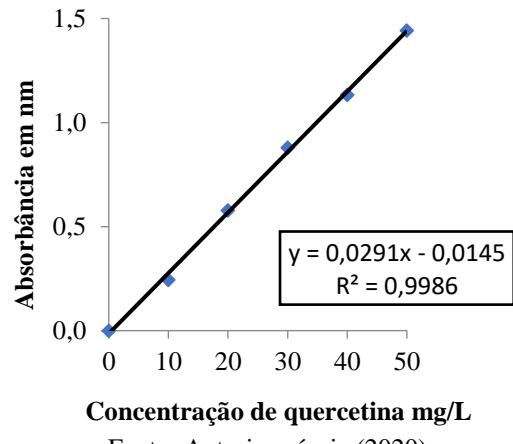
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice BB- Curva de calibração em quercetina (solvete etanol 40%)



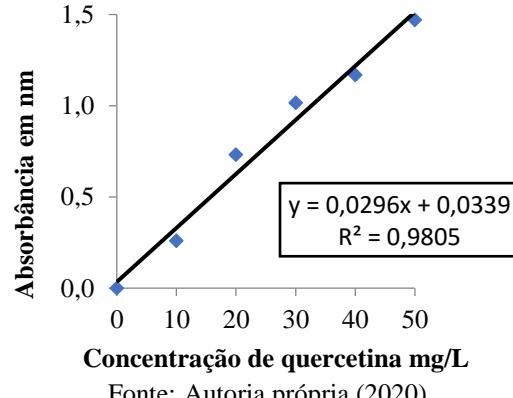
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice CC- Curva de calibração em quercetina (solvete etanol 50%)



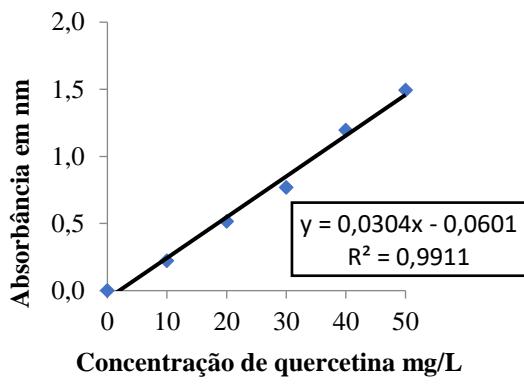
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice DD- Curva de calibração em quercetina (solvete etanol 60%)



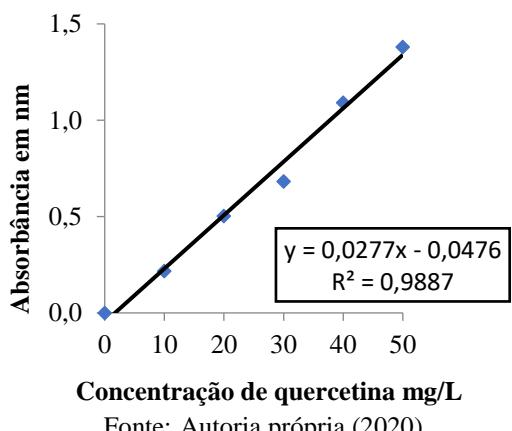
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice EE- Curva de calibração em quercetina (solvente etanol 70%)



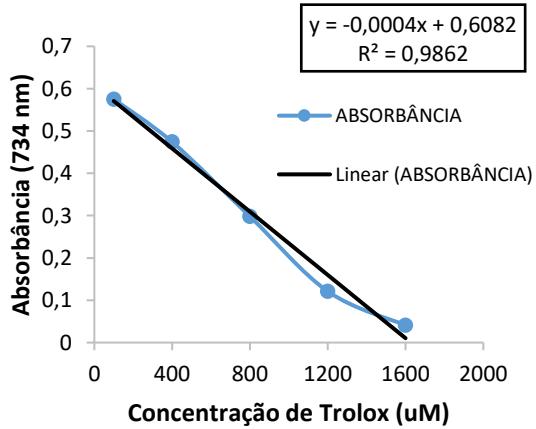
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice FF- Curva de calibração em quercetina (solvente etanol 80%)



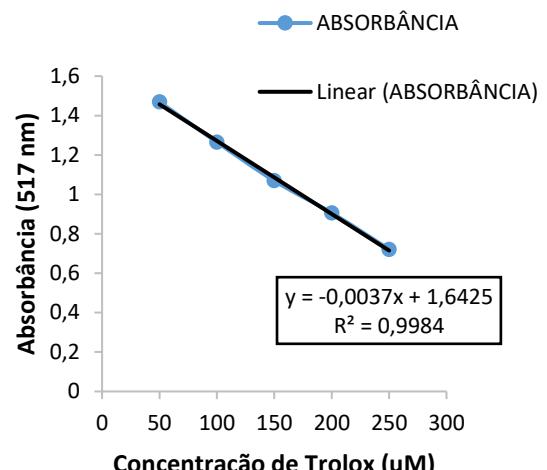
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice GG- Curva de calibração em Trolox (ABTS)



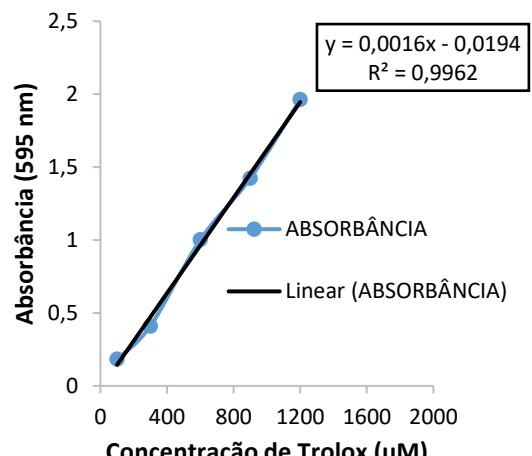
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice HH- Curva de calibração em Trolox (DPPH)



Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice II- Curva de calibração em Trolox (FRAP)



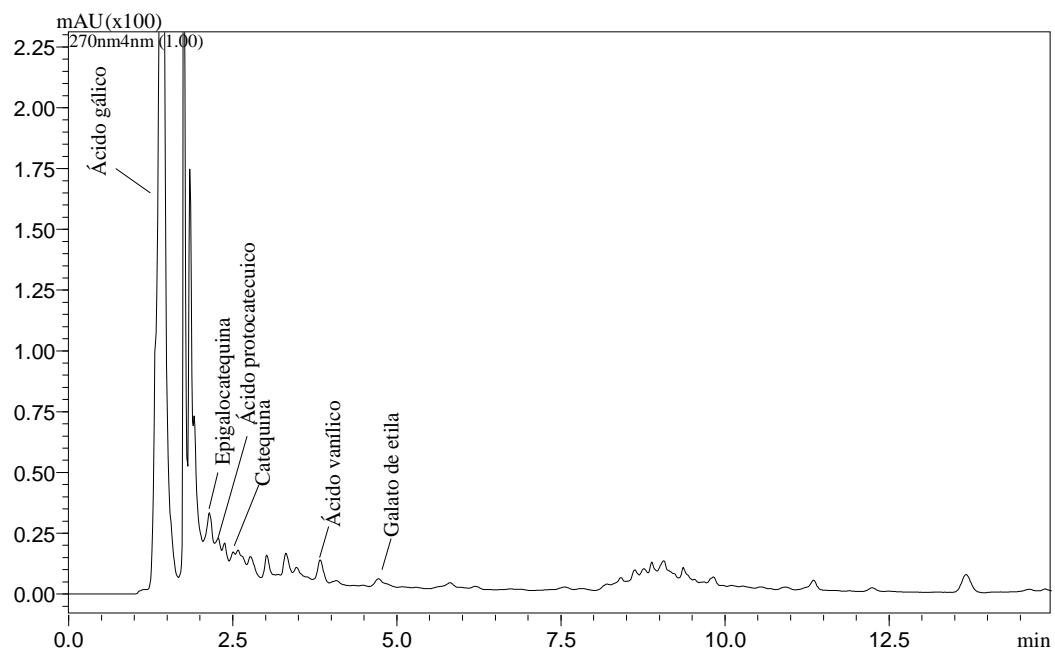
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice JJ- Curva de calibração dos padrões analíticos de CLAE

Padrão	λ (nm)	t_R (min)	Faixa de concentração (mg/mL)	Equação da reta	R^2	LD (mg/mL)	LQ (mg/mL)
Catequina	278	2,582	0,0204 - 1,02	$y = 4E+06x - 121891$	0,9943	0,0078	0,0235
Epigalocatequina	270	2,142	0,02 - 0,8	$y = 2E+06x - 61128$	0,9937	0,0116	0,0351
Galato de epigalocatequina	274	3,490	0,02 - 1,00	$y = 1E+07x - 86233$	0,9967	0,0045	0,0135
Galato de etila	272	4,731	0,02 - 0,8	$y = 5E+07x - 526361$	0,9910	0,0105	0,0318
Ácido gálico	271	1,421	0,02 - 0,5	$y = 8E+06x + 28871$	0,9924	0,0135	0,0409
Ácido protocatecúlico	259	2,269	0,02 - 0,8	$y = 3E+07x + 494184$	0,9928	0,0091	0,0276
Ácido vanílico	260	3,701	0,02 - 0,8	$y = 4E+07x + 18195$	0,9933	0,0009	0,0027

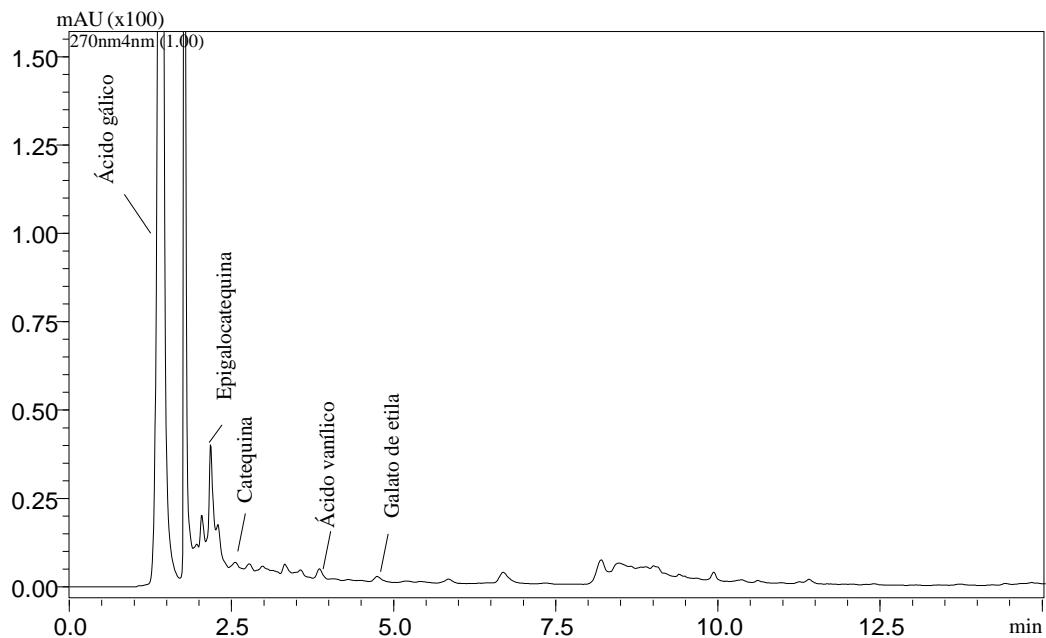
LD = Limite de detecção. LQ = Limite de quantificação. Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice KK- Cromatograma do extrato de casca de saposi em metanol 50% obtido por maceração



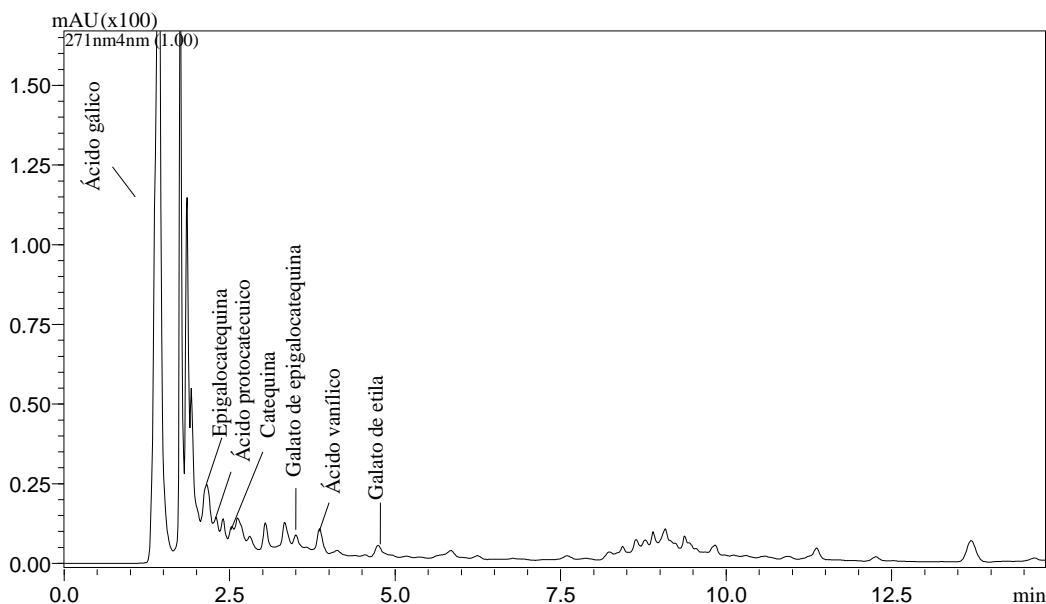
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice LL- Cromatograma do extrato de semente de saposi em metanol 40% obtido por maceração



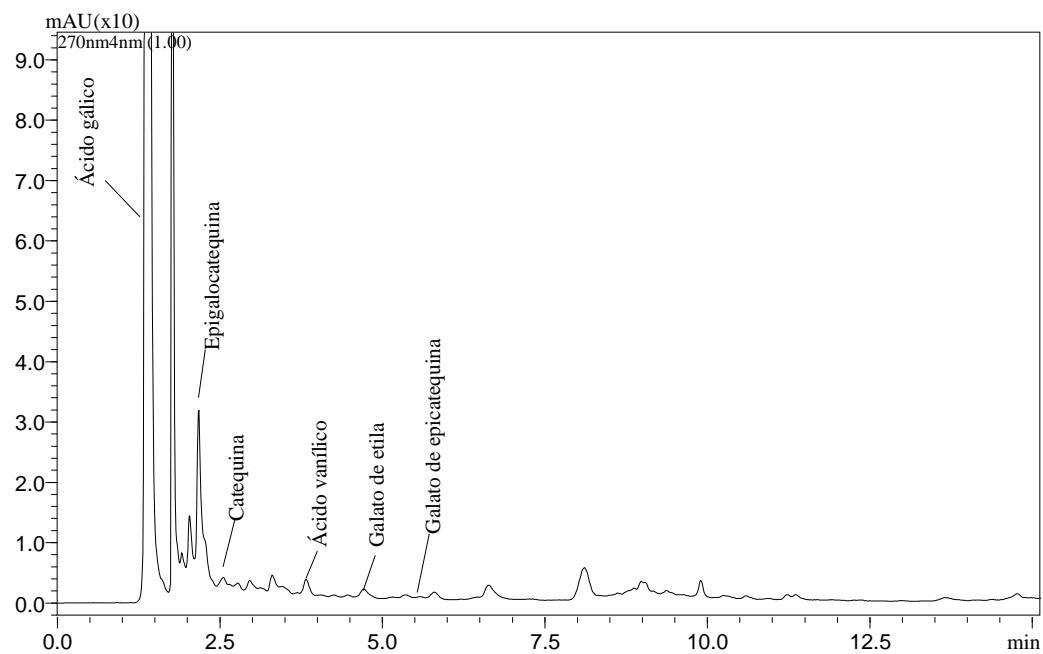
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice MM- Cromatograma do extrato de casca de saposi em etanol 80% obtido por maceração



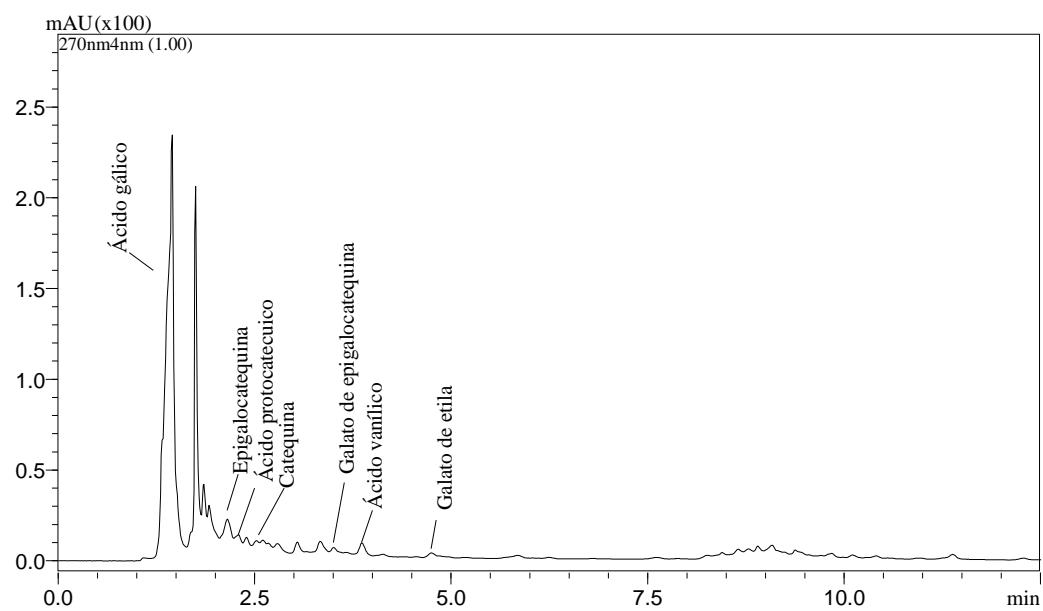
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice NN- Cromatograma do extrato de semente de sapoti em etanol 80% obtido por maceração



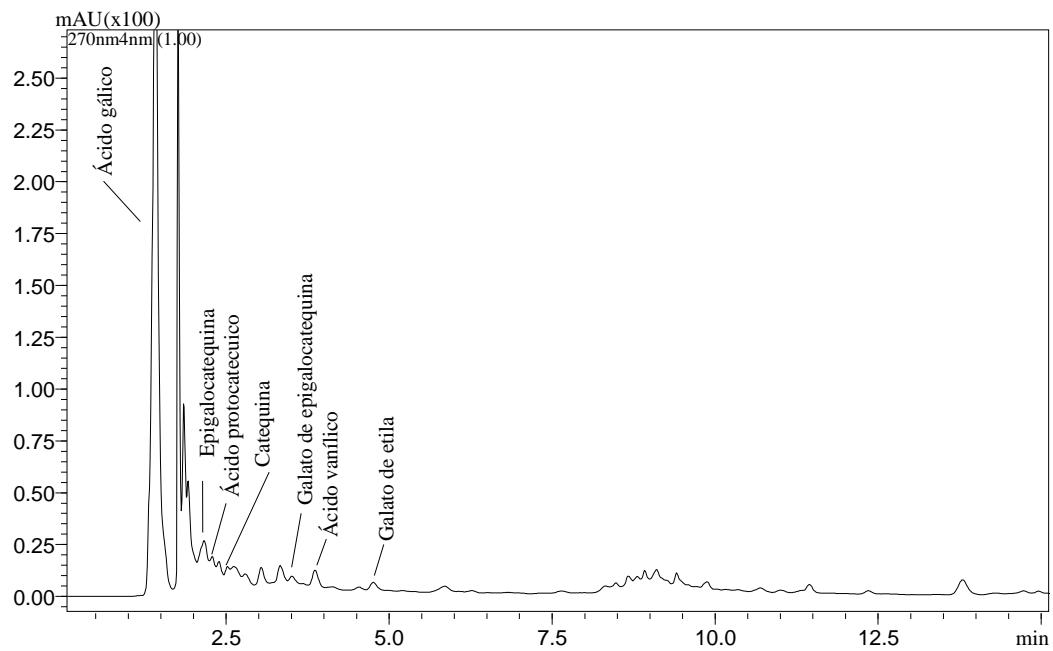
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice OO- Cromatograma do extrato de casca de sapoti em metanol 40% obtido por ultrassom



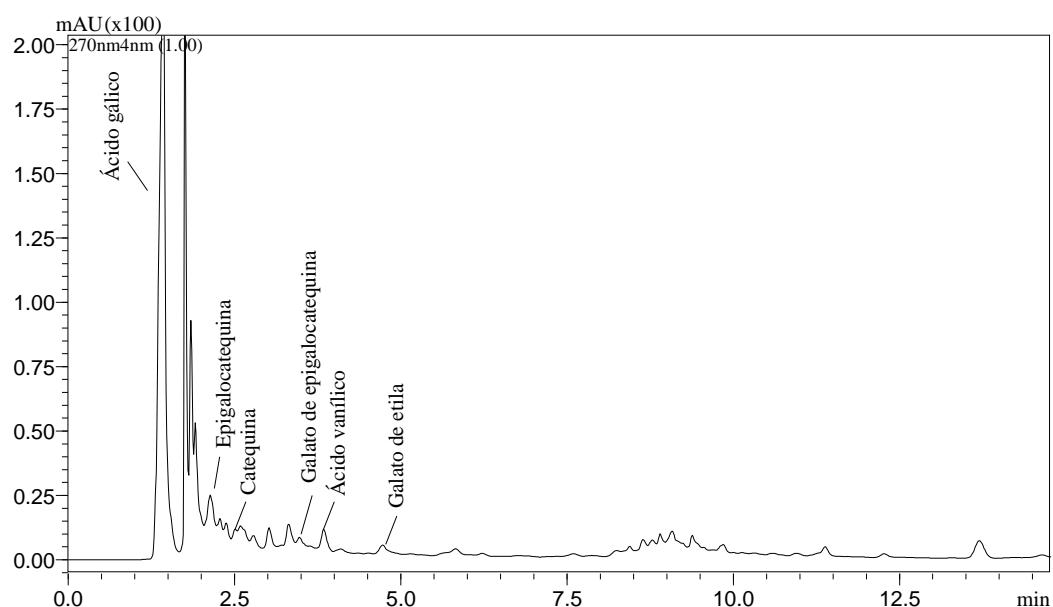
Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice PP-Cromatograma do extrato de semente de saposi em metanol 80% obtido por ultrassom



Fonte: Autoria própria (2020).

Apêndice QQ-Cromatograma do extrato de casca de saposi em etanol 80% obtido por ultrassom



Fonte: Autoria própria (2020).