

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

AMANDA VASCONCELOS FARIAS

ESTUDO CINÉTICO DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA DE *Inga edulis*

MANAUS

2019

AMANDA VASCONCELOS FARIAS

ESTUDO CINÉTICO DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA DE *Inga edulis*

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Química da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof Dra. Érica Simplício de Souza
Coorientador: Prof Dr. João Vicente Braga de Souza

MANAUS

2019

AMANDA VASCONCELOS FARIAS

ESTUDO CINÉTICO DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA DE *Inga edulis*

**Monografia de Conclusão de Curso para obtenção do título de Engenheiro, Habilitação em
Engenharia Química – Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do
Amazonas**

Banca Examinadora:

.....
Profa. Dra. Érica Simplicio de Souza – Orientador

.....
Profa. Ma. Flávia da Silva Fernandes – INPA

.....
Profa. Dra. Regina Yanako Moriya – UEA

Conceito:

Manaus, 10 de Junho de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha irmã Raphaella Vasconcelos Farias, grande irmã, grande suporte e incentivadora dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus pelo dom da vida e por ter me dado força e coragem para superar os desafios ao longo da caminhada.

Aos meus pais, Maria Cristina Vasconcelos Farias e Pedro de Almeida Farias, por sempre acreditarem em mim e no meu potencial e sempre darem o melhor para mim e minhas irmãs.

As minhas irmãs, Raphaella Vasconcelos Farias e Livia Vasconcelos Farias, por terem me ajudado sempre ao decorrer da minha vida acadêmica e por terem aguentado meus momentos de estresse.

A minha orientadora, professor Dra. Érica Simplicio de Souza, que desde o início do curso esteve ao meu lado ajudando, apoiando e me ensinando da melhor forma possível. Que dedicou tempo e paciência para a conclusão deste trabalho.

Ao meu coorientador, professor Dr. João Vicente Braga de Souza, que me auxiliou desde o início dos meus projetos de iniciação científica até a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos, Andressa, Pedro e David que sempre se disponibilizaram a me ajudar durante toda essa caminhada.

A minha amiga pessoal Thayná, por todo apoio durante a caminhada.

Aos meus colegas do curso de Engenharia Química, Lilian, Karina, Allan, Hamir, Hiran, Camilla, Mariana, Gisella, Mariane, Nelly, André, Marinélio, Edson, Tainá e Armando que sempre tiveram paciência comigo e tornaram tudo mais leve e divertido.

Ao coordenador, Dr. Clairon Lima Pinheiro, que não mediu esforços para ajudar os alunos de Engenharia Química, fazendo com que o sonho da formação chegasse mais rápido e por ter deixado eu realizar os experimentos e análise deste trabalho nos horários que eu podia.

Ao Secretário do curso, Anderson por ter me auxiliado ao longo do curso, pela amizade e por ter me dado as autorizações para eu entrar no laboratório nos finais de semana.

A todos os professores que me ensinaram e me auxiliaram durante este curso.

A toda equipe do laboratório do INPA, onde pude realizar minhas iniciações científicas e sempre que precisei, pude voltar lá para realizar diversas atividades, em especial a Ma. Flávia da Silva Fernandes que me ensinou, orientou e fez com que eu desse meus primeiros passos na pesquisa científica e depois sempre que a procurei, obtive sua ajuda.

A toda equipe do laboratório da EST, por todo auxílio prestado para que esse trabalho se concluísse, em especial a técnica Sarah, por sempre deixar organizado os materiais, por toda ajuda prestada e pela amizade sempre me dando força e incentivo.

Aos meus recentes amigos do trabalho, Beatriz, Everlin e Eric por terem me aguentado falar sempre desse TCC e por terem tornado minha vida mais leve.

Aos meus amigos que fazem parte da minha vida, alegrando-a e que me ajudaram a chegar até aqui contribuindo para a minha formação pessoal.

Muito Obrigada!

RESUMO

O ingá-cipó (*Inga edulis*) é uma fruta de sabor adocicado e aroma agradável, típico da região Norte e Nordeste do Brasil, tendo sua forma de consumo apenas *in natura*. Por não ter outros modos de processamento, essa fruta possui grande potencial para a produção de novos produtos, como, por exemplo, bebidas alcoólicas fermentadas, podendo agregar na renda dos cultivadores desse fruto. Em consequência disso foi desenvolvido um fermentado alcoólico de ingá com o objetivo de realizar a caracterização físico-química da polpa de ingá, analisar as características físico-químicas do mosto, obter a cinética de produção do fermentado e promover análises das características do fermentado alcoólico após a maturação. O mosto foi preparado diluindo-se a polpa de ingá em água 30% (p/v), após a diluição ocorreu a chaptalização, até que o teor de sólidos solúveis fosse corrigido para 21°Brix, e a sulfitação foi realizada com a adição de $K_2S_2O_5$ ($0,1 \text{ g.L}^{-1}$). O fermento utilizado no processo foi o *Red Star Premier Blanc* ($3,33 \text{ g/L}$). A fermentação do mosto foi feita em triplicata durante 144h, após encerrada, o mosto foi levado à temperatura de refrigeração para decantar, sendo em seguida executada a trasfega do fermentado, que posteriormente foi filtrado e envasado em garrafas de vidro. A polpa de ingá utilizada na produção da bebida foi caracterizada físico-quimicamente quanto aos parâmetros: umidade (84,72%), cinzas (1,95%), sólidos solúveis (12,75 °Brix), acidez total titulável ($0,198 \text{ g/100 mL}$), açúcares redutores ($11,89 \text{ g/L}$) e pH (6,56). Fez-se o estudo cinético do processo de fermentação alcoólica, monitorando as seguintes variáveis: concentração celular, sólidos solúveis, pH e acidez total titulável, açúcares redutores e pH. Os resultados experimentais mostraram que a polpa de ingá é um excelente meio para a produção de bebidas fermentadas, devido seu alto teor de umidade de 84,72% e por ser bastante adocicada, o fermentado apresentou um teor alcoólico de $7,88 \text{ °GL}$, acidez total $3,71 \text{ g/L}$, enquadrando-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Deste modo, o fermentado de ingá, no geral, apresentou boas características físico-químicas, podendo ser uma alternativa econômica e agregar mais valor a essa fruta.

Palavras-chaves: ingá, cinética, fermentado

ABSTRACT

The ingá-cipó (*Inga edulis*) is a fruit with sweet flavor and pleasant aroma, typical of the North and Northeast of Brazil, and its form of consumption is only *in natura*. Because it has no other processing methods, this fruit has great potential for the production of new products, such as fermented alcoholic beverages, and can add to the income of the growers of this fruit. As a consequence was developed an alcoholic ferment of ingá with the objective of perform physicochemical characterization of inga pulp, analyzing the physicochemical characteristics of the wort, obtaining the kinetics of the fermented product and promoting analyzes of the characteristics of the alcoholic fermentation after maturation. The wort was prepared by diluting the ingá pulp in water 30% (w/v), after the chaptification dilution, until the soluble solids content was corrected to 21° Brix, and the sulfation was performed with the addition of $K_2S_2O_5$ ($0,1 \text{ g.L}^{-1}$). The yeast used in the process was the Red Star Premier Blanc (3.33 g/L). Fermentation of wort was carried out in triplicate for 144 h, after it was finished, the wort was brought to the refrigeration temperature for decanting, followed by the transfer of the fermented product, which was subsequently filtered and filled into glass bottles. The ingá pulp used in the beverage production was physico-chemically characterized as moisture (84,72%), ash (1,95%), soluble solids (12,75 °Brix), titratable total acidity ($0,198 \text{ g/100 mL}$), reducing sugars ($11,89 \text{ g/L}$) and pH (6,56). The kinetic study of the alcoholic fermentation process was carried out, monitoring the following variables: cell concentration, soluble solids, pH and titratable total acidity, reducing sugars and pH. The experimental results showed that the ingá pulp is an excellent medium for the production of fermented beverages, due to its high moisture content 84.72% and very sweet, the fermented wine had an alcohol content of 7.88°GL , total acidity 3.71 g/L , falling within the limits established by the legislation. In this way, ingá fermented, in general, presented good physical-chemical characteristics, being able to be an economic alternative and to add more value to this fruit.

Keywords: Ingá, Kinetic, Fermented.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A: árvore de Ingá (<i>Inga edulis</i>) B: (Folhas e Frutos presentes na árvore de ingá) folhas da árvore e C: Fruto de ingá.	17
Figura 2 - Fluxograma do processo básico da produção de vinho.	20
Figura 3 – Processo simplificado da fermentação alcoólica.....	23
Figura 4 - A: frutos escolhidos pela sanidade e ausência de injúrias B: frutos imersos em solução de hipoclorito de sódio a 2% (m/v).	28
Figura 5 - Processamento dos frutos.....	29
Figura 6 – Fermentadores tipo bombonas utilizados no processo de fermentação com os seus respectivos mecanismos para a liberação de CO ₂	30
Figura 7 - Grade de Contagem	32
Figura 8 - Concentração de etanol, de açúcares redutores totais e sólidos totais durante a produção do fermentado alcoólico de ingá (<i>Inga edulis</i>).	41
Figura 9 - Desempenho do pH e da concentração de acidez total (g/100mL de ácido acético) em função do tempo de fermentação.....	43
Figura 10 – Crescimento celular na produção do fermentado alcoólico de ingá (<i>Inga edulis</i>).	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das principais frutas encontradas na região norte.	14
Tabela 2 – Composição nutricional por 100g da polpa de frutos de ingá.	18
Tabela 3 – Caracterização da Polpa congelada de Ingá.....	37
Tabela 4 – Caracterização físico-química do mosto de Ingá.....	39
Tabela 5 – Dados obtidos do processo fermentativo.....	40
Tabela 6 - Parâmetros cinéticos da fermentação alcoólica do fermentado alcoólico de ingá (<i>Inga edulis</i>).	45
Tabela 7 – Comparação dos resultados das análises físico-químicas do fermentado de ingá (<i>Inga edulis</i>) com outros, à base de fruta presentes na literatura.	48

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
° Brix	Graus Brix
ART	Açúcares Redutores Totais
ATT	Acidez total titulável
EST	Escola Superior de Tecnologia
GL	Grau Gay Lussac
g/L	Gramas por litro
m/v	Massa por volume
mol	mol
N	Número de células por mililitro
P	Concentração de etanol experimental
pH	Potencial hidrogeniônico
PR	Produtividade
SST	Sólidos Solúveis Totais
t	Toneladas
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
v/v	Volume por volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 FRUTAS DA REGIÃO NORTE.....	14
2.2 INGÁ (<i>Inga edulis</i>).....	16
2.3 VINHO	18
2.3.1 Processo de Vinificação	19
2.4 FERMENTADO DE FRUTAS	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1 OBTENÇÃO DA POLPA	28
3.2 MICRORGANISMO.....	29
3.3 PREPARO DO MOSTO	29
3.4 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA	30
3.5.1 Acidez Total Titulável em ácido acético (ATT)	31
3.5.2 Sólidos Solúveis Totais	31
3.5.3 Relação: Sólidos Solúveis Totais e Acidez Total Titulável (SST / ATT).....	31
3.5.4 Açúcares Redutores Totais (g/L).....	32
3.5.5 Concentração Celular	32
3.5.6 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	33
3.5.7 Quantificação do Teor de Umidade´	33
3.5.8 Teor de Cinzas ou Resíduo Mineral Fixo	34
3.6 CÁLCULO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS	34
3.6.1 Fator de conversão de substrato em produto (Y p/s)	34
3.6.2 Eficiência	35
3.6.3 Produtividade em etanol	36
3.6.4 Teor Alcoólico	36
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO DA POLPA DE INGÁ (<i>Inga edulis</i>).....	37
5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO DO MOSTO	39
5.3 ACOMPANHAMENTO CINÉTICO FERMENTATIVO	40
5.3.1 Avaliação dos Parâmetros Cinéticos.....	44

5.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO DO FERMENTADO ALCOÓLICO DE INGÁ	46
6 CONCLUSÕES	49
7 PERSPECTIVAS	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXO A – Correção do °Brix em função das temperaturas.	58
ANEXO B – Densidade das soluções açucaradas.	59

1 INTRODUÇÃO

Uma das bebidas mais antigas existentes no mundo é o vinho utilizando como matéria-prima a uva, os países maiores produtores dele são França, Itália, Argentina e Espanha. Segundo a lei nº 7.678 a denominação vinho é de exclusividade da uva, portanto qualquer outro produto utilizado na preparação do mosto de frutas e for posteriormente fermentado, não poderá ser chamado de vinho. (SILVA et al., 2008)

Ainda que a uva seja o principal ingrediente empregado na fabricação de vinho, as frutas podem ser aplicadas, também, para a produção de bebidas fermentadas. De acordo com o Ministério da Agricultura (Decreto nº 2.314 de 04/09/1997) fermentado de Frutas é a bebida que tem teor alcoólico de 4 a 14% (v) e é obtido a partir da fermentação alcoólica do mosto de frutas frescas ou utilizando a polpa da fruta. Nos países da Europa maçã e cereja já são aproveitadas na preparação de fermentados alcoólicos. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1994)

No Brasil, a produção de bebidas fermentadas utilizando diferentes frutas está se expandindo cada vez mais. Diferentes trabalhos foram realizados com frutas como laranja, goiaba, abacaxi, manga, entre outros fermentados e tiveram uma boa aceitação. (MUNIZ et al., 2002)

A região Norte possui uma grande diversidade de recursos que podem ser utilizados em benefício de sua população, as frutas são um deles. Essas frutas são o açaí, babaçu, o cupuaçu, ingá entre outras encontradas nessa região. Elas possuem um grande potencial nutricional e podem ser utilizadas na produção de bebidas fermentadas, pois possuem um sabor singular e diferentes propriedades químicas. (HARBORNE; WILLIAMS, 2000)

Pesquisas estão sendo realizadas com as frutas da região Norte, essas tem despertado a curiosidade de muitos pesquisadores, visto que os estudos desses produtos nativos da região agregam valor à sua economia. (SILVA; ROGEZ; LARONDELLE, 2007)

O ingá (*Inga edulis*) é uma fruta carnosa bastante apreciada e consumida, exclusivamente na forma *in natura*, sobretudo pelas regiões norte e nordeste do país. Por ser de grande importância na alimentação, as frutas de ingá são vendidas especialmente em feiras, mas a maior parte de sua produção é comercializada para agroindústrias regionais. (SILVA; ROGEZ; LARONDELLE, 2007)

Na literatura não existem trabalhos utilizando essa fruta como matéria-prima para obtenção de fermentado alcoólico. Portanto, a exploração dessa fruta é de muita importância, pois além de aumentar a quantidade de estudos sobre ela, poderá gerar um aumento na renda para os cultivadores no campo e também para as agroindústrias de processamento. (CASSIMIRO; MACÊDO; MENINO, 2009)

O benefício econômico gerado pode melhorar o mercado e também gerar uma ampliação na forma de consumo dessa fruta.

Devido à importância econômica da fruta que será estudada, o presente trabalho tem como objetivo geral a produção de um fermentado alcoólico utilizando a polpa de ingá, visto que a utilização do ingá é uma alternativa para a valorização desse fruto e também é outra forma de consumi-lo.

Os objetivos específicos foram: (i) Realizar a caracterização físico-química da polpa de ingá (ii) Realizar a caracterização físico-química do mosto para a obtenção do fermentado de ingá, (iii) Obter a cinética de produção do fermentado de ingá; (iv) Caracterizar o fermentado alcoólico de ingá.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FRUTAS DA REGIÃO NORTE

A Região Norte é ocupada pelo mais importante bioma do mundo, a Floresta Amazônica que é caracterizada como o maior reservatório de ecossistema natural existente. É conhecida por sua exuberante diversidade e seus fartos e variados recursos, abrigando em torno de 22% de milhares de diferentes espécies mundiais, funcionando como o equilíbrio ambiental do mundo. Na Amazônia, por possuir uma grande variedade de recursos, é possível extrair frutas, madeiras, remédios, além de outros benefícios. (IHA et al., 2008)

As frutas encontradas na Amazônia apresentam sabor singular, um alto valor nutricional, terapêutico, propriedades biológicas e diversas características químicas, além de possuírem um grande potencial nutricional, finalidades medicinais, terapêuticas e cosméticas, além de beneficiarem a população que vive da extração, comercialização e industrialização delas. (IHA et al., 2008; SANTOS et al, 2007; BERTO et al., 2015)

São encontradas cerca de 220 plantas produtoras de frutos comestíveis na Região Norte, no qual algumas das principais espécies e suas características são apresentadas na Tabela 1. (CARVALHO, 2012)

Tabela 1 – Características das principais frutas encontradas na região norte.

Nome Vulgar	Nome Científico	Informações Gerais
Abricó	<i>Mammea americana</i>	É cultivada principalmente no estado do Pará nos igapós e margens de rios na região Amazônica. O seu tempo de germinação é entre 12 a 18 dias. É consumida principalmente em formas de suco, saladas e licores
Açaí	<i>Euterpe oleracea</i>	É uma fruta bastante popular e consumida por toda Região Amazônica, exerce um papel socioeconômico importante. Cada palmeira pode crescer até 25 m e produz de 3 a 4 cachos por ano.

continuação Tabela 1

Buriti	<i>Maurita flexuosa</i>	É uma palmeira, encontrada nas regiões, Norte, Nordeste e Centro-Oeste. O buriti é característico em campos úmidos e é utilizado principalmente na preparação de diferentes alimentos como, sopas, geleias, bebidas, doces e sorvetes.
Camu-camu	<i>Myrciaria dúbia</i>	A sua frutificação é de novembro a março, seus frutos são encontrados em arbustos que podem crescer até 3 m de altura. Essa fruta pode ser consumida <i>in natura</i> e também é muito utilizada na preparação de refrescos, sorvetes, picolés, geleias, doces e licores.
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	É uma das principais frutas comercializadas não só na região Norte, seu fruto é robusto e mede até 25 cm. Sua polpa é aproveitada no preparo de diversas guloseimas como, sorvetes, sucos, geleias, doces, mousses, bombons, balas, biscoitos e iogurtes.
Ingá	<i>Inga edulis</i>	Na Amazônia Brasileira é encontrada variedades dessa fruta, mas apenas algumas são consumíveis. O fruto tem o comprimento de 1 m. Sua polpa é consumida principalmente <i>in natura</i> .
Taperebá	<i>Spondias monbin</i>	É encontrada, especialmente, na forma silvestre no Amazonas e no litoral Brasileiro e é consumida de diversas maneiras, como na forma de sucos, sorvetes, picolés e bebidas alcoolizadas.

Fonte: Brasil (2015)

O aproveitamento das frutas encontradas na Região Norte desperta a curiosidade da comunidade científica, visto que o estudo dos produtos oriundos da região é essencial para o surgimento de novas pesquisas, pois além de agregar valor à economia da região. Diferentes trabalhos já foram desenvolvidos utilizando a polpa dessas frutas (PUGLIESE, 2010), como Canuto e colaboradores (2010) que fizeram a caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e avaliaram sua correlação antirradical livre e observaram que muitas polpas exibiram potencial antirradical livre, pois apresentaram uma quantidade boa de compostos bioativos, evidenciando principalmente as polpas de acerola e açaí.

Maeda e Andrade (2003) analisaram a produção de bebida alcoólica fermentada do fruto de camu-camu e a consequência do branqueamento do fruto, além da utilização da casca à polpa nas características sensoriais da bebida. Demonstraram que o camu-camu tem um grande potencial para a produção de bebida alcoólica fermentada e a associação da casca à polpa contribuiu de forma positiva para a aceitabilidade da bebida.

A saber, as frutas são bastante aplicadas nas indústrias, embora exista uma tecnologia envolvida com elas, existe a possibilidade de desenvolver novos produtos. Isso possibilita a redução de desperdícios, devido excessivo de safras e agrega maior valor as frutas. (SILVA et al., 2011)

2.2 INGÁ (*Inga edulis*)

O ingá (*Inga edulis*), chamado também de ingá-cipó, é de origem indígena e significa “sementes ensopadas ou embebidas” em razão da sua polpa ser molhada. O termo “cipó” refere-se à forma do fruto, como mostrado na Figura 1. Na região, também é conhecido como Ingá-macarrão, Ingá-cobra ou Ingá rabo-de-macaco. (FALCÃO; CLEMENT, 2000)

O ingá é um fruto nativo da América Tropical pertencente da família botânica *Fabaceae*. São encontradas mais de 300 espécies do gênero *Inga*, sendo exclusivamente neotropical e atualmente o centro de sua biodiversidade é a Floresta Amazônica, porém também pode ser encontrado no México, Antilhas e em toda América do Sul. (PENNINGTON, 1997; SILVA; ROGEZ; LARONDELLE, 2007)

No Brasil, as árvores dessa fruta são encontradas, principalmente nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil. O ingá origina-se de uma árvore de médio a grande porte que possui

crescimento rápido com um alcance de 15-20 metros de altura. O tronco tem uma coloração esverdeada, passando a cinzento e possui um diâmetro de 20 a 60 cm (Figura 1). A planta cresce especialmente na beira de rios e lagos e também pode ser plantado em quintais como frutífera. Floresce de dezembro a janeiro, frutos maduros em maio e pode frutificar outras vezes ao ano, em diferentes meses. (SILVA; ROGEZ; LARONDELLE, 2007; FALCÃO; CLEMENT, 2000)

Figura 1 – **A:** árvore de Ingá (*Inga edulis*) **B:** (Folhas e Frutos presentes na árvore de ingá) folhas da árvore e **C:** Fruto de ingá.



Fonte: A: DUTRA (2012), B e C: Própria (2018)

As flores da árvore de ingá-cipó apresentam uma coloração branca em cacho, como uma esponja. O fruto pode alcançar 1 m de comprimento contendo até 10 sementes, e envolta da semente está uma polpa branca que possui um sabor adocicado e aroma agradável. (PENNINGTON; SARUKHAN, 1998)

O ingá é um alimento altamente energético, onde possui um alto teor de umidade em sua composição. Além disso, é considerado uma das frutas brasileiras mais benéficas à saúde devido as suas propriedades medicinais. A Tabela 2 apresenta os valores da composição nutricional da polpa de ingá congelada. (SILVA; ROGEZ; LARONDELLE, 2007; FALCÃO e CLEMENT, 2000)

Tabela 2 – Composição nutricional por 100g da polpa de frutos de ingá.

Calorias (Kcal)	Proteínas (g)	Lipídeos (g)	Carboidratos (g)	Fósforo (mg)	Cálcio (mg)	Ferro (mg)
60,0	1,0	0,1	15,50	20,0	21,0	0,9

Fonte: FEITOSA (2007)

As frutas que possuírem açúcares suficientes podem ser assimiladas por leveduras e, assim, com uma fermentação alcoólica adequada, podem ser utilizadas na produção de bebidas fermentadas. Portanto, em razão das suas diversas características, tais como pH ácido, ótimo rendimento em polpa, aroma agradável, a utilização do ingá para a produção de fermentado alcoólico torna-se desejável e gera um produto novo com possíveis benefícios à saúde humana. (SILVA; ROGEZ; LARONDELLE, 2007; FALCÃO; CLEMENT, 2000)

2.3 VINHO

O vinho é uma das bebidas mais antigas que existem, onde os primeiros relatos sobre a existência dele foi em torno de 6000 a.C. Essa bebida é comercializada e consumida pelo mundo inteiro, e de acordo com O.I.V. (*Office International de la Vigne et du Vin*) é obtida através da fermentação alcoólica do mosto da uva pela ação das leveduras, que são os microrganismos responsáveis pela fermentação, transformando os açúcares presentes no suco de uvas frescas em dois produtos: álcool etílico e gás carbônico. Desse modo, outras bebidas fermentadas a partir de outras frutas não são chamadas de vinhos. (SILVA et al., 2008)

Os vinhos possuem diferentes classificações, podendo ser de mesa, leve, fino, espumante, frisante, gaseificado, licoroso, composto, tinto, rosado, rose, branco, seco, semi-seco e suave. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1994) Os vinhos produzidos a partir da espécie *Vitis inífera* são conhecidos como finos, enquanto aqueles elaborados a partir de uvas das espécies *Vitis labrusca*, *Vitis bourquina* e espécies são considerados vinhos comuns, (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1994)

As uvas do gênero *Vitis* são originadas na Europa e existem cerca de 50 a 60 espécies. Desta, a mais conhecida é a *Vitis vinífera* que possui um aroma característico forte devido à

presença de ésteres. (WUCHERPFENNING, 1993; AMERINE; BERG; CRUESS, 1967; CRUZ, 2006)

As características dos vinhos com classificação de acordo com o teor alcoólico são as seguintes: (HASHIZUME, 1983)

- Seco: São os vinhos que possuem, no máximo, cinco gramas de açúcar em um litro, ou seja, quase não há açúcar em sua composição.
- Semi-Seco ou Meio Seco: São os vinhos intermediários, que possuem um leve sabor adocicado e tem em sua composição de 5,1 a 20,0 g de açúcar por litro.
- Suave: São os fermentados de uvas que tem o sabor doce evidente, com concentrações acima de 20,1 gramas de açúcar por litro.

Os vinhos são compostos de açúcares, que podem ser glicose e frutose (açúcares principais presentes nas uvas), ácidos orgânicos, sais de ácidos minerais e orgânicos como, por exemplo, fosfato, sulfato, compostos fenólicos, as flavonas e os fenóis são os mais comumente encontrados nele, compostos nitrogenados, compostos voláteis e aromáticos. (HASHIZUME, 1983)

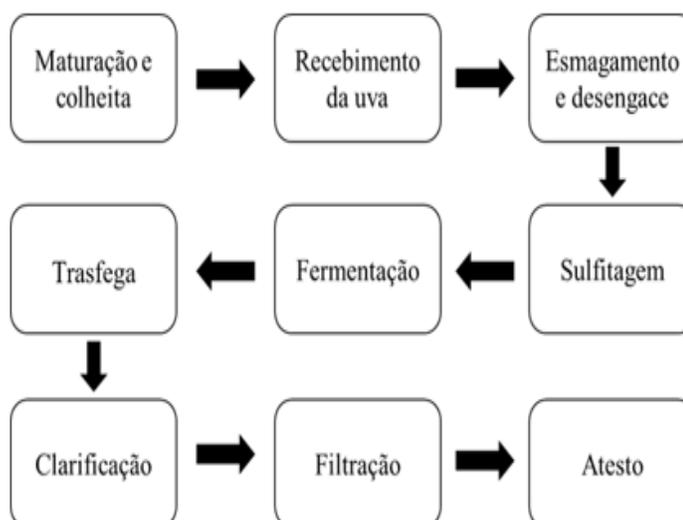
Os países que são os maiores consumidores e produtores de vinhos são França, Itália, Argentina e Espanha. No Brasil, não há dados relevantes sobre a produção e comercialização nacional de vinho, porém sabe-se que o Rio Grande do Sul é o maior produtor de vinhos do país, responsável por mais de 90% da produção. A respeito do consumo de vinho no Brasil, cada pessoa ingere cerca de 2 L anuais, mas no Estado do Rio Grande do Sul, o consumo é de aproximadamente 8 L/pessoa/ano. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1994; ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2013)

2.3.1 Processo de Vinificação

O processo de produção do vinho é complexo, pois há o envolvimento de várias etapas, onde algumas ocorrem simultaneamente. O processo de vinificação é o conjunto de processos para transformar a uva em vinho, consistindo em três tipos básicos: a vinificação com maceração do bagaço, vinificação em branco e vinificação com descuba antecipada. (FLEET, 2003) Para cada um desses processos, será obtido um vinho diferente. As etapas básicas do processo de vinificação são: maturação e colheita, recepção das uvas, esmagamento e desengace, fermentação, clarificação,

trasfega, filtragem, atesto. (CORAZZA; RODRIGUES; NOZAKI., 2001) O fluxograma do processo está apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do processo básico da produção de vinho.



Fonte: Própria (2018)

2.3.1.1 Maturação e Colheita

A uva é dependente da sinergia entre a planta, o solo e o clima. Os compostos ácidos, açúcares, água, polifenóis, materiais corantes, minerais, pectinas acumulam-se decorrer do desenvolvimento do fruto até a sua formação completa, estabilizando-se ao final. (ROSIER, 1993)

Para verificar o ponto de maturação da uva, é necessário determinar a quantidade de açúcar formado, que deve estar com uma proporção de 1:1. Além disso, o pH do suco de uva maturado é na faixa de 3,1 a 3,6. (AMERINE; BERG; CRUESS, 1967)

A colheita é de grande importância, pois a qualidade final do produto depende das quantidades de açúcares presentes nas uvas. Portanto, a colheita deve ser realizada no período certo de maturação, pois se forem colhidas antes, provavelmente não acumularão grandes quantidades de açúcares e assim poderão gerar um vinho de má qualidade e com baixa concentração alcoólica, pois causará uma baixa fermentação. A colheita também não pode ser realizada posteriormente a maturação, pois ocasionará em um vinho com baixa acidez e com a presença de álcool muito forte. (WUCHERPFENNING, 1993)

Alguns cuidados essenciais devem ser tomados no dia da colheita, tais como, a realização a colheita manualmente com o intuito de evitar que as uvas não sofram esmagamentos e, assim, impedir o desperdício, e nos dias que o clima estiver nublado, sem chuvas e seco, pois nesse dia as uvas estão frescas. (WUCHERPFENNING, 1993)

2.3.1.2 Recebimento da uva

O recebimento da uva é a etapa onde se faz o processamento das uvas para verificação da qualidade com que elas chegam na indústria, visto que elas devem ser mantidas em condições limpas para uma melhor produção e controle do processo. Para isso, são realizados testes que avaliam as condições higiênicas e de maturação. (RIZZON; MIELE, 2006; SANTOS et al., 2007)

2.3.1.3 Esmagamento e desengace

O processo de esmagamento e desengace ocorre o rompimento das bagas, que são realizadas geralmente, por compressão em um equipamento chamado de esmagadeira, que auxilia na liberação o suco de uva. (HASHISUMI, 2001) Esse processo deve ser realizado de modo que as sementes e os engaços não sejam esmagados, pois estes têm uma alta concentração de taninos que causam alterações organolépticas no vinho. A presença do engaço pode causar uma redução no teor alcoólico de 0,2 a 0,4%, porém, o engaço quando adicionado em pouca quantidade, aproximadamente 20%, eleva as quantidades de fenol e auxilia na coloração do vinho. (ZOECKLEIN et al., 1994)

Durante o esmagamento, deve-se efetivar as análises de teor de açúcar e acidez total para posteriores correções. A operação de esmagamento tende a melhorar a dissolução de corantes, e assim permite que a maceração seja de ótima qualidade, beneficia também o arejamento e favorece a formação de leveduras do mosto, e com isso, a fermentação se torna mais rápida. (HASHISUMI, 2001)

2.3.1.4 Sulfitagem

A sulfitagem é um processo realizado no momento da operação de esmagamento e o seu

uso possibilita um melhoramento no processo da produção de vinho. Utiliza-se o gás anidrido sulfuroso (SO₂) para inibir o crescimento de microrganismos aeróbicos. Este é tóxico para as bactérias e outros microrganismos nocivos, mas não prejudica as leveduras desejáveis para a fermentação. Esse gás possui atuação antioxidante, fazendo com que os vinhos durem mais nos tonéis e promovendo melhor envelhecimento na garrafa. (ROSIER, 1993)

A dose de SO₂ no processo varia de acordo com as condições da uva. Dessa forma, as quantidades de SO₂ em uvas saudáveis variam entre 3 a 10 g/hL, enquanto em uvas podres é de 15g/hL. (ROSIER, 1993)

2.3.1.5 Fermentação alcoólica

A fermentação alcoólica é um processo antigo que ocorre a milhares de anos, sendo uma das principais etapas do processo de vinificação. Antigamente, não se conheciam os microrganismos responsáveis pela transformação do mosto da uva em vinho. Após o ano de 1850, surgiram os primeiros estudos e os microrganismos foram identificados e estudados. (HOFFMANN, 1997)

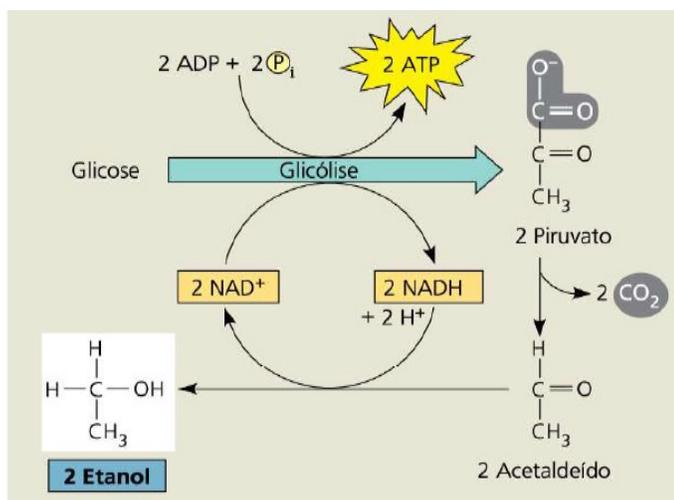
As leveduras são microrganismos unicelulares responsáveis pelo processo de fermentação. Nesse processo, as transformações bioquímicas ocorrem no mosto de uva, onde há a conversão de açúcares fermentescíveis em etanol. As leveduras mais comuns são as *Saccharomyces cerevisiae*, que são empregadas na produção de pão, cerveja e vinho, pois tem a habilidade de produzir álcool e dióxido de carbono a partir de açúcares. (HAMMOND, 1995)

O processo de fermentação produz pouca energia onde acontecem diversas reações de degradação de moléculas complexas para uma forma mais simples. A *S. cerevisiae* pode utilizar quatro vias para fabricar açúcar: a respiração, a fermentação alcoólica, a fermentação glicero-pirúvica e a via das pentoses fosfato. As rotas de respiração, fermentação alcoólica e fermentação glicero-pirúvica são rotas que começam através de um conjunto de reações glicosídicas. (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006)

Na produção de vinho, utiliza-se a fermentação alcoólica com as etapas descritas a seguir: as moléculas de glicose são rompidas, e a partir de diversas reações catalisadas por dez enzimas, duas moléculas de adenosina trifosfato (ATP) que se transformam em adenosina difosfato (ADP), fornecem dois fosfatos para as moléculas de glicose. A glicose se transforma em gliceraldeído 1,3-

difosfato que é convertido em ácido pirúvico ao final da reação, como mostrado na Figura 3. O rendimento da fermentação são duas moléculas de ATP para cada molécula de glicose empregada no processo. (HASHIZUM, 2001)

Figura 3 – Processo simplificado da fermentação alcoólica.



Fonte: CAMPBEL (2010).

Na fermentação alcoólica, um mol de glicose (180g) produz dois moles de etanol (92g) e dois moles de gás carbônico (88g) abastecendo a célula com 2 ATP e 25,4 cal de energia que se desprendem na forma de calor. A equação geral da fermentação alcoólica está demonstrada na equação 01:



Portanto, o gás carbônico é o segundo principal produto da fermentação alcoólica, pois de acordo com a cepa que for utilizada na fermentação, pode-se ter um rendimento de 0,4 a 0,5 gramas de CO₂ por grama de açúcar fermentado. (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995) Além disso, diferentes variáveis devem ser controladas no processo de fermentação para evitar a formação de compostos indesejáveis nela.

2.3.1.6 Trásfega

O processo de trásfega é a ação de transferir o vinho de um recipiente para o outro com o

intuito de separá-lo das precipitações, que após o processo de fermentação, depositam-se ao fundo do recipiente pela ação da gravidade. O produto depositado ao fundo do recipiente é conhecido como borra e esta é formada por substâncias sólidas, casca da uva, sementes, leveduras, pectinas, ácidos e outros compostos. A borra deve ser eliminada, pois pode haver leveduras, que por falta de açúcar se auto degradam, ocasionando alterações no vinho. (ROSIER, 1993; AMARANTE, 1983)

Esse processo é realizado, no mínimo, em três momentos. A primeira etapa é feita após 10 dias da fermentação para que a borra decante naturalmente, enquanto a segunda é realizada 10 dias após a primeira trasfega e, por fim, a terceira trasfega ocorre após a estabilização do vinho. A cada etapa de trasfega realizada perde-se volume de vinho, portanto, ao final de cada trasfega deve-se completar o volume de vinho perdido, visto que o espaço livre pode levar a oxidação do vinho. (ROSIER, 1993)

2.3.1.7 Clarificação

A clarificação é um processo de adição de um clarificante ao vinho. Os clarificantes são produtos que ao entrar em contato com taninos, ácidos e proteínas, reagem e formam coágulos de fácil deposição. Nesta operação de coagulação, as partículas suspensas presentes no vinho são as responsáveis pela turbidez da bebida. Dessa forma, os clarificantes exercem a função de reduzir a turbidez do vinho. (AMERINE; BERG; CRUESS, 1967)

Geralmente, o uso dos clarificantes causa a perda da coloração da bebida, e por isso, devem permanecer o menor tempo possível em contato com ele. Os clarificantes mais utilizados são gelatina, caseína, tanino e bentonita. Ademais, a bentonita é um clarificante mais comum nesse processo pois ela possui um grande poder de absorção. (SILVA et al., 2011)

Esse processo também dá início a operação de estabilização pois decantam substâncias que prejudicam a qualidade do vinho. (AMERINE; BERG; CRUESS, 1967)

2.3.1.8 Filtração

A filtração é uma operação que consiste em passar o vinho através de um meio filtrante com o objetivo de suprimir as partículas que ainda estão em suspensão e deixar o vinho mais

“limpo”. (RIZZON; MIELE, 2006) Esse processo pode atuar em conjunto com a clarificação para melhor separação dos materiais em suspensão.

Os filtros podem ser classificados em três categorias: filtro à terra, filtro à placa (placas de grande rendimento, intermediárias e esterilizantes) e filtro de membrana. (HOFFMANN, 2008)

Um estudo realizado por Guerra e Barnabé (2005) mostra que, em algumas vinícolas, o processo de filtração é evitado, pois acreditam que essa etapa retira compostos e características de extrema importância para o vinho, como por exemplo, compostos aromáticos.

2.3.1.9 Atesto

O atesto é o processo de completar os reatores com o vinho, pois o armazenamento em tanques possibilita a evaporação. Além disso, a diminuição no volume do vinho também ocorre devido a mudança de temperatura e a execução da trasfega. (RIZZON; MIELE, 2006)

O vinho utilizado no atesto deve ser da mesma qualidade ou com qualidade superior aquele que está no tanque de estabilização. Deve estar límpido e, preferencialmente, estabilizado. Caso não haja esses cuidados, todo recipiente pode ser contaminado por alteração acética ou oxidação. (RIZZON; MIELE, 2006)

2.4 FERMENTADO DE FRUTAS

A produção de bebidas alcoólicas é um dos processos mais antigos existentes no mundo, ao que tudo indica, as primeiras bebidas alcoólicas fermentadas a serem produzidas foram a cerveja e o vinho. (VENTURINI, 2010)

O vinho, proveniente da fermentação de uvas frescas e maduras, é uma bebida fermentada com teores ideais de açúcares e água. Assim, a uva é o principal ingrediente empregado na produção do vinho e, por isso, somente estas bebidas fermentadas podem ter a nomenclatura de vinho. Entretanto, toda a matéria prima que seja comestível e contenha açúcares ou outros carboidratos e umidade suficiente podem ser utilizadas na produção dessas bebidas. Em países da Europa, por exemplo, as frutas com fonte rica de açúcares já são bastante aproveitadas na produção dessas bebidas. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1994; SANTOS et al., 2005)

As bebidas fermentadas que não são oriundas do fruto da uva são chamadas de fermentado seguido do nome da fruta que foi usada como matéria-prima. (BRASIL, 2008) De acordo com a legislação vigente, o fermentado de frutas é uma bebida que possui teor alcoólico de 4 a 14% em volume e deve ser obtido através da fermentação alcoólica do mosto de frutas frescas ou da polpa dos frutos. Podem ainda ser utilizados outros ingredientes no preparo do mosto para a fermentação, como água e sacarose, assim como outros nutrientes necessários para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela fermentação que respeitem a legislação. (BRASIL, 2008; BRASIL, 2009)

Nas destilarias, é comum a adição de sacarose no mosto, e a sua quantidade adicionada varia de acordo com a graduação alcoólica vigente (4 a 14%) que se deseja obter. As concentrações de sacarose são utilizadas em escala °Brix, que é quantidade de sólidos totais dissolvidos presentes em uma solução, onde cada °Brix equivale a 1g de açúcar por 100g. (GAVA, 1984)

Para que o fermentado alcoólico seja considerado de qualidade e possa ser comercializado, deve ser avaliado pelas legislações vigentes e se enquadrar as características físico-químicas, tais como, teor alcoólico apropriado, clareza, ausência de corpos em suspensão e sem a utilização de corantes e aromatizantes artificiais. Segundo a Portaria nº 64 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o fermentado alcoólico não pode haver a utilização de substâncias ou ingredientes que modifique as propriedades naturais do produto final. O aroma e o sabor do fermentado de fruta deverá apresentar características dos elementos naturais que estão presentes na matéria-prima utilizada. (BRASIL, 2008)

A produção de fermentados alcoólicos de frutas possui uma grande aceitação ao público, sendo uma opção para diminuir as perdas pós-colheita de frutos. (DIAS; SCHAWN; LIMA, 2003; GOMES, 2007) Esses fermentados alcoólicos de frutas estão despertando a curiosidade de muitos estudiosos. Na literatura, são encontrados diversos trabalhos utilizando frutas para obtenção de fermentados alcoólicos com uma grande aceitação em pesquisas científicas. (MUNIZ et al., 2002)

Santos et al., (2005) avaliaram a produção do fermentado de acerola na cidade de Aracaju – SE. O fermentado de acerola apresentou um aroma característico das frutas, sabor doce e uma aparência clarificada. Os autores fizeram uma análise sensorial e obtiveram uma boa aceitação, podendo ser fabricados e comercializados.

Em um estudo recente realizado por Pinheiro (2015) foram avaliadas as características físico-químicas dos produtos provenientes da fermentação alcoólica do cupuaçu. Obteve-se valores

satisfatórios quanto a fermentação dessa fruta com resultados similares aos parâmetros estudados por outros autores na obtenção de outros fermentados de frutas.

Corazza, Rodrigues e Nozaki. (2001) produziram e caracterizaram o fermentado alcoólico de laranja. Foram observadas semelhanças de parâmetros estudados, tais como, o °Brix e sólidos totais, com outros trabalhos de fermentados de frutas desenvolvidos na literatura. Ao comparar-se com o vinho, o sabor, a limpidez e a qualidade sensorial foram compatíveis com fermentado. Assim, demonstraram que a produção do fermentado de laranja pode ser lucrativa, pois o fruto é barato e não possui grandes dificuldades de fermentação por leveduras selecionadas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos e as análises de caracterização físico-química da polpa e fermentado alcoólico de Ingá foram realizados no Laboratório C 34, na Escola Superior de Tecnologia (EST) na Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

3.1 OBTENÇÃO DA POLPA

Foram adquiridos comercialmente nas feiras da cidade de Manaus 4 kg de Ingá (*Inga edulis*), em estágio de maturação completa, os frutos foram colhidos entre os meses de março e abril de 2019 sendo encaminhados ao Laboratório de Engenharia Química C 34 na EST, os frutos foram escolhidos pela sanidade e ausência de injúrias. Na etapa de sanitização, as frutas foram submetidas primeiramente à lavagem em água corrente, em seguida foram imersas em solução contendo hipoclorito de sódio a 2% (m/v) por 30 minutos, logo após foram enxaguados com água destilada com a finalidade de eliminar possíveis resíduos de cloro (Figura 5).

Figura 4 - **A**: frutos escolhidos pela sanidade e ausência de injúrias **B**: frutos imersos em solução de hipoclorito de sódio a 2% (m/v).



Fonte: Própria (2018)

Após a higienização dos frutos em hipoclorito de sódio a 2% (m/v) por 30 minutos e enxaguados em água destilada. Os frutos foram descascados manualmente e separados do caroço, a polpa livre dos caroços foi triturada em liquidificador doméstico (RI2004/91 WALITA) por 5

minutos. Em seguida, a polpa foi envasada em sacos plásticos com capacidade para 2 litros, como mostra a Figura 5, e mantidas a -20°C até a realização das análises e também para ser utilizada na preparação do mosto.

Figura 5 - Processamento dos frutos



Fonte: Própria (2018)

3.2 MICRORGANISMO

Para a realização da fermentação alcoólica foi utilizado o fermento *Red Star Premier Blanc* que é uma cepa de *Saccharomyces bayanus*, adquirido comercialmente na WE Consultoria, loja *online* de insumos para produção de cervejas. Esse micro-organismo é uma cepa de *Saccharomyces bayanus* e foi utilizado, pois é de fácil manipulação, possui excelente resistência a álcool além de ser uma das melhores cepas para evitar fermentações lentas.

3.3 PREPARO DO MOSTO

O mosto foi constituído de uma mistura 30% (m/v), corrigindo-se a acidez ($\text{pH} = 5,0$), foi adicionado 2,350 Kg de sacarose comercial para se obter uma concentração de 21 °Brix de sólidos solúveis totais (SST) com volume final de 10L. Posteriormente foi adicionado ao mosto 0,1 g/L de metabissulfito de potássio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$) para a diminuição da carga microbiana e reações oxidativas indesejáveis e então foi retirado 1000 mL do mosto e foram feitos ensaios analíticos para determinar sua caracterização físico-química.

3.4 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

A fermentação do mosto foi realizada em triplicata, utilizando-se um sistema semifechado, composto por bombonas plásticas que possuíam um volume de 5 litros, equipadas de um mecanismo para promover a liberação do CO₂ (Figura 7). Antes de transferir o mosto para as bombonas, cada uma foi higienizada com solução de hipoclorito de sódio a 2% (m/v) por 15 minutos, sendo enxaguadas e preenchidas com 3 L de mosto a 21 °Brix, inoculado com 10 g de fermento *Red Star Premier Blanc*.

Figura 6 – Fermentadores tipo bombonas utilizados no processo de fermentação com os seus respectivos mecanismos para a liberação de CO₂.



Fonte: Própria (2018)

A fermentação foi conduzida em temperatura ambiente, que variou entre 23 a 28 °C, durante 144 horas. Ao decorrer da fermentação foram coletadas amostras, em um intervalo de 24 horas para posteriormente, sendo congeladas a -18 °C, para proceder as análises e assim realizar o estudo cinético. Diariamente acompanhou-se o processo de fermentação, realizando análises de teor de sólidos solúveis totais por refratometria, e pH.

3.5 MÉTODOS ANALÍTICOS

Todas as análises de caracterização físico-química foram realizadas em triplicata.

3.5.1 Acidez Total Titulável em ácido acético (ATT)

A análise foi determinada a partir de 1 mL de mosto e 9 mL de água destilada e como indicador do ponto de viragem utilizou-se 2 gotas de solução de fenolftaleína a 1% (m/v). A solução foi titulada com NaOH a 0,01 mol/L. Para o cálculo da acidez total titulável utilizou-se a equação 02. (AOAC, 1990)

$$\text{ATT g}(100 \text{ mL}) = \frac{n \times N \times \text{Eq}}{10 \times V} \quad (02)$$

Onde:

N: normalidade da solução hidróxido de sódio;

n: volume da solução de hidróxido de sódio gastos na titulação em mL;

V: volume gasto (mL) de solução de NaOH 0,01mol. L-1;

Eq: massa de equivalente-grama do ácido acético (60 g/mol)

V: volume em mL da amostra utilizada

3.5.2 Sólidos Solúveis Totais (SST)

A análise de sólidos solúveis foi determinada em amostras diretamente em refratômetro de bancada, devidamente calibrado com água destilada. Os resultados foram expressos em ° Brix, de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Todos os valores de °Brix foram corrigidos de acordo com a tabela em anexo (Anexo A).

3.5.3 Relação: Sólidos Solúveis Totais e Acidez Total Titulável (SST / ATT)

Essa relação foi determinada pela relação direta dos valores de sólidos solúveis e acidez titulável.

3.5.4 Açúcares Redutores Totais (g/L)

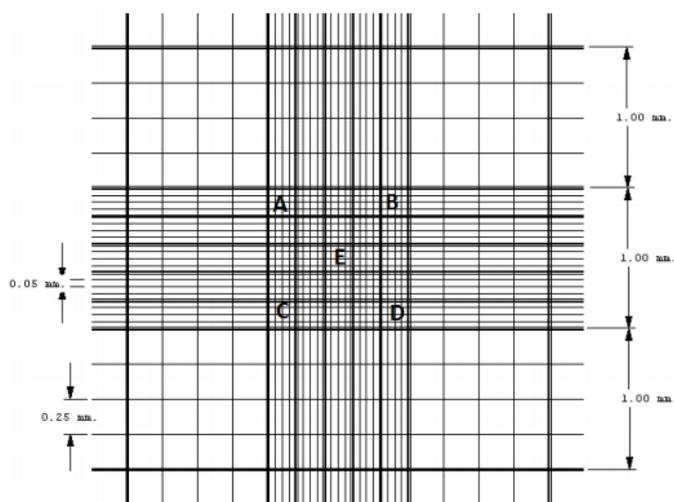
A concentração de açúcares (ART) foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Miller (1959), na qual as amostras foram diluídas em água destilada com o volume final de 1 mL e transferidas para tubos de ensaio contendo 1 mL do reagente DNS (ácido 3-5 dinitrosalicílico). As soluções foram levadas em banho-maria a temperatura de 100 °C durante 5 minutos e posteriormente resfriadas até a temperatura ambiente (25°C), foi realizada a leitura de absorvância a 540 nm de cada amostra em espectrofotômetro digital FEMTO 700S. A absorvância observada foi correlacionada em concentração de ART utilizando uma curva padrão de glicose.

3.5.5 Concentração Celular

Para determinar a concentração celular utilizou-se a câmara de Neubauer. A contagem foi feita em microscópio óptico comum, através de uma metodologia desenvolvida por Lee, Robison e Wang. (1995).

As amostras primeiramente foram diluídas, para facilitar a contagem, posteriormente foram levadas ao microscópio e realizou-se a contagem de 5 quadrantes (A, B C D e E) como mostra a Figura 7 no quadrilátero central.

Figura 7 - Grade de Contagem



Fonte: LEE, ROBISON e WANG (1995).

Para o cálculo de número de células na amostra, levou-se em consideração as dimensões da câmara de Neubauer e o fator de diluição. Sendo assim, o cálculo do número de células, fez-se através da equação 03:

$$N \text{ (células/mL)} = n \times 2,5 \times 10^5 \times D \quad (03)$$

Onde:

n = média das células contadas em A, B, C, D e E;

D = fator de diluição.

3.5.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH da amostra foi determinado por meio da leitura direta um pHmetro de bancada previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0 de acordo com a metodologia descrita. (PINTO, 2015)

3.5.7 Quantificação do Teor de Umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa a 105°C. Primeiramente, ligou-se o equipamento para aquecimento prévio. Posteriormente, pesou-se em balança analítica, 5,0 g da amostra em cadinho de porcelana seco e pesado. O transporte dos cadinhos foi feito com o auxílio de uma pinça para evitar a passagem da umidade das mãos. Então, os cadinhos foram alocados na estufa à temperatura de 105°C por aproximadamente três horas, em seguida retirados da estufa e transferidos para um dessecador com sílica gel, até atingirem a temperatura ambiente. Depois, o conjunto cadinho mais amostra foi pesado. Repetiu-se esse procedimento até que a amostra atingisse massa constante. As análises e a coleta dos dados foram feitas a cada intervalo de uma hora. Os cálculos para determinar o teor de umidade em porcentagem foram feitos de acordo com a equação 04. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005)

$$\% \text{ (m/m)} = \frac{100 \times N}{P} \quad (04)$$

Onde:

N = massa do resíduo seco (g)

P = massa inicial da amostra (g)

3.5.8 Teor de Cinzas ou Resíduo Mineral Fixo

Foi determinado por gravimetria através da incineração em forno tipo mufla. Então, pesou-se em balança analítica, 5,0 gramas da amostra em cadinho de porcelana previamente seco, esfriado e pesado. Posteriormente, o conjunto foi levado à mufla, a temperatura de 550°C, até obtenção de cinzas brancas ou levemente acinzentadas. Depois de incinerada a amostra, retirou-se o cadinho da mufla, colocou-o em um dessecador contendo sílica gel para esfriar e pesou-se a amostra. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005)

O teor de cinzas foi calculado de acordo com a equação 05:

$$\% (m/m) = \frac{100 \times N}{P} \quad (05)$$

Onde:

N = massa de cinzas (g)

P = massa inicial da amostra (g)

3.6 CÁLCULO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS

Os parâmetros cinéticos da fermentação, foram calculados: rendimento em etanol (%), eficiência da levedura, produtividade em etanol (g/L.h), fator de conversão de substrato em produto (Y p/s), velocidade de consumo de substrato (g/h) e taxa de conversão de ART (%) como descrito abaixo:

3.6.1 Fator de conversão de substrato em produto (Y p/s)

O fator de conversão de substrato em produto é uma relação entre a formação do produto

e o consumo do substrato, e foi determinado a partir da equação 06: (SMILEY, 1999)

$$Y_{p/s} = \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (06)$$

$Y_{P/S}$: rendimento da fermentação expresso pela quantidade de etanol formado por unidade de açúcar consumido;

ΔP : variação da concentração de produtos durante a fermentação (g.L^{-1}).

ΔS : variação da concentração de substratos durante a fermentação (g.L^{-1});

Para isso, utilizou-se a seguinte relação:

$$^{\circ}\text{Brix} = \frac{\text{g açúcares}}{100\text{g solução}} \quad (07)$$

Determinou-se a densidade da solução ($\rho = 1,0593 \text{ g.mL}^{-1}$) a partir da interpolação com os dados obtidos do Anexo B, então obteve-se:

$$^{\circ}\text{Brix} = \frac{\text{g açúcares}}{\text{mL solução}} = \Delta S \quad (08)$$

3.6.2 Eficiência

A eficiência de fermentação foi determinada pela equação 09, em que expressa a produção de etanol teórica segundo o teor de açúcares redutores determinados no mosto, que determina a eficiência do microrganismo na conversão de ART em etanol. (PAVLAK et al., 2011)

$$E(\%) = \frac{Y_{p/s}}{0,511} \times 100 \quad (09)$$

Onde:

$Y_{P/S}$: rendimento da fermentação expresso pela quantidade de etanol formado por unidade de açúcar consumido;

3.6.3 Produtividade em etanol

A produtividade (PR) em etanol da fermentação expressa a massa de etanol produzida (g) por volume (L) de meio em fermentação por unidade de tempo (h), foi calculada pela equação 10: (PAVLAK et al., 2011)

$$PR = \frac{P}{t_1} \quad (10)$$

Onde:

P: concentração de etanol experimental;

t₁ - tempo de fermentação (h).

3.6.4 Teor Alcoólico

O teor alcoólico foi determinado pela seguinte equação 11 (SMILEY, 1999)

$$E = \frac{BI-BF}{7,4} * 4 \quad (11)$$

Onde:

BI: °Brix inicial

BF: °Brix final

Considerou-se a densidade do etanol ($\rho = 0,79 \text{ g.mL}^{-1}$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO DA POLPA DE INGÁ (*Inga edulis*)

Na Tabela 3 estão mostrados os resultados das análises físico-químicas da polpa congelada de ingá e seus valores médios.

Tabela 3 – Caracterização da Polpa congelada de Ingá

Polpa de Ingá – 100 g	
Composição	Valores obtidos
pH	6,56 ± 0,02
Acidez Total (g/100 mL ácido acético)	0,198 ± 0,06
Umidade (%)	84,72 ± 0,05
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	12,75 ± 0,0
ART (g/L)	11,89 ± 0,15
Cinzas (%)	1,95 ± 0,03
SS/AT	64,39 ± 0,02

Fonte: Própria (2019)

Não foi possível comparar os resultados das análises físico-químicas obtidos neste trabalho com valores padronizados por lei pois esses dados padrões de identidade e qualidade para polpas de ingá não existem na legislação brasileira.

O ingá apresentou um pH (6,56) básico e uma acidez total (0,198) que o classifica como uma fruta básica. Dutra, (2012), que realizou a caracterização do ingá-cipó, encontrou um valor de pH 6,82, próximo ao encontrado neste trabalho. Quanto a acidez total, foi encontrado o valor de 0,58 e, no presente trabalho o valor encontrado foi de 0,198. Essa diferença pode ser explicada pelo nível de amadurecimento do fruto e tempo de armazenamento, pois geralmente frutos mais maduros apresentam valores de acidez mais baixos. (PINTO et al., 2013)

Nos processos fermentativos, o pH do meio influencia tanto no crescimento quanto na formação do produto. Diversos tipos de micro-organismos possuem uma faixa de pH muito restrita e isso afeta na velocidade da formação do produto, portanto, ele é controlado na maior parte das

fermentações. O valor do pH (6,56) da polpa de ingá, obtido neste trabalho, foi superior à faixa de pH ótimo, que deve estar entre 3 e 6,0 pois a maioria das leveduras utilizadas no processo fermentativo crescem nesse intervalo, porém ao realizar a preparação do mosto não foi necessária a correção do pH, pois foi alcançado o valor de pH de 5,0.

A polpa *in natura* de ingá apresentou alto teor de umidade (84,72%), próximo ao encontrado por Dutra, (2012) para a mesma espécie de ingá (84,22%). Ainda em relação à umidade, o valor do presente estudo foi bastante próximo ao relatado por Aguiar (1996), para outra espécie de ingá, que apresentou 84,69% de umidade.

O teor de sólidos solúveis totais é um fator de extrema importância tanto para o consumo *in natura* como também para o processo industrial, visto que elevados teores de SS na matéria prima apresentam consequências como: uma menor adição de açúcares, a evaporação da água acontece em menor tempo, ocorre menor gasto de energia e maior rendimento do produto resultando, assim, em maior economia no processo. (CARVALHO et al., 2008) O percentual de SS presente na polpa *in natura* de ingá foi de 12,75 °Brix, o que corresponde a 11,89 g.L⁻¹ de açúcares redutores totais, estando próximo ao encontrado por Dutra, (2012) (11,2 g.L⁻¹). Ainda assim, foi necessário corrigir o grau Brix da fruta para 21° Brix adicionando solução de sacarose ao mosto, para obter a graduação alcoólica estabelecida pela legislação (4 a 14% (v/v)).

Quanto ao teor de cinzas, o valor médio obtido neste estudo foi de 1,95%. Este valor ficou distante do resultado obtido por Dutra (2012), que obteve 0,32% para a mesma espécie de ingá. Porém, foi semelhante ao teor relatado por Caramori, Souza e Fernandes, (2008) para a espécie de *Inga cylindrica* (1,18%). As cinzas compõem a fração mineral dos alimentos, formadas por micro e macronutrientes e esses valores podem variar de acordo com a composição do solo em que o vegetal foi cultivado sendo essa uma possível explicação para a diferença de cinzas encontradas neste trabalho e no trabalho de Dutra, (2012). Dutra, (2012) utilizou o ingá proveniente da cidade de Arquimedes – RO e o ingá utilizado neste trabalho foi adquirido nas feiras da cidade de Manaus. (MARQUES, 2011)

A razão (SST/ATT) foi utilizada para determinar a maturação dos frutos. Quanto menor der o valor da razão, mais ácido é o fruto, e quanto maior, mais doce. O valor alcançado neste trabalho foi de 64,38, bastante superior àquele encontrado por Dutra, (2012) que foi de 19,3. O alto valor obtido pode ser explicado pela alta maturação observada nos ingás obtidos para a realização deste trabalho.

A polpa de ingá-cipó mostrou-se um excelente meio para a produção de bebidas alcoólicas, pois apresenta expressiva quantidade de açúcares fermentescíveis, pH favorável para a fermentação pelas leveduras, fatores esses que contribuem para uma fermentação bem-sucedida.

5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO DO MOSTO

O mosto foi constituído de uma mistura, 30% (p/v), de água e polpa de ingá. Após a diluição, o °Brix baixou para 5,00. Essa diminuição no °Brix ocorreu devido à adição de água ao mosto o que causou uma diluição dos açúcares presentes na polpa. Em seguida, corrigiu-se o mosto para 21° Brix, para obter um teor alcoólico entre 7 - 12 % v/v.

Os resultados das análises físico-químicas do mosto utilizado na fermentação encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Caracterização físico-química do mosto de Ingá

Parâmetros analisados	Média ± desvio padrão
Acidez Total (g/100 mL ácido acético)	2,20 ± 0,13
pH	5,00 ± 0,00
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	21,0 ± 0,00
Densidade (g/mL)	1,087 ± 0,02

Fonte: Própria (2019)

Dentre os parâmetros físico-químicos estudados, há dois deles que são de grande importância para o desenvolvimento da fermentação: pH e o teor de sólidos solúveis. O teor de açúcares é o fator de maior relevância, pois é ele que o micro-organismo utiliza como substrato transformando-o em álcool, dando origem à bebida fermentada. Os valores de pH (5,00) e SS (21,00°Brix) alcançados no mosto, foram para favorecer o processo fermentativo e obter uma bebida fermentada que apresentasse graduação alcoólica de acordo com a legislação vigente de 4 a 14% (v/v), respectivamente.

A densidade verificada no mosto foi de 1,087 g/mL, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1994) afirmam que quanto maior à presença de açúcares presente no mosto maior será a densidade.

5.3 ACOMPANHAMENTO CINÉTICO FERMENTATIVO

Para melhor compreensão do processo fermentativo, foi realizado o estudo cinético da fermentação alcoólica, com a intenção de apresentar parâmetros que pudessem ser úteis a um novo produto. Os valores obtidos da caracterização físico-química do fermentado alcoólico, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados obtidos do processo fermentativo

Tempo (h)	SST (° Brix)	pH	Acidez (g/100mL)	ART (g/L)	Concentração Celular (Células/mL)
0	21,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00	0,13 ± 0,01	299,60 ± 0,04	1,85E+07 ± 11,13
24	19,25 ± 0,00	4,08 ± 0,37	0,10 ± 0,02	119,22 ± 0,08	6,85E+07 ± 33,87
48	15,33 ± 0,14	4,08 ± 0,03	0,14 ± 0,05	87,22 ± 0,03	1,40E+08 ± 30,75
72	11,42 ± 0,29	3,99 ± 0,28	0,20 ± 0,01	72,51 ± 0,04	1,63E+08 ± 91,75
96	9,17 ± 0,14	3,83 ± 0,03	0,24 ± 0,03	65,76 ± 0,04	1,10E+08 ± 110,15
120	7,25 ± 0,25	3,80 ± 0,03	0,31 ± 0,01	59,20 ± 0,02	1,01E+08 ± 11,55
144	6,42 ± 0,29	3,79 ± 0,04	0,37 ± 0,03	54,32 ± 0,01	9,13E+07 ± 41,63

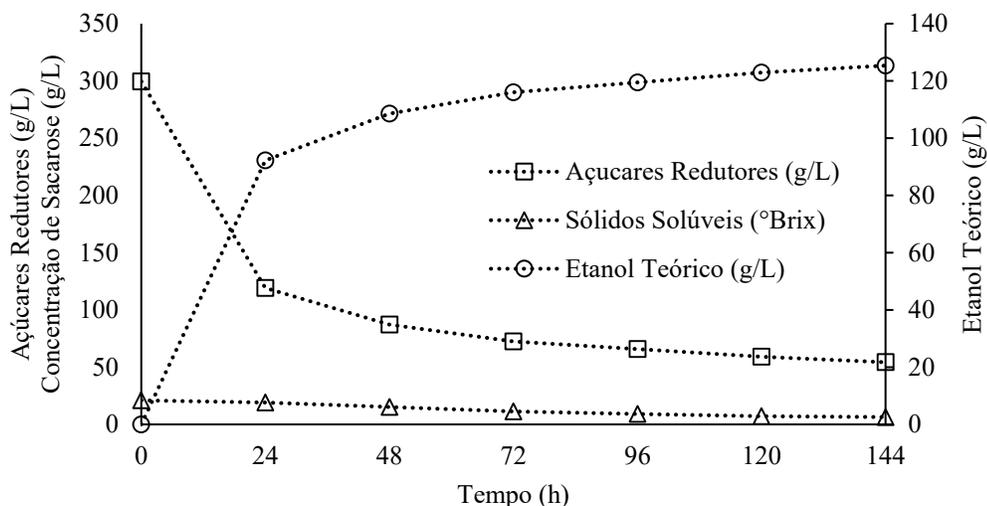
Fonte: Própria (2019)

No que diz respeito à cinética fermentativa, os dados referentes ao decaimento de açúcares redutores, sacarose e produção de etanol, todos observados em função do tempo, podem ser observados na Figura 8.

A concentração inicial de açúcares redutores observada foi de 299,60 g/L, havendo uma redução nas primeiras 24 h de fermentação, mostrando que a fase tumultuosa do processo fermentativo aconteceu nesse período. Após as primeiras 24h, a concentração de ART continuou diminuindo ao longo dos dias, porém mais lentamente. No período entre 120 e 144 h, foi possível constatar a estabilização da fermentação.

A acelerada fermentação ocorrida, que pode ser observada pela formação de CO₂ devido ao enchimento dos preservativos, pode estar relacionada ao elevado teor de açúcares redutores bem como à elevada efetividade celular e elevada concentração de células. Conseqüentemente, para o mesmo período de tempo, houve um aumento na concentração de etanol, sendo produzido em torno de 92,20 g/L de etanol teórico.

Figura 8 - Concentração de etanol, de açúcares redutores totais e sólidos solúveis totais durante a produção do fermentado alcoólico de ingá (*Inga edulis*).



Fonte: Própria (2019)

Barbosa, (2014) e Almeida et al., (2011) também observaram um alto decréscimo na quantidade de açúcares redutores nas primeiras horas de fermentação e nos demais períodos a ocorrência lenta do consumo do substrato. Isso pode ser explicado devido à presença de elevadas concentrações de etanol que inibem a atividade do micro-organismo. Constatou-se ainda que, ao final da fermentação (144h), o teor de açúcares redutores permaneceu praticamente constante, esse fato pode ser explicado pelos açúcares não fermentescíveis presentes no mosto.

Pinheiro, (2015), ao elaborar o fermentado alcoólico do cupuaçu, obteve uma concentração de mais de 250 g/L de açúcares redutores no mosto, sendo consumidos basicamente no período de 24 h, e o consumo lento de SST, semelhante ao obtido no presente trabalho.

Quanto ao teor de sólidos solúveis totais ao longo da fermentação do mosto de ingá foi observado um comportamento similar à concentração de ART, porém a metabolização dos SST foi mais lenta em relação aos ART e de forma gradual, sendo o período de maior consumo de açúcares entre 24 e 72 h. Após esse período, ocorreu uma estabilização dos teores de sólidos solúveis totais, esse resultado pode ser atribuído à presença de açúcares não fermentescíveis no mosto.

O consumo posterior dos SST ao ART pode ser explicado pelo alto teor de sacarose no mosto, pois como a quantidade de sólidos solúveis da polpa diluída em água foi 3,75 °Brix, houve a etapa de chaptalização com sacarose, logo a principal fonte de alimento para o microrganismo

foi a sacarose, então a levedura utilizada no processo precisou primeiramente hidrolisá-la, metabolizando-a em açúcar fermentescível para, assim, consumir o substrato e produzir o etanol e isso diminui bastante a atividade metabólica desses microrganismos. À vista disso, a etapa de hidrólise da sacarose carece de um tempo maior quando a fermentação é realizada a temperaturas baixas (abaixo de 20 °C), portanto o metabolismo da levedura é mais lento, porém pode-se notar que o consumo maior de SST deu-se já no segundo dia de processo, em que a concentração passou de 19,25 °Brix para 15, 33 °Brix, mais rápido quando comparado ao fermentado de laranja, que passou de 14° Brix para 13° Brix, também para o segundo dia de fermentação. (OLIVEIRA et al., 2015) Esse resultado pode ser devido a cepa de *Saccharomyces bayanus* que foi utilizada na produção do fermentado alcoólico apresenta resistência contra baixas temperaturas de fermentação (14° C).

Paula et al., (2012), que produziram e caracterizaram o fermentado de umbu, acrescentaram 13,9kg de sacarose comercial em 61,1L de mosto, para obter 20,5 °Brix, pois após diluição da polpa com água o °Brix baixou para 2,4. Obtiveram em seu processo fermentativo uma formação de etanol lenta e gradual, fato este relacionado também a sacarose presente em grande quantidade no mosto e o processo de hidrólise da sacarose precisa de um tempo maior quando a fermentação é conduzida a baixas temperaturas, pois a velocidade do metabolismo da levedura é menor.

Porém, o consumo de sacarose do fermentado de umbu foi mais lento do que o do presente trabalho, esse fato pode ser explicado pela utilização de outra espécie de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) que não é tão resistente a temperaturas menores que 20 °C, pois o seu processo foi conduzido principalmente a temperatura de 18° C quanto a do presente trabalho que é resistente a temperaturas até 14° C. (PAULA et al., 2012)

A temperatura do mosto não foi controlada no processo de fermentação, mas variou entre 23 e 28 °C, permanecendo próxima aos valores estimados como apropriados para a fermentação alcoólica. (LIMA, 1999)

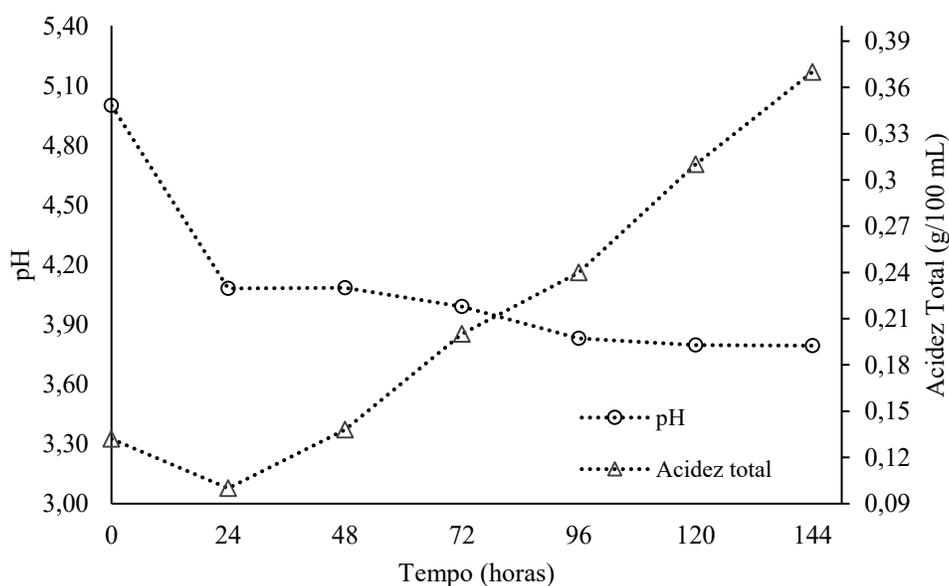
Durante o processo fermentativo do ingá, o pH variou entre 5,00 e 3,79, houve pouca mudança, fato decorrente das propriedades tamponantes provenientes do mosto de frutas. Apesar de caracterizar como ácido, o pH baixo agrega equilíbrio microbiológico à fermentação, inibindo a proliferação de contaminantes indesejáveis ao produto final, porém um pH extremamente ácido pode indicar contaminação do meio. (BORZANI; AQUARONE; LIMA, 1983) Corazza Rodrigues e Nozaki, (2001), durante a fermentação alcoólica, observaram pouca variação no pH (entre 3,60 e

3,33 g.L⁻¹). Outros autores como Carvalho et al., (2008), observaram a redução do pH durante um processo fermentativo e a pouca variação do mesmo.

Os valores da acidez durante o processo variaram entre 0,1 g.mL e 0,37 g.mL. O comportamento da acidez é aceitável, pois durante a fermentação ela tende a aumentar. Corazza, Rodrigues e Nozaki, (2001), estudando o fermentado de laranja, obtiveram também um acréscimo na acidez (5,96 g.L⁻¹ e 8,070 g.L⁻¹).

Como pode ser observado na Figura 9, durante a fermentação, o pH e a acidez apresentaram comportamentos diferentes, ocorrendo o aumento da acidez total e, assim, a diminuição do pH ao longo das horas de fermentação do ingá. Esse resultado pode ser atribuído à produção de ácidos orgânicos, como ácidos tartárico, málico e cítrico que são originados do mosto e os ácidos acético, propiônico, pirúvico e lático que são provenientes do metabolismo da levedura, esses ácidos caracterizam sabor e *flavor*. (BORZANI; AQUARONE; LIMA, 1983; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006)

Figura 9 - Desempenho do pH e da concentração de acidez total (g/100mL de ácido acético) em função do tempo de fermentação.



Fonte: Própria (2019)

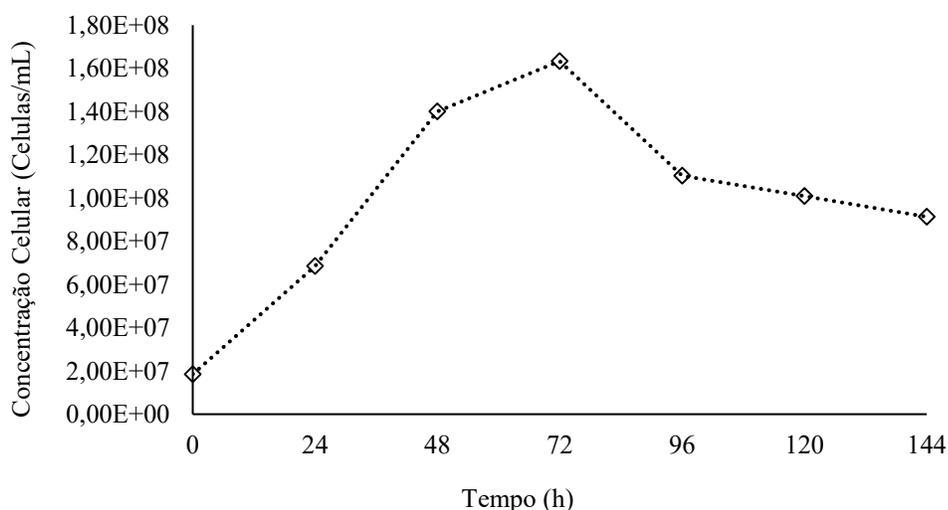
Os resultados referentes à concentração de células em suspensão estão apresentados na Figura 10. Pode-se observar que as células se comportaram de modo regular, havendo um

crescimento exponencial nas primeiras 48 h de fermentação. Após esse período, ocorreu um leve crescimento das mesmas e, observou-se o decaimento das mesmas após 72h e estabilização da população, mostrando um estágio de crescimento estacionário.

A fase estacionária pode ser atribuída à indisponibilidade de substrato, como pode-se observar no gráfico da Figura 8, em que basicamente todo o substrato acessível para a levedura, tanto açúcares redutores totais (ART) quanto sólidos solúveis totais (SST) haviam sido metabolizados, ou seja, a concentração de ART e SST são mínimas, o que impossibilita a continuidade do crescimento celular. (BARBOSA, 2014)

Carvalho et al., (2008), obtiveram um crescimento celular durante a fermentação da cana-de-açúcar pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* e observaram, nas primeiras horas de fermentação, uma fase exponencial e, ao final da fermentação, a estabilização do processo, comportamento semelhante ao obtido neste trabalho.

Figura 10 – Crescimento celular na produção do fermentado alcoólico de ingá (*Inga edulis*).



Fonte: Própria (2019)

5.3.1 Avaliação dos Parâmetros Cinéticos

Na fermentação de um mosto de frutas espera-se que ao final do processo a quantidade de sólidos solúveis totais chegue a zero (0 °Brix). Contudo, no presente trabalho, não foi observado

tal desempenho. Esse resultado pode ser explicado devido ao mosto ter sido diluído o que contribuiu para obter um fermentado alcoólico estabilizando antes de 0 °Brix. (LIMA, 1999)

A produção de álcool obtida durante a fermentação foi de 62,25 g.L⁻¹, calculada a partir da equação 8 (7,88 °GL = 78 mL álcool⁻¹ vinho = 62,25 g álcool g.L⁻¹ vinho).

A produção foi estudada por 144 h, então pode-se obter o rendimento do produto em relação ao substrato, eficiência e a produtividade da fermentação (Tabela 6).

Tabela 6 - Parâmetros cinéticos da fermentação alcoólica do fermentado alcoólico de ingá (*Inga edulis*).

Parâmetros analisados	Valores experimentais
Y _{P/S} (g.g ⁻¹)	0,40 ± 0,01
Produtividade (g/L.h)	0,43 ± 0,04
Eficiência (%)	78,28 ± 0,08

Fonte: Própria (2019)

O fator de conversão de substrato em produto (Y_{P/S}) para este trabalho foi de 0,40 g.g⁻¹, isso mostra que a fermentação foi bastante eficiente, pois o Y_{P/S} é baseado na estequiometria que 1 g de açúcar dará origem a 0,511 g de etanol, deste modo o valor ótimo é 0,511 g.

O valor alcançado neste trabalho é superior ao citado por Silva, (2004) que obtiveram um fator de conversão de substrato em produto de 0,30 para fermentado de caju. Em outro estudo, já Andrietta e Stupiello, (1990) que observaram a produção do fermentado alcoólico do caldo de cana obtiveram o Y_{P/S} igual a 0,445, próximo ao do presente estudo.

Carvalho et al., (2008) estudaram a cinética da fermentação da cachaça artesanal e verificaram valores de Y_{P/S} 0,41 g.g⁻¹, próximo ao obtido no presente estudo. Como forma de melhor comparação, encontrou-se na literatura que o rendimento de etanol, em relação ao substrato consumido, está entre os valores de 0,465 e 0,485 g.g⁻¹. (GÓES; ZANGIROLAMI, 2005)

O valor obtido para Y_{P/S}, deste estudo, quando comparado com diferentes trabalhos da literatura, pode ser explicado por diversos fatores como tipo de levedura utilizada no processo, que provavelmente não possui o melhor rendimento em etanol, em se tratando de fermentado de frutas, pois ela é mais utilizada na fabricação de *champagne*, hidromel e atenuação na cerveja, nenhum trabalho foi encontrado na utilização desse fermento na produção de fermentados de frutas. Outros

fatores relevantes que podem ter interferido no valor menor é a operação do reator, temperatura e concentração de substrato.

Um dos parâmetros cinéticos estudados para a escolha do tipo de levedura aplicada no processo fermentativo é a produtividade, este está relacionado diretamente com a eficiência da ação das leveduras em converter açúcares a etanol. (ALVARENGA, 2011)

Pode-se observar na Tabela 6, que a produtividade em etanol do fermentado alcoólico de ingá em 144 h de fermentação foi de 0,43 g. L⁻¹.h⁻¹, inferior a outros resultados encontrados na literatura, Almeida et al., (2006) que alcançaram uma produtividade de 1,75 g. L⁻¹.h⁻¹ no fermentado do fruto de mandacaru, Silva et al., (2004) obtiveram uma produtividade de 0,78 g. L⁻¹. h⁻¹ para fermentado de caju. Já Carvalho et al., (2008), para o fermentado da cana-de-açúcar, alcançaram 0,42 g. L⁻¹. h⁻¹, resultado inferior ao presente trabalho.

A baixa produtividade pode ser atribuída à presença de alto teor de sacarose que é de difícil acesso para o microrganismo converter em etanol. (OLIVEIRA et al., 2015)

Obteve-se uma eficiência de conversão do substrato em etanol de 78,28 % e esta se encontra dentro da faixa encontrada na literatura. Almeida et al., (2006) para fermentado do fruto do mandacaru, relataram uma conversão de 90,2 %, superior ao obtido neste trabalho; Silva et al., (2004) obtiveram uma eficiência de 55,67 % para fermentado de caju.

Bortolini, Sebasti e Torres, (2001), avaliaram a fermentação de kiwi e obtiveram uma eficiência variando de 75,6 a 92,4 %, valores próximos aos obtidos no presente estudo. Ainda sobre a eficiência, Carvalho et al., (2008), alcançaram 70%, valor inferior ao alcançado neste trabalho, classificando como um fermentado de boa eficiência.

5.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO DO FERMENTADO ALCOÓLICO DE INGÁ

Os resultados das análises físico-químicas do fermentado após 30 dias de envelhecimento estão apresentados na Tabela 7 assim como valores utilizados na obtenção de outros fermentados alcoólicos de frutas.

O fermentado alcoólico obtido não foi caracterizado quanto aos compostos voláteis e álcoois superiores exigidos pela legislação brasileira, Portaria Nº 64. (BRASIL, 2008) Os fermentados de frutas mais apreciados devem ser do tipo suave, sendo o mais bem aceito o vinho seco de uva.

O fermentado de ingá avaliado neste trabalho é suave, pois apresentou teores de açúcares residuais acima de 20 g/L. (HASHIZUME, 1983)

O fermentado alcoólico de ingá apresentou valores próximos de teor alcoólico, sólidos solúveis totais, acidez e pH em comparação com outros fermentados de frutas. Analisando o teor alcoólico, o fermentado estudado apresentou valor superior ao alcançado por Pereira et al., 2014 e inferiores aos demais listados na Tabela 7. É importante salientar que os tempos de condução das fermentações foram diferentes, variando entre 48 a 360 h, e, ainda assim, o fermentado de ingá apresentou °GL (grau alcoólico) superior em menor tempo de fermentação comparando com o fermentado misto de açai e cupuaçu.

Neto et al., (2006), estudaram o fermentado do pseudofruto de caju durante 64h e obtiveram um grau alcoólico superior ao encontrado no presente estudo. O valor mais baixo do grau alcoólico pode estar associado a principal fonte disponível de carboidrato utilizada pela levedura, a sacarose. E para assimilar a sacarose a levedura precisa hidrolisá-la. (PAULA, 2011)

Ainda em relação ao teor alcoólico do fermentado de ingá (7,88 °GL), verifica-se que está dentro do que estabelece a legislação brasileira sobre bebidas, ou seja, portaria n°64, 2008.

A concentração de sólidos solúveis ficou próxima aos valores de outros fermentados de frutas (Tabela 7), porém a norma não estabelece limites nem para vinhos e nem para fermentados de frutas.

A acidez total neste trabalho foi de 3,71 g/L inferior, ao relatado por Araújo et al., 2009 e Torres Neto et al., 2006, porém está na faixa de 3,3 a 7,8 g/L, que é o estabelecido pela legislação (BRASIL, 2008). Um fermentado com alta acidez total dá um sabor desagradável de vinagre ao produto.

O pH de 3,75 proporciona ao fermentado de ingá menor chance de possíveis contaminações microbiológicas, além de conferir frescor à bebida.

Tabela 7 – Comparação dos resultados das análises físico-químicas do fermentado de ingá (*Inga edulis*) com outros, à base de fruta presentes na literatura.

Fermentados	Concentração da Polpa (%)	Grau Alcoólico (° GL)	SST (°Brix)	Acidez Total Titulável (g/L)	pH	Tempo (h)	Referências
Ingá	30%	7,88 ± 0,03	5,98 ± 0,01	3,71 ± 0,01	3,75 ± 0,01	144	Presente estudo
Kiwi	fruto	3,54 a 9,6	-	-	3,8 a 4,0	48	Bortolini, Sebastião e Torres, 2001
Abacaxi (Smooth cayenne)	fruto	10,9	-	6,55	3,47	360	Araújo et al., 2009
Pseudofruto do caju	fruto	11,5	3,6	7,2	3,5	64	Neto et al., 2006
Mandacaru	fruto	10,4	5,5	0,24	3,91	48	Almeida et al., 2006
Açaí e Cupuaçu	25%	6,8	-	-	-	240	Pereira et al., 2014

Fonte: Própria (2019)

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvido o fermentado alcoólico de ingá, fruta típica da região amazônica. A produção do fermentado mostrou-se uma alternativa viável de lançamento de mais um produto, agregando assim valor à fruta que ainda é pouco explorada podendo gerar lucros a economia.

A caracterização físico-química do mosto foi de grande importância, pois mostrou se havia necessidade de correção para a obtenção de um fermentado de qualidade e com graduação alcoólica de acordo com os limites estabelecidos pela legislação.

Ainda sobre o mosto, a adição de açúcares mostrou-se de grande importância na formação e estabilidade do produto, porém a concentração de polpa tem grande relevância no sabor final do produto.

O estudo cinético apresentado mostrou que nas 144h a fermentação já havia praticamente acabado. Houve um bom rendimento final do produto e com todos os parâmetros fermentativos próximos de valores encontrados em outros trabalhos.

As análises físico-químicas do produto final mostraram que o fermentado de ingá do tipo suave apresenta qualidades comparáveis com outros fermentados de frutas, além das análises estarem dentro os limites exigidos pela legislação vigente.

7 PERSPECTIVAS

Fazer análise sensorial e, conseqüentemente a aceitação do fermentado alcoólico de ingá com provadores especializados;

Estudar os parâmetros cinéticos utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*;

Realizar a análise de todos os parâmetros que consta na legislação e comparar com os mesmos;

Trabalhar a viabilidade econômica do fermentado alcoólico de ingá;

Realizar a otimização do processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, J.P.L. Tabela de composição de alimentos da Amazônia. **Acta Amazônica**.v.10., 1996. Disponível em: <<http://acta.inpa.gov.br/fasciculos/26-2/PDF/v26n2a11.pdf>>. Acesso em: 25 novembro de 2018.
- ALMEIDA, M. M.; CONRADO, F. L. H.; CONRADO, L. D. S.; MOTA, J. C.; FREIRE, R.M.M. Estudo cinético e caracterização da bebida fermentada do *Cereus jamacaru* D.C. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 10-12, 2011.
- ALMEIDA, M. M.; TAVARES, D. P. S.; ROCHA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H.; MOTA, J. C. Cinética da produção do fermentado do fruto do mandacaru. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, n.1, p.35-42, 2006.
- ALVARENGA, Raquel Mendonça. **Avaliação de parâmetros da fermentação e da destilação para adequação dos teores de compostos secundários em aguardente de banana**. 2011. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2011.
- AMARANTE, J. O. A. **Vinhos: do Brasil e do mundo, para conhecer e beber**. São Paulo, SP: Summus Editorial, 157 p. 1983.
- AMERINE, M.A.; BERG, H.W.; CRUESS, W.V. **The technology of wine making**. 2ª ed. Westport: AVI. 797 p, 1967.
- ANDRIETTA, S. R.; STUPIELLO, J. P. Simulação e modelagem para processo de fermentação alcoólica (II) contínua. *Stab Açúcar, Álcool e subprodutos*, Piracicaba, v. 9, p. 45-51, set./dez. 1990.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, p. 136, 2013.
- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.
- AQUARONE, E., LIMA, U. A., BORZANI, W. (Ed.). Alimentos e bebidas produzidos por fermentação. São Paulo: Edgard Blücher, 243p, 1983.
- ARAÚJO, K. G. L; SABAA-SUR, A. U. O; RODRIGUES, F. S; MANHÃES, L. R. T; CANTO, M. W. Utilização de abacaxi (*Ananas comusus* L.) cv. Pérola e Smooth cayenne para a produção de vinhos – estudo da composição química e aceitabilidade. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** V. 29, p. 56-61, 2009.
- BARBOSA, C.D. **Obtenção e Caracterização de Vinho e Vinagre de Manga (*Mangifera Indica* L.): Parâmetros Cinéticos das Fermentações Alcoólica e Acética**. Dissertação (Mestrado

em Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia. Belo Horizonte, 2014.

BERTO, A.; RIBEIRO, A. B.; SOUZA, N. E.; FERNANDES, E.; CHISTE, R. C. Bioactive compounds and scavenging capacity of pulp, peel and seed extracts of the Amazonian fruit *Quararibea cordata* against ROS and RNS. **Food Research International**, Paraná, v.77, p. 236-243, 2015.

BORTOLINI, F.; SEBASTI, E.; TORRES, R. C. Comportamento das fermentações alcoólica e acética de sucos de kiwi (*Actinidia deliciosa*); composição dos mostos e métodos de fermentação acética. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 236-243, 2001.

BORZANI, W., AQUARONE, E., LIMA, U.A. **Engenharia bioquímica**, v.3. São Paulo. 1983.

BRASIL. Decreto nº 6.871 de 04 de Junho de 2009. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 nov. 1986. Seção 1, pt. 2.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Alimentos regionais brasileiros**. Brasília, DF, 2015.

BRASIL. Portaria n. 64 de 23 de abril de 2008. Aprovam os regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas fermentadas: fermentado de fruta, sidra, hidromel, fermentado de cana, fermentado de fruta licoroso, fermentado de fruta composto e saquê. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2008.

CAMPBELL, A.N. et al. *Biologia*. 8ª Edição, Editora Artmed, 1464 p., 2010.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade antirradical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CARAMORI, S.S.; SOUZA, A.A.; FERNANDES, K.F. Caracterização bioquímica de frutos de *Inga alba* (Sw.) Wild. e *Inga cylindrica* Mart. (Fabaceae). **Revista Saúde e Ambiente**, Goiás, 2008. Disponível em: <http://periodicos.univille.br/index.php/RSA/article/viewFile/113/173>. Acesso em 28 de novembro 2018.

CARVALHO, J.E.U. de. Frutas da Amazônia na era das novas culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. Anais... Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012.

CARVALHO, W.; CANILHA, L.; ALMEIDA E SILVA, J. B. de. Cinética da fermentação e balanço de massa da produção de cachaça artesanal. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12. VII BMCFB, 2008.

CASSIMIRO, C.M.; MACÊDO, L. de S.; MENINO, I.B. Avaliação de acessos de cajazeira (*Spondias mombin*) do Banco Ativo de Germoplasma da Emepa, PB. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 3, p. 01-06, 2009.

CORAZZA, M. L.; RODRIGUES, D. G.; NOZAKI, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p. 449-452, 2001.

CRUZ, INÊZ. A *Vitis vinifera* e as demais *Vitis*, 2006. Disponível em: < <http://www.saudeviver.com.br/saudeviver/artigos.php?a=155>>. Acesso em: 23 mar de 2017.

DIAS, D. R.; SCHAWN, R. F.; LIMA, L. C. O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 23 n. 3, p. 342-350, 2003.

DUTRA, J. S. Análise Físico-Química da Polpa do Fruto do Ingá-Cipó (*Inga Edulis* Mart.) do Município de Ariquemes – RO. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química – Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Rondônia, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Rio Grande do Sul: Como elaborar vinho de qualidade na pequena propriedade, 1994 – ISSN 0102-3969 versão *online*. Disponível em: <http://roneiandre.dominiotemporario.com/doc/ComoElaborarVinho.pdf>. Acesso em 22 ago 2018.

FALCÃO, M. A.; CLEMENT, C. R. Fenologia e Produtividade do Ingá-Cipó (*Inga edulis*) na Amazônia Central. **Acta Amazonia**, Manaus, v. 30, n. 2, p. 173-180, 2000.

FEITOSA, Selma dos Santos. **Nutrição mineral e adubação da cajazeira (*Spondias mombin* L.) na Zona da Mata Paraibana**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2007.

FLEET, G. H. Yeast interactions and wine flavour. **International Journal of Food Microbiology**, Londres, v. 86, n. 1/2, p. 11-22, 2003.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 7ª ed. São Paulo: Editora Nobel, p.25, 1984. GÓES, F. J.; ZANGIROLAMI, T. C. Optimization of the fermentation conditions for wine produced from the “Italia” grape variety. In 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering, 4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering, Costa Verde, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.enpromer2005.eq.ufrj.br/nukleo/pdfs/0825_artigo_enpromer_corrigido_goes.pdf>. Acesso em: 22 de março. 2019.

GOMES, P. **Fruticultura brasileira**. 13 ed. São Paulo: Nobel, 446 p., 2007.

GUERRA, C.C.; BARNABÉ, D. **Tecnologia de bebidas**. São Paulo: Edgar Blücher, 550p, 2005.

HAMMOND, J.R.M. Genetically-modified brewing yeasts for the 21st century. Progress to date. *Yeast*, v.11, n.16, p.1613-1627, 1995.

HARBORNE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, v.52, p. 481-504, 2000.

HASHIZUME, T. Fundamentos de tecnologia do vinho. In: AQUARONE, E.; LIMA, U.de A.; BORZANI, W. Alimentos e bebidas produzidos por fermentação. São Paulo: Edgard Blücher. p. 14-43, 1983.

HASHIZUME, T.; **Manual prático da fabricação de vinhos de frutas**. Instituto de Tecnologia de Alimentos, São Paulo, p 30, 2001.

HOFFMAN, ALEXANDRE. Sistema de produção de destilado de vinho, 2008 Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Vinho/SistemaProducaoDestiladoVinho/index.htm>>. Acesso em: 26 de mar de 2017.

HOFFMANN, F. L. et al. Microrganismos contaminantes de polpas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 1, 1997.

IHA, S. M.; MIGLIATO, K. F.; VELLOSA, J. C. R.; SACRAMENTO, L. V. S.; PIETRO, R. C. L. R.; ISAAC, V. L. B.; BRUNETTI, I. L.; CORRÊA, M. A.; SALGADO, H. R. N. Estudo 151 fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava* L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. **Revista brasileira de farmacognosia**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 387-393, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. 4ed., p 329 – 343, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos químicos e físicos para alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2008.

LEE, S.S.; ROBISON, F. F; WANG, H. Y. Rapid determination of yeast viability. **Biotechnology and Bioengineering**, New York, v. 11, p 641-649, 1995.

LEHNINGER, A. L., NELSON, D. L. e COX, M. M. Princípio de bioquímica. Traduzido por SIMÕES, A. A.; LODE, W. R. N. São Paulo: Ed. Sarvier, 2ºed, p. 839.

LIMA, U. A. Aguardente: fabricação em pequenas destilarias. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba 1ª ed, 187 p, 1999.

MARQUES, I. S. **Determinação de características físico-químicas da polpa in natura do Biribá (Rollinia mucosa (Jacq.) Ball) do Estado de Rondônia – Brasil**. 32. f. Monografia (Licenciatura em Química) – FAEMA, Ariquemes, 2011.

MILLER, G. L. *Anal. Chem.* 31, 426 (1959).

MUNIZ, C. R.; BORGES, M. F.; ABREU, F. A. P.; NASSU, R. T.; FREITAS, C. A. S. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 309-322, 2002.

NETO, A.B.T.; SILVA, M. E.; SILVA, W. B.; SWARNAKAR, R.; SILVA, F. L.H. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale L.*). **Química Nova**, v.29, p.489-492, 2006.

OLIVEIRA, J. P. M.; SILVA, J. C. N; SILVA, S. S., SANTOS, A. S. Produção de fermentado alcoólico de laranja. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 35-41, 2015.

PAULA, B. de; CARVALHO FILHO, C. D.; MATTA, V. M. da; MENEZES, J. da S.; LIMA, P. da C.; PINTO, C. O.; CONCEIÇÃO, L. E. M. G. Produção e caracterização físico-química de fermentado de umbu. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1688-1693 2012.

PAULA, Breno de. **Produção de Fermentado de Umbu (Spondias Tuberosa Arr. Cam.)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

PAVLAK, M. C. M.; LIMA, T. L. A.; CARREIRO, S. C.; PAULILLO, S. C. L. Estudo da Fermentação do Hidrolisado de batata-doce utilizando diferentes linhagens de *Saccharomyces cerevisiae*. **Tocantins**, v. 34, n. 1, p. 82-86, 2011.

PENNINGTON T.D.; SARUKHÁN J. **Árboles tropicales de México**. UNAM, FOE; 1998.

PENNINGTON, T. D. The genus Inga - Botany. London, The Royal Botanic Gardens, Kew. 844 p.,1997.

PEREIRA, S., ALVES, R., LANDIM, L. B., & CHAVES, N. M. Produção de fermentado alcoólico misto de polpa de açaí e cupuaçu: aspectos cinéticos, físicoquímicos e sensoriais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 1, n. 8 p. 1216– 1226, 2014.

PINHEIRO, Ana Paula Guedes. **Preparo e características de produtos oriundos da fermentação alcoólica e acética do cupuaçu “Theobroma grandiflorum SCHUM”**. 2015. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2015.

PINTO, Luan Ícaro Freitas. **Acerola (*Malpighia emarginata DC*) e abacaxi (*Ananas comosus L. Merrill*) como adjuntos no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

PINTO, P. M; JACOMINO, A. P; SILVA, S. R; ANDRADE, C. A. W. Ponto de colheita e maturação de frutos de camu-camu colhidos em diferentes estádios. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Manaus, v. 48, n. 6, p. 605-612, 2013.

PUGLIESE, Alexandre Gruber. **Compostos fenólicos do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e do cupulate: Composição e possíveis benefícios**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos Área de Bromatologia) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. Handbook of enology: the chemistry of wine. 2.ed. Chichester: John Wiley and Sons, v. 2, 2006.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Efeito da safra vitícola na composição da uva, do mosto e do vinho Isabel da Serra Gaúcha, Brasil. **Ciência Rural**, Rio Grande do Sul, v. 36, n. 3, p. 959-964, 2006.

ROSIER, J.P. **Manual de elaboração de vinho para pequenas cantinas**. 2.ed. Florianópolis: EPAGRI, 72p. 1993.

SANTOS, J.; MACHADO, A.; DIAS, E.; NOVAIS, A.; FERREIRA, A. **Processamento industrial do vinho tinto**. Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária, Coimbra, 2007.

SANTOS, S. C.; ALMEIDA, S. S.; TOLEDO, A. L.; SANTANA, J. C. C.; SOUZA, R. R. Elaboração e análise sensorial do fermentado de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). **Brazil Journal Food Technologic**, São Paulo, v. 10, p. 47-50, 2005.

SILVA, E. M.; ROGEZ, H.; LARONDELLE, Y. Optimization of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology. **Separation and Purification Technology**, Pará, v. 55, n. 3, p. 381-387, 2007.

SILVA, Moacir Epiáfio da. **Estudos cinéticos da fermentação alcoólica da produção de vinho e da fermentação acética de produção de vinagre de vinho de caju**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, João Pessoa, 2004.

SILVA, N. S.; SILVA, B. A.; SOUZA, J. H. P.; DANTAS, V. V.; REIS, K. B.; SILVA, E. V. C. Elaboração de bebida alcoólica fermentada a partir do suco de manga rosa (*Mangifera indica* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Paraná, v.5, n.1, p. 367-378, 2011.

SILVA, P. H. A.; FARIA, F. C.; TONON, B.; Mota, S. D.; PINTO, V. T. Avaliação da composição química de fermentados alcoólicos de jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba*). **Química Nova**, Minas Gerais v. 31, p. 469-475, 2008.

SMILEY, I. (Ed.). **Making Pure Corn Whiskey: a professional guide for amateur and micro-distillers**. 1a ed. Canadian: Na Amphora Society Publication, 103 p, 1999.

SUCRANA, 2019 Disponível em: <http://www.sucrana.com.br/tabelas/densidade-solucoes-acucaradas.pdf>. Acesso em: 22 maio 2019.

VENTURINI, W.G.F. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. 1.ed. São Paulo: Editora Blucher, 85p, 2010.

WUCHERPFENNING, K. Production of table wines. In: MACRAE, R.; ROBINSON, R. K.; SADLER, M. J. (eds). **Encyclopaedia of food science, food technology, and nutrition**, Londres v.6, n. 2, p. 4927-4934, 1993.

ZOECKLEIN, B. W.; FUGELSANG, K. C.; GUMP, B. H.; NURY, F. S. **Wine analysis and production**. New York: Chapman & Hall, 621 p, 1994.

ANEXO

ANEXO A – Correção do °Brix em função das temperaturas.

Percentagem de Sacarose (° Brix)															
Temperatura °C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
	Subtrair do Brix lido														
10	0,50	0,54	0,58	0,61	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,78	0,79
11	0,46	0,49	0,53	0,55	0,58	0,60	0,62	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71
12	0,42	0,45	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,63	0,63
13	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55
14	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,45	0,46	0,46	0,47	0,48
15	0,27	0,29	0,31	0,33	0,34	0,34	0,35	0,36	0,37	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40
16	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28	0,29	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32
17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24
18	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
19	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
°C	Adicionar ao Brix lido														
21	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
22	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
23	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,32
25	0,33	0,35	0,36	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
26	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
27	0,48	0,50	0,52	0,53	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
28	0,56	0,57	0,60	0,61	0,62	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
29	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,72	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
30	0,72	0,74	0,77	0,78	0,79	0,80	0,80	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

Fonte: BRASIL (1986).

ANEXO B – Densidade das soluções açucaradas.

Brix	Densidade (20° C)	Brix	Densidade (20° C)
1.0	1,0039	49.0	1,22652
2.0	1,0078	50.0	1,23202
3.0	1,01173	51.0	1,23756
4.0	1,01569	52.0	1,24313
5.0	1,01968	53.0	1,24874
6.0	1,02369	54.0	1,25439
7.0	1,02773	55.0	1,26007
8.0	1,03180	56.0	1,26580
9.0	1,03590	57.0	1,27158
10.	1,04003	58.0	1,27736
11.0	1,04418	59.0	1,28320
12.0	1,04837	60.0	1,28908
13.0	1,05259	61.0	1,29498
14.0	1,05683	62.0	1,30093
15.0	1,06111	63.0	1,30694
16.0	1,06542	64.0	1,31297
17.0	1,06976	65.0	1,31905
18.0	1,07413	66.0	1,32516
19.0	1,07853	67.0	1,33129
20.0	1,08297	68.0	1,33748
21.0	1,08744	69.0	1,34371
22.0	1,09194	70.0	1,34997
23.0	1,09647	71.0	1,35627
24.0	1,10104	72.0	1,36261
25.0	1,10564	73.0	1,36900
26.0	1,11027	74.0	1,37541
27.0	1,11493	75.0	1,38187
28.0	1,11963	76.0	1,38835
29.0	1,12436	77.0	1,39489
30.0	1,12913	78.0	1,40146
31.0	1,13394	79.0	1,40806
32.0	1,13877	80.0	1,41417
33.0	1,14364	81.0	1,42138
34.0	1,14855	82.0	1,42810
35.0	1,15350	83.0	1,43486

Fonte: SUCRANA (2019).