



ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO AGRÁRIA

**REAPROVEITAMENTO DO DESPERDÍCIO DA BATATA-DOCE
(*Ipomea batatas L*) E DAS CASCAS DE ANANÁS (*Ananás comosus L.
merril*) PARA PRODUÇÃO DA VODKA**

Curso de Licenciatura em Agro-Processamento

Paulo Jossias Manhengue

Vilankulo, Junho de 2023

Paulo Jossias Manhengue

**REAPROVEITAMENTO DO DESPERDÍCIO DA BATATA-DOCE
(*Ipomoea batatas L*) E DAS CASCAS DE ANANÁS (*Ananás comosus L.
merril*) PARA PRODUÇÃO DA VODKA**

Trabalho de culminação do curso a
submeter no Departamento de
Produção Agrária da Escola Superior
de Desenvolvimento Rural -
Universidade Eduardo Mondlane, para
obtenção do grau de Licenciatura em
Agro- Processamento

Sob Supervisão de:

Prof. Doutor Moisés Tomás Ngome

UEM-ESUDER

Vilankulo

2023

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Paulo Jossias Manhengue, filho de Jossias Manhengue e de Apolinária Fabião Ubisse, natural de Maputo, residente na província de Maputo, distrito da matola, bairro são Dâmaso, estado civil solteiro, portador do B.I nº 110201708371B, inscrito com o código 20190479, declaro por minha honra, que o trabalho é da minha autoria, o qual foi elaborado com base na bibliografia a que faço referência ao longo do mesmo e nunca foi apresentado para obtenção de qualquer grau académico na Universidade Eduardo Mondlane ou em outra Instituição de Ensino.

Assinatura

(Paulo Jossias Manhengue)

Vilankulo, 19/06/2023

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho a mim por todo esforço revidado durante a formação e aos meus pais, Jossias Manhengue e Apolinária Fabião Ubisse (*In memory*), por todo amor e confiança que sempre me dedicaram.

AGRADECIMENTOS

Chegar até aqui não foi tarefa fácil, e desta forma humilde gostaria de agradecer às várias pessoas que contribuíram para que isso fosse possível.

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo Dom da vida.

Aos meus amados e adoráveis pais Jossias Manhengue e Apolinária Fabião Ubisse (*in memory*), por sempre me incentivarem a buscar os meus sonhos e ideais.

Aos meus queridos irmãos, Jorge Paulo (*in memory*), Olga Ubisse, e Rosa Apolinária, que apesar da distância estiverem sempre do meu lado e aos meus sobrinhos Paulo Jorge Ubisse, Leonardo Chaúque, Lino Chaúque e Juliana Covete por todo tipo de motivação, inspiração proporcionada por vocês.

À minha Namorada, Tânia da Lúcia Sinai, que para além de ser colega foi a minha psicóloga, conselheira, super amiga na verdade não sei como descrever quão foi e para sempre será uma bênção em minha vida meu AMOR.

Aos meus amigos Msc Isaías Benzane, João Buene e Eng.º Gerson Jaime por todas dicas deixadas para ter sucesso na academia.

Ao meu Supervisor Prof. Doutor Moisés Tomás Ngome, pela ajuda e orientação contribuindo com todo seu conhecimento para o desenvolvimento deste projecto, apesar da distância a sua colaboração foi fundamental para a execução deste trabalho.

Ao corpo docente da ESUDER, em particular ao Prof. Doutor Armando Abel Massingue por sempre mostrar disponibilidade em ajudar-nos, ao Eng.º Boanerges, Eng.º Sérgio Sangarote, Msc Paula Mangoba, Eng.ª Joelma Zita por contribuírem de forma positiva para minha formação.

A associação MACHUVANE em Nome de Paulo Zucula pelo financiamento para a realização do Projecto.

A Direção da FAEF em particular ao Prof. Doutor Lucas Tivana e Técnica do Laboratório Belmira, por todo auxílio no manuseamento de equipamentos durante a minha estadia para execução do experimento.

Aos colegas do grupo de estudos Artonésia Nhantumbo, Arlindo Cuna, Edilton Gomes, Pisa Macamo e Sulai Tivane por todo Suporte durante o percurso.

Aos colegas do curso de Agro processamento geração 2019, em especial Joaquim Bambi, Zacarias Bongesse (Chefe), Matias Quiraque, Artonésia Nhantumbo, Arlindo Cuna, Edilton Gomes, Pisa Macamo, Ginalda Leão, Jorge Banze, Boaventura

Mavie, Amélia Ubisse, Sarifa Lincheco, Sulai Tivane e Jamila Anastácio por todos momentos bons e maus partilhados ao longo da formação.

Aos irmãos da Igreja MEA-Expansão, Jorge Cuinhane, José Luís, Adão Zita, irmã Constância, pastor Valy, irmã Orlanda pelos ensinamentos e todo suporte espiritual.

A todos Colegas da ESUDER muito obrigado!

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATT: Acidez total titulável;

CO₂: Dióxido de carbono;

DCCR: Delineamento composto central rotacional;

EMBRAPA: Empresa brasileira de pesquisa agropecuária;

ESUDER: Escola Superior de Desenvolvimento Rural;

FAEF: Faculdade de agronomia e engenharia florestal;

FAO: Food and Agriculture Organization;

IAL: Instituto Adolfo lutz;

INE: Instituto nacional de estatística;

NaOH: Hidróxido de sódio;

°GL: Graus GAY-LUSSAC.

PET: Polietileno;

pH: Potencial Hidrogeniônico;

SST; Sólidos Solúveis Totais;

UEM: Universidade Eduardo Mondlane;

LISTA DE FIGURAS & TABELAS

Lista de figuras	Pág.
Figura 1: Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i>)	7
Figura 2: Ananás da variedade Smooth Cayenne.....	9
Figura 3: Resíduos de ananás (Casca).....	10
Figura 4: Diferentes tipos de Vodkas produzidas no Mundo e seus Rótulos.....	13
Figura 5: Via metabólica simplificada da fermentação alcoólica.....	18
Figura 6: Representação física da área de estudo.....	20
Figura 7: Comportamento de pH durante o processo fermentativo.....	36
Figura 8: Comportamento de consumo de sólidos solúveis totais.....	37
Figura 9: Comportamento de ATT durante o processo fermentativo.....	38
Figura 10: Comportamento da liberação do CO ₂ durante o processo fermentativo.....	39
Figura 11: Superfície de resposta (a) para a pH da Vodka obtida a partir da combinação de caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás.....	45
Figura 12: superfície de resposta (b) para a ATT da Vodka obtida a partir da combinação de caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás.....	46
Figura 13: superfície de resposta (c) para acidez Fixa na Vodka obtida a partir da combinação de caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás.....	47
Figura 14: superfície de resposta (f) para teor alcoólico da Vodka obtida a partir da combinação de caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás.....	50
Lista de Tabelas	
Tabela 1: Composição da batata-doce.....	9
Tabela 2: Níveis codificados e reais das variáveis independentes.....	27
Tabela 3: Matriz do planejamento experimental com níveis codificados e reais para a produção da Vodka a partir do caldo de batata-doce e caldo cascas de ananás, teve-se como base 1200 ml como 100% de volume.....	28
Tabela 4: Caracterização físico-químicas da matéria-prima.....	34
Tabela 5: Resultados da Vodka produzida em função da concentração do caldo da batata-doce e caldo de ananás, após 6h de Purificação em carvão activado.....	40
Tabela 6: Coeficientes de regressão para as respostas de pH, ATT, Ac.Fixa, Ac.Volatil, Álcool anidro e Teor alcoólico da Vodka.....	42

LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS

Lista de apêndices

Apêndice I: Processamento de caldo de batata-doce.

Apêndice II: Processamento de malte de milho.

Apêndice III: Processamento de caldo de cascas de ananás.

Apêndice IV: Preparação de inóculo.

Apêndice V: Inoculação, fermentação e avaliação dos parâmetros.

Apêndice VI: Destilação, bi- Destilação, redestilação e medição de grau alcoólico.

Apêndice VII: Purificação e filtração.

Apêndice VIII: Equipamentos utilizados para elaboração do experimento.

Lista de Anexos

Anexo I: Diagrama de Pareto chart do pH da Vodka.

Anexo II: Diagrama de Pareto chart de ATT da Vodka.

Anexo III: Diagrama de Pareto chart da acidez fixa da Vodka.

Anexo IV: Diagrama de Pareto Chart da acidez volátil da Vodka

Anexo V: Diagrama de Pareto Chart de álcool anidro da Vodka

Anexo VI: Diagrama de Pareto Chat da graduação alcoólica da Vodka

Anexo VII: Regressão múltipla para a resposta do pH da Vodka

Anexo VIII: Regressão múltipla para a resposta do ATT da Vodka

Anexo IX: Regressão múltipla para o resultado de acidez fixa da Vodka

Anexo X: Regressão Múltipla para o resultado da acidez volátil da Vodka

Anexo XI: Regressão múltipla para resultados de álcool anidro na Vodka

Anexo XII: Regressão Múltipla para o resultado da graduação alcoólica da Vodka

Anexo XIII: Tabela de Valores referente CO₂ durante o processo fermentativo

Anexo XIV: Tabela de Valores referente Ph durante o processo fermentativo

Anexo XV: Tabela de Valores referente °Brix durante o processo fermentativo

Anexo XV: Tabela de Valores referente °Brix durante o processo fermentativo

Anexo XVI: Tabela de Valores referente ATT durante o processo fermentativo

Anexo XVII: Comprovativo da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Resumo

Este trabalho foi realizado com objectivo de estudar o reaproveitamento das cascas de ananás misturadas com batata-doce para produção da Vodka, uma bebida alcoólica destilado-retificada. Para a condução do ensaio experimental foi usado o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com duas variáveis independentes (caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás), com quatro pontos factoriais, quatro pontos axiais e três repetições no ponto central, totalizando 11 tratamentos. Após a extração dos caldos seguiu o processo fermentativo usando a levedura *Saccharomyces cerevisiae* fermento biológico de panificação. Durante as fermentações foram recolhidas amostras assepticamente nos intervalos de tempo de 0, 12, 36, 60 e 108 horas para análise de Potencial Hidrogeniônico (pH), Acidez Total Titulável (ATT), Sólidos Solúveis Totais (SST) e graduação alcoólica. As análises feitas na Vodka apresentaram valor médio de pH de 4,52; ATT 9,29 mEq/L; Acidez fixa de 2,45mg/100mL; Acidez volátil de 6,84 mg/100mL; Álcool anidro 17,3 mg/100mL e o teor alcoólico teve a média de 40,45 v/v 20°C valor este que está dentro do intervalo para a graduação alcoólica estipulada para a Vodka.

Palavra-Chave: Reaproveitamento, DCCR, Fermentação, Destilação, Purificação, Vodka

Índice

I.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Contextualização	1
1.2.	Problema de estudo	3
1.3.	Justificativa.....	4
1.4.	OBJECTIVOS	5
1.4.1.	Objectivo geral.....	5
1.4.2.	Objectivos específicos	5
1.5.	HIPÓTESES.....	6
II.	REVISÃO LITERÁRIA.....	7
2.1.	Batata-doce.....	7
2.2.	Importância socioeconómica da batata-doce.....	8
2.3.	Composição da batata-doce.....	8
2.4.	Ananás.....	9
2.4.1.	Resíduos de ananás	10
2.5.	Produção de ananás e sua importância económica em Moçambique.....	11
2.6.	Bebidas alcoólicas	12
2.6.1.	Bebidas destilado-rectificadas	12
2.6.2.	Vodka.....	13
2.6.3.	Legislação brasileira	14
2.6.4.	Produção de bebidas alcoólicas a partir de substratos amiláceos	15
2.6.5.	Gelatinização.....	15
2.6.6.	Sacarificação via malte	16
2.6.7.	Fermentação alcoólica	16
2.6.8.	Estequiometria da fermentação alcoólica	18
2.6.10.	Filtração	19
III.	METODOLOGIA	20
3.1.	Local do estudo	20
3.2.	Preparação de Malte de Milho.....	21
3.2.1.	Descrição do Processo	21
3.3.	Processamento da batata-doce e Malteação	22
3.3.1.	Aquisição e Recepção da batata-doce.....	22

3.3.2.	Seleção e Pesagem	22
3.3.3.	Lavagem.....	23
3.3.4.	Redução de tamanho	23
3.3.5.	Cozimento e Maceração.....	23
3.3.6.	Arrefecimento	24
3.3.7.	Prensagem.....	24
3.3.8.	Congelamento	24
3.4.	Processamento de casca de ananás	24
3.4.1.	Obtenção da matéria-prima, pré-seleção e congelamento	24
3.4.2.	Seleção e Pesagem	25
3.4.3.	Redução de tamanho e Prensagem.....	25
3.4.4.	Tratamento térmico	25
3.4.5.	Arrefecimento	25
3.4.6.	Congelamento	26
3.5.	Fluxograma de produção de vodka	26
3.5.1.	Delineamento do Composto Central Rotacional (DCCR).....	27
3.5.2.	Preparação do Inóculo.....	29
3.5.3.	Inoculação	29
3.5.6.	Bi destilação.....	30
3.5.8.	Purificação e Filtração	30
3.5.9.	Envasamento e Armazenamento.....	31
3.6.	Análises de parâmetros físico-químicos.....	31
3.6.1.	Potencial hidrogeniónico (pH).....	31
3.6.2.	Acidez Total Titulável (ATT).....	31
3.6.3.	Sólidos Solúveis Totais (SST)	32
3.6.4.	Acidez fixa	32
3.6.5.	Acidez volátil	33
3.6.6.	Álcool anidro (equação 7).....	33
3.6.7.	Quantificação de CO ₂ em (%).....	33
3.6.8.	Gradação alcoólica.....	33
4.1.	Caracterização físico-química da matéria-prima.....	34
4.1.1.	Potencial Hidrogeniónico (pH)	34

4.1.2.	Sólidos Solúveis Totais (°Brix).....	35
4.1.3.	Acidez Total Titulável (ATT).....	35
4.2.	Cinética do processo fermentativo	36
4.2.1.	Comportamento cinético de pH durante o processo fermentativo.....	36
4.2.2.	Comportamento de consumo de sólidos solúveis totais	37
4.2.3.	Comportamento de ATT durante o processo fermentativo.....	38
4.2.4.	Produção de CO ₂ durante a fermentação	39
4.3.	Resultados da Vodka	40
4.3.1.	Superfície de resposta de pH na Vodka	45
4.3.2.	Superfície de resposta da Acidez Titulável na Vodka	46
4.3.3.	Superfície de resposta da Acidez Fixa na Vodka.....	47
4.3.4.	Superfície de resposta da Acidez Volátil na Vodka.....	48
4.3.5.	Superfície de Resposta do Álcool Anidro na Vodka.....	49
4.3.6.	Superfície de Resposta do Teor Alcoólico da Vodka.....	50
V.	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	51
5.1.	Conclusão	51
5.2.	Recomendações	51
VI.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
VII.	APÊNDICES & ANEXOS	58

I. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O crescimento da produção de vegetais e frutas associado ao facto de que parte significativa desta produção é destinada ao processamento em agro-indústrias levanta discussões relacionadas ao descarte dos resíduos provenientes do beneficiamento da matéria-prima nessas indústrias (MENDES, 2013). Segundo O'SHEA, ARENDT & GALLAGHER (2012) no processamento de frutas e vegetais aproximadamente um terço do volume destes alimentos é descartado, ocasionando a geração de uma grande quantidade de resíduos, ao mesmo tempo em que limita a utilização do potencial nutricional máximo do produto.

As cascas, coroas e cilindros do ananás são considerados rejeitos pela indústria de celulose e se destacam por seu alto teor de açúcar (especialmente pectina), fibra e razoável teor de proteína. A parte comestível representa 22,5% a 35% da fruta, e o restante é geralmente descartado após o processamento industrial (ROGÉRIO *et al.*, 2004).

A cultura da batata-doce, além de constituir alimento humano de bom conteúdo nutricional, principalmente como fonte de energia, tem grande importância na alimentação animal e na produção industrial de farinha, amido e álcool. Este facto, aliado ao conhecimento do processo de hidrólise enzimática do amido em açúcares fermentescíveis, permite a transformação desta matéria-prima em etanol (EMBRAPA, 2022).

Estima-se que do total da produção por hectare de batata-doce, 20 a 28% são desclassificadas ou rejeitadas na colheita, por falta de tamanho adequado, ou por apresentarem defeitos externos ou danos mecânicos. Uma das alternativas de aproveitamento dessas perdas e do excedente da produção poderia ser a utilização de batatas para a produção da Vodka (MENEZES, 2014).

Vodka é a bebida com graduação alcoólica de trinta e seis a cinquenta e quatro por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida de álcool etílico potável de origem agrícola ou de destilado alcoólico simples de origem agrícola retificado (BRASIL, 2009).

Para a produção de vodca, o álcool etílico potável é tratado com carvão ativado para diminuir sua concentração de congêneres e, conseqüentemente, minimizar suas características sensoriais. Isso pode ser feito mediante dispersão e agitação de carvão ativado no álcool etílico potável e posterior filtração ou mediante circulação contínua do álcool etílico potável através de carvão ativado empacotado em colunas de desodorização (VENTURINI FILHO, 2016).

Contudo o presente estudo teve como objectivo produzir a Vodka a partir da batata-doce misturada com cascas de ananás, com vista a reduzir o impacto ambiental causado pelo mesmo e agregar valor ao produto final.

1.2. Problema de estudo

Desperdício de alimentos refere-se a descarte da parte não consumida dos alimentos que podem ocorrer em toda a cadeia de suprimento de alimentos. Estima-se em cerca de 1,6 bilhão de toneladas por ano de frutas e hortaliças possuírem as maiores taxas de desperdício entre os resíduos alimentares (FAO, 2017).

Segundo MIRANDA *et al.*, (2015) o ananás apresenta-se como um fruto perecível e vulnerável a amassamentos durante o seu transporte que condicionam nas perdas pós-colheita. Sendo uma das frutas mais populares do mundo. Seu consumo é baseado apenas no suco ou da fruta “in natura”. Os resíduos como, a casca e coroa, são desperdiçados causando um grande impacto negativo quando descartados no meio ambiente.

Segundo SANJAIRAJ *et al.*, (2012), reconhece que um dos desafios da actualidade é a busca pela redução de perdas de alimentos que acontece ao longo da produção, colheita, pós-colheita e comercialização.

O aproveitamento industrial do ananás em Moçambique ainda é muito baixo frente ao seu consumo in natura, devem ser feitas buscas de alternativas para o seu uso, planejando o aproveitamento em excesso de Campanha Agrícola, sobretudo pela indústria, para a fabricação de produtos não tradicionais. Na maioria das vezes, os resíduos são usados para alimentação de animais e descartá-los no solo como fertilizantes, causando a poluição do meio ambiente.

Com os problemas acima supracitados surge as seguintes Perguntas:

Até que ponto o uso das cascas de ananás na produção da Vodka de batata-doce, podem influenciar nas características físico-químicas e no teor alcoólico?

1.3. Justificativa

Os resíduos de casca de frutas, correspondem até 50% do peso total dos frutos, são simplesmente descartados no lixo ou incinerados, portanto, a utilização posterior desses subprodutos pode ajudar a reduzir o desperdício e os problemas ambientais. Este material tem grande potencial para ser aplicado em produtos de panificação e produção de bebidas fermentadas, pois contém uma quantidade considerável de compostos bioactivos, açúcares, minerais, fibras e fenóis, o que possibilita actividades nutricionais, antimicrobianas e antivirais significativas (HANANI *et al.*, 2018).

Sendo assim, o aproveitamento dos resíduos provenientes do processamento de frutas é uma alternativa para redução das perdas nas agro-indústrias, geralmente são utilizadas apenas as tecnologias de desidratação de resíduos para a secagem do produto e a trituração para a transformação em farinha (ALVES, *et al.*, 2011).

Este trabalho justifica-se por possibilitar a utilização dos resíduos de ananás (cascas) na produção da Vodka de batata-doce com objectivo de melhorar as características físico-químicas e no teor alcoólico contribuindo na redução da poluição ambiental gerada pelo mesmo e agregar valor ao produto final.

1.4. OBJECTIVOS

1.4.1. Objectivo geral:

- Estudar o reaproveitamento do desperdício da batata-doce e das cascas de ananás para produção de Vodka

1.4.2. Objectivos específicos:

- Realizar o estudo cinético da fermentação alcoólica usando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*;
- Determinar os parâmetros físicos-químicos no processo de produção de vodka;
- Analisar o efeito da concentração da batata-doce e da casca de ananás na produção de vodka;
- Determinar o teor alcoólico de vodka produzida.

1.5. HIPÓTESES

1.5.1. Hipótese Nula

(**H₀**): O uso das cascas de Ananás (*Ananás comosus L. merril*) na produção da Vodka de batata-doce, não influencia nas características físico-químicas e no teor alcoólico;

1.5.2. Hipótese Alternativa

(**H₁**): O uso das cascas de Ananás (*Ananás comosus L. merril*) na produção da Vodka de batata-doce, influencia nas características físico-químicas e no teor alcoólico;

II. REVISÃO LITERÁRIA

2.1. Batata-doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é uma espécie de elevado valor económico e alimentício e pode ser considerada uma das fontes de segurança alimentar de inúmeras populações rurais como cultura de subsistência, principalmente daquelas situadas em regiões pobres. Trata-se de uma cultura rústica com grande potencial para o desenvolvimento tecnológico, sendo originária das regiões tropicais da América Central e do Sul (EMBRAPA, 2022).

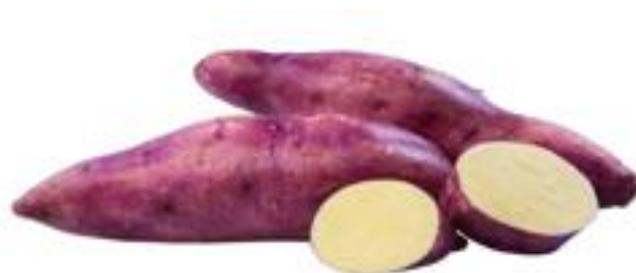


Figura 1: Batata-doce (*Ipomoea batatas*)

Fonte: *Journal of Food Science*, 2002.

A cultura da batata-doce apresenta elevada adaptabilidade ao ambiente tropical, com grande importância na alimentação humana, principalmente como fonte de carboidratos, além do expressivo potencial para ração animal, industrialização de amido e fabricação de álcool combustível (SILVA *et al.*, 2002).

O cultivares difere umas das outras pela cor da epiderme radicular (branca, creme, amarela, vermelha), na cor da polpa das raízes, no tamanho e forma das raízes, período de maturação, resistência a pragas e doenças e textura das raízes (ROSSEL *et al.*, 2008).

Em Moçambique, a batata-doce é produzida desde a zona sul até a zona norte, sendo que nos últimos tempos vários estudos foram realizados pelo Instituto de Investigação Agrária de Moçambique como objectivo de aumentar o teor de vitamina-A na batata-doce (MACHINE, 2019). Nesse âmbito, foram desenvolvidas e introduzidas 15 Variedades de batata-doce polpa alaranjada que apresentam alto nível de vitamina-A (MACHINE, 2019). Em termos de volume de produção mundial, a cultura da batata-

doce ocupa o sétimo lugar, mas é a décima quinta em valor de produção, o que indica ser universalmente uma cultura de baixo custo de produção (CHEN *et al.*, 2002).

2.2. Importância socioeconómica da batata-doce

A família das Convolvuláceas agrupa aproximadamente 50 géneros e mais de 1000 espécies. Dentre estas espécies, somente a batata-doce (*Ipomea batatas L.*) tem cultivo de expressão económica (LEONEL, 2005). A batata-doce apresenta as seguintes características: é resistente à seca, é de fácil cultivo; de fácil manutenção apresenta baixo custo de produção; permite colheita prolongada; apresenta resistência a pragas e doenças; é mecanizável e protectora do solo, sendo desta forma considerada rústica. (BORBA, 2005).

A presença de diversas de vitaminas e minerais faz desse tubérculo um alimento altamente nutricional e ideal para o consumo e obtenção de subprodutos mais atractivos. Entretanto, quando comparada como arroz, milho, banana e sorgo, é cultivada em regiões tropicais, é mais eficiente em termos de quantidade de energia líquida produzida por unidade de área e por unidade de tempo (CAPRILES, 2011). Isso ocorre porque a planta produz grande quantidade de raízes em um ciclo relativamente curto (120 a 150 dias) custo baixo, durante o ano inteiro (CEREDA, 2002).

2.3. Composição da batata-doce

Independente da variedade de batata-doce, quando comparada com outras estruturas vegetais amiláceas, possui, por exemplo, maior teor de matéria seca, carboidratos, lipídios, cálcio e fibras do que a batata branca, mais carboidratos e lipídios do que o inhame e mais proteína do que a mandioca. Aliado ao suprimento de vitaminas, principalmente as do grupo A e B, torna-se um importante complemento alimentar (EMBRAPA, 2008). Na tabela 1 tem-se a composição da batata-doce.

Tabela 1: Composição da batata-doce

Composição por 100gramas de parte comestível: Centesimal, minerais e Vitaminas	Descrição do Alimento	
	Batata-doce Cozida	Batata-doce Crua
Humidade (%)	80,4	69,5
Energia (kcal)	77	118
Proteína (g)	0,6	1,3
Lipídeos (g)	0,1	0,1
Carboidrato (g)	18,4	28,2
Fibra Alimentar (g)	2,2	2,6
Cinzas (g)	0,4	0,9
Cálcio (mg)	17	21
Magnésio (mg)	11	17

Fonte: TACO, 2011

2.4. Ananás

O ananás, denominação pelo qual a mesma é conhecida tanto a planta como o fruto. A Planta pertencente à família Bromeliáceas, subfamília Bromelioideae, e género *Ananás*. Por apresentar sabor e aroma agradáveis e ser rica em carboidratos, vitaminas e minerais, é a espécie da família bromeliácea com maior importância económica. Comercializada na sua forma in natura, é também muito utilizada como matéria-prima para diversos produtos alimentícios, como doces, geleias, sorvetes, bebidas, entre outros (CRESTANI *et al.*, 2010).



Figura 2: Ananás da variedade Smooth Cayenne

Fonte: (JUNGHANS, 2015; JUNGHANS, 2021)

2.4.1. Resíduos de ananás

Os principais resíduos do ananás menos processado são a coroa, casca, a extremidade e cilindro central. O peso da casca do ananás "pérola" corresponde ao peso do cilindro central e, corresponde, por 38% do peso total (SARZI *et al.*, 2002).



Figura 3: Resíduos de ananás (Cascas)

Segundo RIBEIRO *et al.*, (2011), o produto das porções polpa, casca e cilindro central de ananás “pérola” é de 44,10%, 18,96% e 14,58%, respectivamente. As cascas, coroas e cilindros dos ananases são considerados rejeitos pela indústria de celulose e se destacam por seu alto teor de açúcar (especialmente pectina), fibra e razoável teor de proteína. A parte comestível representa 22,5% a 35% da fruta, e o restante é geralmente descartado após o processamento industrial (ROGÉRIO *et al.*, 2004).

O aproveitamento industrial do ananás ainda é baixo frente ao seu consumo in natura, devendo ser feitas buscas de alternativas para o seu uso, planejando o aproveitamento em excesso de safras, sobretudo pela indústria, para a fabricação de produtos não tradicionais (ARAÚJO *et al.*, 2015). Dessa forma, é possível usar os resíduos para o animal e descartá-lo no solo, como fertilizantes, porém essas opções não utilizam totalmente seu potencial (GIL & MAUPOEY, 2018).

A casca de ananás contém um teor de nutrientes mais alto que a polpa, na qual o conteúdo mineral é responsável por cerca de 4%, e o teor de fibra alimentar é responsável por cerca de 20% (NERES, SOUZA & BEZERRA, 2015). Através de outros estudos, constatou-se que a casca apresenta lipídios, fibras, cálcio, proteínas e potássio a mais do que existente na polpa (GONDIM *et al.*, 2005). A utilidade dela na alimentação humana é uma boa alternativa para o reaproveitamento do fruto, pois

contém proporções aproximadas às da polpa de proteína bruta, lipídios e matéria mineral e um maior teor de fibras e menor valor calórico (LIMA *et al.*, 2017).

Em concordância com os resultados e o aumento da percentagem da casca elaborada no seguimento ocorre a possibilidade de uma melhor opção de exploração deste resíduo, empregado na confecção de doces, visto que é composta pelo teor de fibras e de nutrientes, como apontado por (LIMA *et al.*, 2017).

De acordo com SANTINI. (2013), essa apresenta abundantes nutrientes, como lipídeos, proteínas, vitamina C, fibras, potássio, fósforo e cálcio quando comparado a polpa. Aplicando-o a casca de ananás na produção de geleia (SANTINI *et al.*, 2013), bolo (MARTIN *et al.*, 2012) e farinha (MORENO, 2009). A casca do ananás apresenta acção antioxidante, actua como anti-inflamatório e auxilia na digestão dos alimentos, além de conter grande aceitação sensorial por parte dos consumidores (MANETTI, 2009).

Dentre esses, o ananás é uma fruta que seu valor nutritivo é o valor energético, devido a sua composição de carboidrato. Os teores de proteína e de matéria graxa são inferiores a 0,5%, apresentando baixa fonte de vitamina C em relação a outras fontes. Além de não apresentar outros nutrientes em quantidades significativas, o mesmo merece destaque pela sua actividade proteolítica, que se estabelece como coadjuvante da digestão dos alimentos e, da mesma forma, como matéria-prima para a extracção da enzima bromelina, que têm uma extensa aplicabilidade na indústria de alimentos (PECOSCH, 2011).

2.5. Produção de ananás e sua importância económica em Moçambique

O ananás apresenta grande importância económica não só pelas suas qualidades nutricionais e sensoriais, mas também por sua rentabilidade e importância social, devido seu cultivo exigir intensiva mão-de-obra (INE, 2011).

Em Moçambique ananás é considerado um produto de alto valor económico e nutricional, constituindo deste modo uma das principais fontes de renda da população envolvida na sua produção. O centro do país tem maior destaque as províncias de Sofala e Zambézia. O distrito de chibabava conta com cerca de 1600 produtores de ananás, que tem a produção média anual cerca de 54 mil toneladas em uma área de 5000 hectares e no distrito de Muanza cerca de 15 hectares são explorados para a produção desta cultura. O distrito de Nicoadala, a semelhança dos outros distritos da Zambézia, tem um

excelente potencial para a produção do ananás, chegando as associações de camponeses e individuais a colher cerca de 20 toneladas por ano (INE, 2011).

2.6. Bebidas alcoólicas

De acordo com a legislação brasileira em vigor as bebidas alcoólicas são classificadas em: Fermentadas (Cerveja e Vinho), por Misturas (Licor, amargo e aperitivo, aguardentes compostas e bebidas mistas), destiladas (Cachaça, Rum, Whisky e conhaque) e destilo-rectificadas (Vodka e Gin) (AQUARONE *et al.*, 2007).

As bebidas alcoólicas diferem organolepticamente, sendo que esta diferença é causada especialmente pelas matérias-primas usadas e teores alcoólicos, sendo que todas resultam de um processo bioquímico conhecido como fermentação alcoólica. Ela ocorre em uma sequência de reacções, em que os microrganismos (leveduras), agem sobre os açúcares fermentescíveis, formando, essencialmente, etanol (álcool etílico) e também gás carbónico. As cepas mais usadas para a elaboração deste álcool são *Saccharomyces cerevisiae*, espécies relacionadas também e *Schizo saccharomyces pombe* (FILHO & LIMA 2011).

2.6.1. Bebidas destilo-rectificadas

As bebidas destilo-Rectificadas são obtidas do etanol de alta pureza, denominada de álcool etílico potável que é obtida a partir das matérias-primas agrícolas, que pode ser grão (cevada, trigo, arroz e milho), tubérculos (batata-doce e Reno) raízes (mandioca) ou Melaço. As bebidas destiladas podem ser classificadas como congenéricas ou não congenéricas. As congenéricas, representadas pelo whisky, conhaque, cachaça e rum possuem padrões definidos quanto às matérias-primas utilizadas e às condições de fermentação, destilação e envelhecimento. As não congenéricas, representadas pela Vodka e Gim, são provenientes da rectificação de um destilado que pode ser obtido de várias matérias-primas (VENTURINI FILHO, 2016).

2.6.2. Vodka

A vodka é uma bebida originária da Polónia e da Rússia, tendo sido desenvolvida, provavelmente, no século XIV. No século XVII, espalhou-se por toda Europa oriental e no Século XVIII foi desenvolvido um método de Purificação do álcool utilizando carvão oriundo da lenha. Actualmente é produzida em diversos países do mundo, porém as marcas mais famosas são produzidas na Europa Oriental. É a bebida destilado-rectificada mais consumida no mundo (ALCARDE, 2010).



Figura 4: Diferentes tipos de Vodkas produzidas no Mundo e seus Rótulos

Fonte: <https://www.absolut.com/br/products/absolut-vodka>

Vodka é a bebida com graduação alcoólica de trinta e seis a cinquenta e quatro por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida de álcool etílico potável de origem agrícola ou de destilado alcoólico simples de origem agrícola rectificado (BRASIL, 2009).

Actualmente, o mercado traz diversas vodkas com aromas mais atraentes ao público, como uva, maracujá e cereja por exemplo. Geralmente, o processo de fabricação consiste em cozimento, sacarificação, fermentação e também a destilação que pode ocorrer várias vezes (FILHO, 2016). Na produção da vodka, ocorre a destilação e sequencialmente a rectificação para que ocorra a retirada dos elementos voláteis, o que causa o aumento da graduação alcoólica. Logo depois, ocorre também a filtração com filtros de carvão activado para que ocorra a diminuição das propriedades sensoriais indesejáveis, como aroma forte e gosto desagradável. Nesta bebida, pode ocorrer a adição de aromatizantes naturais que tenha origem de vegetal e açúcares que pode ter graduação de até 2 g/L (FILHO & LIMA 2011).

2.6.3. Legislação brasileira

Segundo instrução normativa n° 78, de 24 de Abril de 2008 (BRASIL, 2008), estabelece os padrões de identidade e qualidade para vodka, o regulamento técnico aplica-se à vodka comercializada em todo território Nacional.

Vodka é a bebida com graduação alcoólica de 36 a 54% em volume, a 20°C, obtida de álcool etílico potável de origem agrícola, ou destilados alcoólicos simples rectificadas, seguidos ou não de filtração, por meio de carvão activado, como forma de atenuar características organolépticas da matéria-prima original, podendo ser aromatizada com substâncias naturais de origem vegetal e adicionada de açúcares até 2 g.L⁻¹.

Será denominada de Vodka a bebida preparada por meio de processo tecnológico adequado que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo ou que tenha sido adicionada de aroma natural que não altere a sua coloração original.

Os ingredientes utilizados na produção da Vodka são:

1. Ingredientes básicos- Álcool etílico potável de origem agrícola ou destilado alcoólico simples de origem agrícola rectificado;
2. Ingredientes opcionais – aroma natural, água e açúcares.
3. A água utilizada deves obedecer às normas e aos padrões aprovados em legislação específica para água potável e estar condicionada, exclusivamente, à padronização da alcoólica do produto final;
4. O açúcar aqui permitido é a sacarose, a qual poderá ser substituída total ou parcialmente por frutose, maltose, açúcar invertido, glicose e seu xarope;
5. A soma do coeficiente de congêneres (acidez volátil, aldeídos, ésteres, álcoois superiores, expressos pelo somatório dos mesmos, e furfural expressos em miligramas por cem mililitros de álcool anidro), deverá possuir um valor máximo de 50 mg/ 100 mL de álcool anidro;
6. O álcool metílico deverá possuir um valor máximo de 20 mg/ 100mL de álcool anidro;
7. Concentração de cobre (Cu) não deverá ser superior a 5 mg. L⁻¹ álcool anidro.

2.6.4. Produção de bebidas alcoólicas a partir de substratos amiláceos

Todos os materiais amiláceos requerem um processo de cozimento para diluição e gelatinização do amido, e, em seguida, de sacarificação ou hidrólise no qual o amido é transformado em açúcares fermentescíveis. Essa hidrólise pode ser por maltagem, por adição de enzimas ou pela acção de ácidos (MACHADO *et al.*, 2012).

Na produção de etanol, para a obtenção do hidrolisado de amido, as batatas-doces devem ser lavadas e cortadas para posterior trituração e adição de água, submetendo ao aquecimento a 90°C para geleificação do amido. No processo, é acrescentada a enzima α -amilase, na concentração de 1,5 mL/kg de batata, mantendo-se a mistura nessa temperatura por 1 hora. O pH deve ser ajustado para permitir a actuação da gluco amilase. Na sacarificação é adicionada a levedura *Saccharomyces cerevisiae* para fermentação. A separação dos componentes é realizada por meio de destilação, onde a mistura é aquecida até a fervura, e os vapores resfriados até se tornarem líquidos novamente. Dados indicam ser possível obter 158 litros de álcool a partir de uma tonelada de batata-doce (SCHWEINBERGER *et al.*, 2016) Apresenta resultado semelhante de obtenção de 160,03 L de etanol para cada tonelada de batata-doce.

2.6.5. Gelatinização

O fenómeno da gelatinização é quando os grânulos são aquecidos em água quente até uma determinada temperatura, eles incham irreversivelmente ocorrendo a perda da cristalinidade, ocasionando a formação de uma goma viscosa. Existem diferenças nas temperaturas de gelatinização ente os amidos, isto pode ser atribuído pelas diferenças no grau de cristalinidade existente em cada tipo de amido. Elevadas temperaturas de gelatinização têm sido relatadas em amido com alto grau de cristalinidade, pois este proporciona estabilidade estrutural e faz com que o grânulo seja mais resistente (BARICHELO *et al.*, 2015).

Geralmente utiliza-se alta temperatura na gelatinização do amido, ou seja, entre 90 a 120°C, para assegurar a gelatinização completa e uma hidrólise eficiente (SRICHUWONG *et al.*, 2012).

A gelatinização permite que as enzimas penetrem facilmente nas estruturas do amido, contribuindo, assim para uma reacção mais eficiente (HANSEN *et al.*, 2008).

As moléculas de amido gelatinizadas são, então, simultaneamente hidrolisadas em dextrinas solúveis, em virtude da acção de enzimas α -amilase, que serão, ainda, mais hidrolisadas em glicose por amiloglicosidade durante o processo de sacarificação (SRICHUWONG *et al.*, 2012).

2.6.6. Sacarificação via malte

Malte é um cereal germinado em condições especiais de humidade, temperatura e aeração. Durante a germinação ocorrem modificações físicas, bioquímicas e químicas no cereal, causadas por fenómenos vitais. Caracterizam-se, respectivamente, pela germinação do embrião, secreção de enzimas e transformações que elas ocasionam, tais como a solubilização do amido, difusão, absorção e dissolução das substâncias utilizadas. Para que se possa fazer reagir as enzimas sobre o material amiláceo, é necessário que este se encontre sob a forma de goma (gelificado). Para isso os grãos passam por uma série de operações que inicia por uma pesagem e prossegue com moagem, hidratação e cozimento (BORZANI *et al.*, 2014).

A habilidade de converter açúcares em etanol é característica de um pequeno grupo de microrganismos, sendo *Saccharomyces cerevisiae*, dentre as leveduras, as que mais se destacam pela alta produção e tolerância a concentrações elevadas de etanol, rápido crescimento, metabolização eficiente de açúcares, habilidade na produção e consumo de etanol, tolerância a baixos níveis de oxigénio, osmotolerância, tolerância a grandes variações de temperatura e actividade celular em ambientes ácidos que são fundamentais na utilização industrial (ANDRIETTA *et al.*, 2016).

As leveduras *Saccharomyces cerevisiae* necessitam de fonte de carbono elaborada, como glicose ou outro açúcar, que irá fornecer energia química e o esqueleto carbónico de suas estruturas celulares.

2.6.7. Fermentação alcoólica

A fermentação alcoólica caracteriza-se como uma via catabólica, na qual há degradação de moléculas de açúcar (glicose ou frutose), no interior da célula de microrganismos (levedura ou bactéria), até a formação de etanol e CO₂, havendo liberação de energia química e térmica (NELSON *et al.*, 2014).

A transformação de açúcares em álcool é feita através da fermentação, sendo a levedura *Saccharomyces cerevisiae* amplamente utilizada no processo (CARVALHO *et al.*, 2008).

A fermentação ideal ocorre com o mosto numa concentração de açúcar em torno de 14 a 16 °Brix e tem duração média de 24 horas. Teores de açúcar acima de 16 °Brix podem acarretar fermentações mais lentas e frequentemente incompletas (PATARO *et al.*, 2010).

É normal que uma pequena percentagem de açúcar seja convertida em outros produtos como glicerol, ácidos orgânicos (sucínico, acético, láctico, butírico, etc.), álcoois superiores (amílico, isoamílico, butílico, isobutílico, propílico e isopropílico), aldeídos, ésteres, entre outros compostos voláteis (JANZANTTI, 2004).

O processo descontínuo de fermentação apresenta três fases bem distintas: a fase preliminar, a fase principal ou tumultuosa e, por fim, a fase complementar (REGULY, 1998; LIMA *et al.*, 2001):

- A fase **preliminar**, denominada de *fase lag*, tem o seu início no momento em que ocorre o contacto da levedura com o mosto. Nesta fase ocorre uma intensa reprodução das leveduras, sendo facilitada pela aeração do mosto. Ocorre pequena elevação da temperatura e pequeno desprendimento de dióxido de carbono.
- A fase **principal ou tumultuosa**, é caracterizada pela liberação intensa de CO₂, acontece o aumento de etanol e a diminuição do °Brix, uma observação importante é que para ao mosto amilases e necessário a adição de agitação para que possa ocorrer a liberação de CO₂. Essa é fase de maior tempo de duração. Ocorre rápida elevação da temperatura, ocorre o aumento da percentagem de álcool e acidez.
- Por fim, a fase **complementar** na qual ocorre à diminuição da intensidade de desprendimento do CO₂, diminuição da densidade do vinho e a concentração de açúcares chega ao fim.

2.6.8. Estequiometria da fermentação alcoólica

Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) foi um físico e químico francês que teve grande contribuição para a Lei dos Gases. Desenvolveu também a Lei Volumétrica, que se baseia na reacção entre oxigénio e hidrogénio, sendo usada como medida de volume de álcool, em especial em bebidas alcoólicas, é expressa em graus Gay-Lussac (°GL), determinou a estequiometria da reacção da fermentação, em que 1 g de glicose origina 0,511g de etanol (SILVA, 2000).

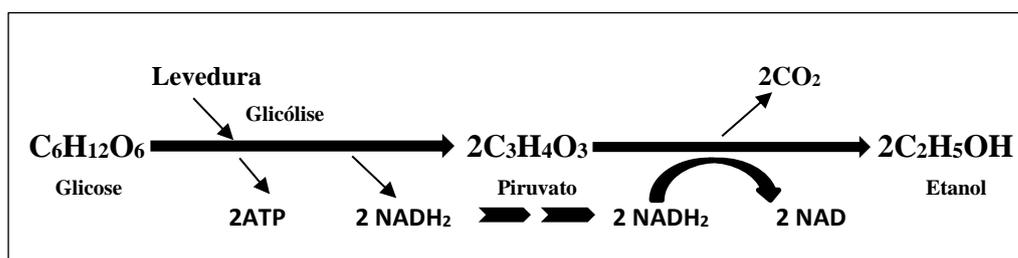


Figura 5: Via metabólica simplificada da fermentação alcoólica.

Fonte: AQUARONE *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2010

Concluída a fermentação do mosto, obtém-se o vinho, que apresenta diversos constituintes de natureza gasosa, líquida e sólida, em virtude das transformações que se desenvolveram durante a fermentação. O vinho adequadamente decantado, com teores de 5-10% de etanol, 89-94% de água e 2-4% de outros componentes, é submetido ao processo de destilação (VENTURINI FILHO, 2016).

2.6.9. Destilação

O vinho produzido pela levedura, durante a fermentação, é constituído de água em maior quantidade, etanol em menor quantidade e diversos compostos secundários (BOZA; HORII, 2018). Para atender às exigências legais que determina a vodka como uma bebida com a graduação alcoólica entre 36 a 54% em volume, o vinho deve ser destilado com o objectivo de aumentar o teor alcoólico e eliminar esses compostos secundários, conferindo qualidade ao produto final.

Destilação é o processo de volatilizar líquidos pelo aquecimento, condensando-os a seguir, objectivando especialmente a purificação ou formação de produtos novos por decomposição de fracções (VENTURINI FILHO, 2016).

Na destilação, uma alimentação contendo dois ou mais componentes é separada em dois ou mais produtos, geralmente sendo um destilado, no topo, e um produto de fundo, cujas composições diferem daquela da alimentação (SEADER, 2011).

Os compostos voláteis destilam segundo três critérios: ponto de ebulição, afinidade com álcool/ água e teor alcoólico no vapor, durante a destilação. Em função do grau de Volatilidade, o destilado é dividido em três fracções: Cabeça, Coração e Cauda (LÉAUTÉ, 2009).

A separação das fracções cabeça, coração e cauda, durante a destilação, são de grande importância na produção de bebidas destiladas em alambiques. Ao se separar as fracções voláteis, por meio de cortes no destilado, extraem-se os compostos indesejáveis pela cabeça, essa fracção corresponde aos primeiros vapores e corresponde de 1 a 10% do volume total do destilado, essa fracção apresenta elevada graduação alcoólica (65-70% de etanol) e é rica em ésteres, aldeídos, metanol, acetato de Etila e outros compostos voláteis (CARDOSO, 2013).

A fracção coração corresponde ao destilado desejado, e o limite de recolhimento depende do teor alcoólico desejado para o produto final. A fracção cauda é, também, denominada de “água fraca”, corresponde a 10% do total a ser destilado, constituída por elementos mais pesados, menos voláteis que o etanol e com maior afinidade com água, tais como furfural e álcoois superiores (CARDOSO, 2013).

2.6.10. Filtração

No processo de produção de vodka, ela é tratada com carvão activado, para diminuir sua concentração de congéneres e, conseqüentemente, minimizar suas características sensoriais. Esse processo pode ser feito, mediante a dispersão e agitação de carvão activado na bebida e posterior filtração ou mediante a circulação continua desta por carvão activado empacotado em colunas de desodorização. Os efeitos na redução de congéneres da bebida dependem do tipo de carvão activado utilizado. Normalmente os produtores utilizam colunas de depuração do álcool potável, preenchidas com diferentes tipos de carvão activado (ALCARDE, 2010).

III. METODOLOGIA

3.1. Local do estudo

O presente estudo foi conduzido na Faculdade de agronomia e Engenharia florestal (FAEF-UEM) no Laboratório de tecnologia pós-colheita e tecnologia de alimento. Localizada na cidade de Maputo, província do mesmo nome, durante o período de Novembro 2022 a Fevereiro de 2023.

As matérias-primas como batata-doce, cascas de ananás e Açúcar, foram adquiridas no mercado municipal Patrice Lumumba, os grãos de milho e a levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) foram adquiridos no laboratório de alimentos da ESUDER, o carvão activado foi fornecido pelo laboratório de Tecnologia pós-colheita e tecnologia de alimento da FAEF.

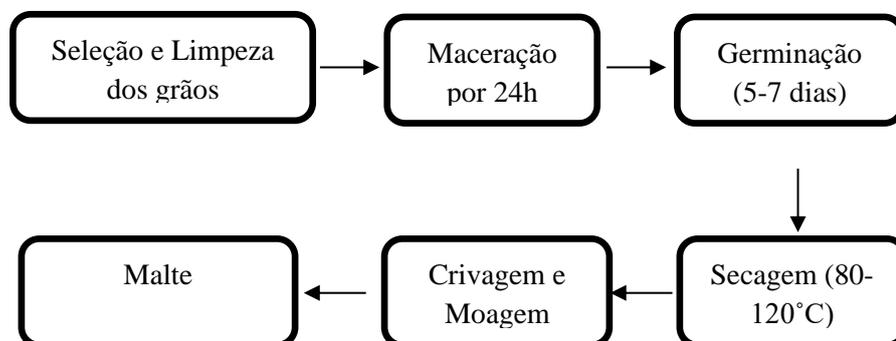
As análises dos parâmetros físico-químicas da matéria-prima (caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás), assim como dos fermentados (Vinho) e da Vodka foram realizadas no mesmo laboratório da instituição acima referida, onde foram determinados parâmetros como pH, ATT, SST, Teor Alcoólico, acidez fixa, volátil e álcool anidro.



Figura 6: Representação física da área de estudo

3.2. Preparação de Malte de Milho

Abaixo é apresentado o fluxograma de Preparação do Malte de Milho



3.2.1. Descrição do Processo

Os grãos de milho foram peneirados e submetidos a uma selecção para a remoção de componentes estranhos e grãos deteriorados. Os grãos seleccionados passaram por uma higienização em água corrente até que a água ficasse bem limpa após a lavagem. E em seguida, a água foi removida com auxílio de uma peneira metálica, os grãos lavados foram colocados em uma bacia plástica para maceração, sendo este completado com água destilada de forma a cobrir todos os grãos de milho, onde permaneceram por 24h a temperatura ambiente.

O processo germinação foi realizado em uma estufa com aeração forçada da marca (MEMMART) há uma temperatura controlada inicial de 20 °C, e depois foi elevada para 25° C por 48h após o início do processo da germinação, processo este caracterizado por diversas modificações físicas, bioquímicas e químicas no cereal, sendo uma delas a acção de enzimas (amílases), que converterão o amido em uma forma de açúcar fermentescível chamado maltose. Com vista a manter a humidade dos grãos utilizou-se um borrifador de água em uma frequência de 12 em 12 horas e este processo teve a sua duração máxima de 168 horas. A germinação buscou a activação e o desenvolvimento de enzimas.

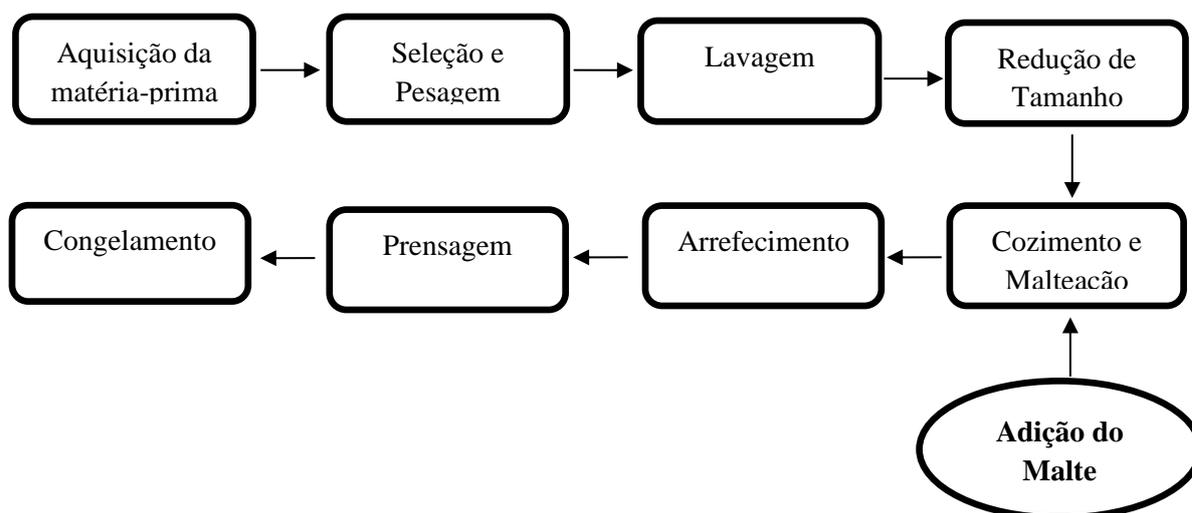
A secagem dos grãos foi feita em uma estufa com aeração forçada da marca (MEMMART), tendo iniciada no momento em que houve modificações nos grãos, quando as radiculares atingiram três quartos do tamanho do grão. A secagem obedeceu à seguinte sequência: 40 °C por 24 horas; 50 °C por 12 horas; 55 °C por 4 horas; e, por

fim, a última etapa de secagem foi realizada em duas temperaturas diferentes, 85 °C por 6 horas ou 105 °C por 4 horas.

Em seguida, procedeu-se à crivagem, que consistiu na retirada da radícula do malte esfregando-se o malte sobre uma peneira fina de forma a remover a parte indesejável, para a moagem dos grãos foi utilizada um micro moageiro eléctrico com seus órgãos activos a base de lâminas da Marca (COSUAI). Após a moagem, o malte de milho foi armazenado em uma embalagem de vidro fechada a temperatura ambiente até o dia da sua utilização (EVANGELISTA, A. F. *et al.*, 2005).

3.3. Processamento da batata-doce e Malteação

Abaixo é apresentado o fluxograma de processamento de batata-doce e Malteação



3.3.1. Aquisição e Recepção da batata-doce

Para o estudo, foi utilizada a batata-doce do cultivar branca, adquirida no mercado municipal Patrice Lumumba distrito da matola, numa quantidade de 7,5 kg, onde foi transportada em sacos plásticos até o laboratório de Tecnologia pós-colheita e tecnologia de alimento da FAEF-UEM, em seguida iniciou-se o seu processamento.

3.3.2. Seleção e Pesagem

As batatas antes de sofrerem qualquer operação de processamento, foram previamente seleccionadas, observando-se suas características exteriores como cor,

danos físicos, ocasionados durante o transporte, podridões, ferimentos causados por patógenos, cheiro, estado da casca. E em seguida as batatas previamente seleccionadas foram submetidas ao processo de pesagem, para se saber a quantidade da matéria-prima a ser processada, este processo foi feito com auxílio de uma Balança Analógica da Marca (HOYCA) com a capacidade de 10kg.

3.3.3. Lavagem

As Batatas-doces previamente seleccionadas foram lavadas em água corrente para a retirada das sujidades mais grosseiras. Após a lavagem estas foram colocadas para escorrimento de água e enxugadas com pano toalha para retirada do excesso de humidade externa e em seguida colocada em bacia de polietileno.

3.3.4. Redução de tamanho

O processo de redução de tamanho foi feito manualmente com o auxílio de raspadeiras de cozinha, esse processo foi feito para que as células dos tubérculos sejam rompidas, liberando os grânulos de amido e obtenção da massa para que o processo de malteação fosse eficiente.

3.3.5. Cozimento e Maceração

Esta etapa foi caracterizada pelo objectivo da conversão do amido em açúcares fermentescíveis. Nesta etapa pesou-se 4 kg de massa da batata-doce e adicionou-se 5 litros de água destilada em uma panela de inox e colou-se no fogão eléctrico a fogo baixo.

O processo de extracção por maltagem dos princípios activos desejáveis (açúcares fermentáveis-maltose) ocorreu em três etapas cujas principais diferenças estão relacionadas a temperatura e ao tempo de contacto. Buscando preservar as enzimas activadas na maltagem, a primeira extracção foi conduzida empregando menor temperatura, em torno de 60 a 65 °C, por 30 minutos com adição de 50g de malte. A segunda e terceira extracção tiveram como objectivo aumentar a eficiência da extracção, onde foram empregues temperaturas superiores entre 75 a 95 °C por 15 min com a dicção 40g de malte. Para o controlo da temperatura durante as etapas usou-se a o termómetro de expansão volumétrica.

3.3.6. Arrefecimento

Após a extracção aquosa o conteúdo foi arrefecido em condições de Temperatura Ambiente até 35 °C.

3.3.7. Prensagem

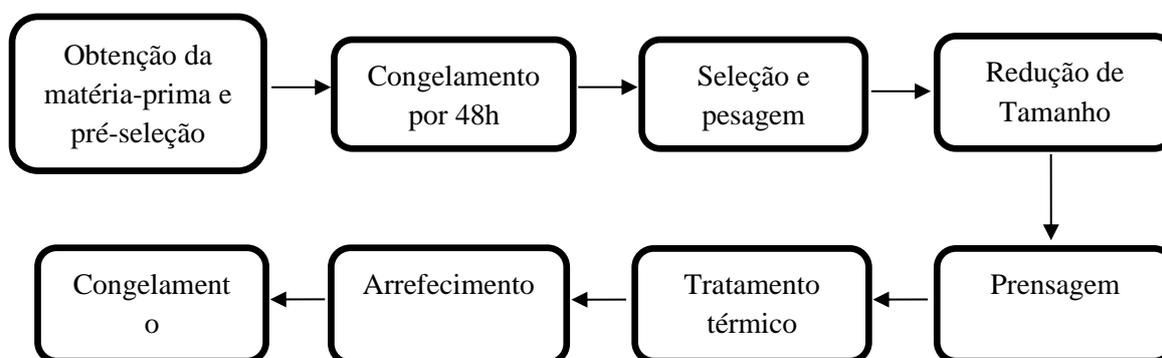
Neste processo foi feita a extracção do caldo de batata na massa, com o uso de uma peneira metálica e panos brancos com porosidade suficiente para a saída do líquido. Esse processo foi feito com objectivo de reduzir o extracto seco no caldo da batata-doce para evitar o início da fermentação do mesmo.

3.3.8. Congelamento

Após prensagem de foram obtidos 12 litros de peso líquido de caldo de batata-doce, onde foi colocada em duas garrafas PET (polietileno) com capacidade de 6 litros respectivamente e foi congelada até o dia do seu uso.

3.4. Processamento de casca de ananás

Abaixo é apresentado o fluxograma para a obtenção do caldo de cascas de Ananás



3.4.1. Obtenção da matéria-prima, pré-selecção e congelamento

Para o estudo foram usadas as cascas de ananás das variedades Smooth Cayenne e Queen produzidas no muxúnguè, província de Sofala. As cascas foram adquiridas nos revendedores de frutas do mercado municipal Patrice Lumumba logo após o seu descasque, em seguida foram congeladas por 48h antes de serem transportadas para o

laboratório, este processo teve como objectivo inibir qualquer alteração de ordem microbiológica, física e química da matéria-prima, depois de 48h de congelamento foram transportadas em sacos plásticos para o laboratório, onde deu-se início do processamento.

3.4.2. Selecção e Pesagem

As cascas de Ananás foram pesadas, com recurso há uma balança Analógica da Marca (HOYCA) com a capacidade de 10kg, pesou-se no total de 19kg. A pesagem e a selecção da matéria-prima, foram realizadas no laboratório de Tecnologia pós-colheita e tecnologia de alimento da FAEF, durante a selecção foram descartadas as cascas defeituosas, com podridão e aquelas com indícios de início de fermentação.

3.4.3. Redução de tamanho e Prensagem

Primeiramente as cascas foram cortadas em fatias uniformes usando facas inox para facilitar o processo da trituração, logo após os cortes foram introduzidas em um liquidificador previamente higienizado da marca (SILVER CREST), adicionando água destilada e em seguida foram trituradas, depois da trituração passaram por uma prensagem manual para a separação de resíduos maiores e espuma formada durante a trituração, este processo foi realizado utilizando peneira metálica de inox de uso doméstico, com abertura da malha menor e panos brancos com porosidade fina que permitiram somente a saída do caldo.

3.4.4. Tratamento térmico

O caldo obtido após a prensagem foi de 8 litros, que foi colocado em uma panela de inox a ferver, a temperatura de 100°C por 30 min em agitação com colher de pau, com objectivo de inactivar actividade microbiana que possa ter contaminado a matéria-prima nas etapas anteriores. Desta forma obteve-se um material com maior controlo e inibição da proliferação de leveduras selvagens e fermentações indesejáveis. A leitura e controle da temperatura durante esta etapa foram feitos utilizando termómetro de expansão volumétrica.

3.4.5. Arrefecimento

O caldo foi arrefecido a temperatura ambiente até atingir 35 °C.

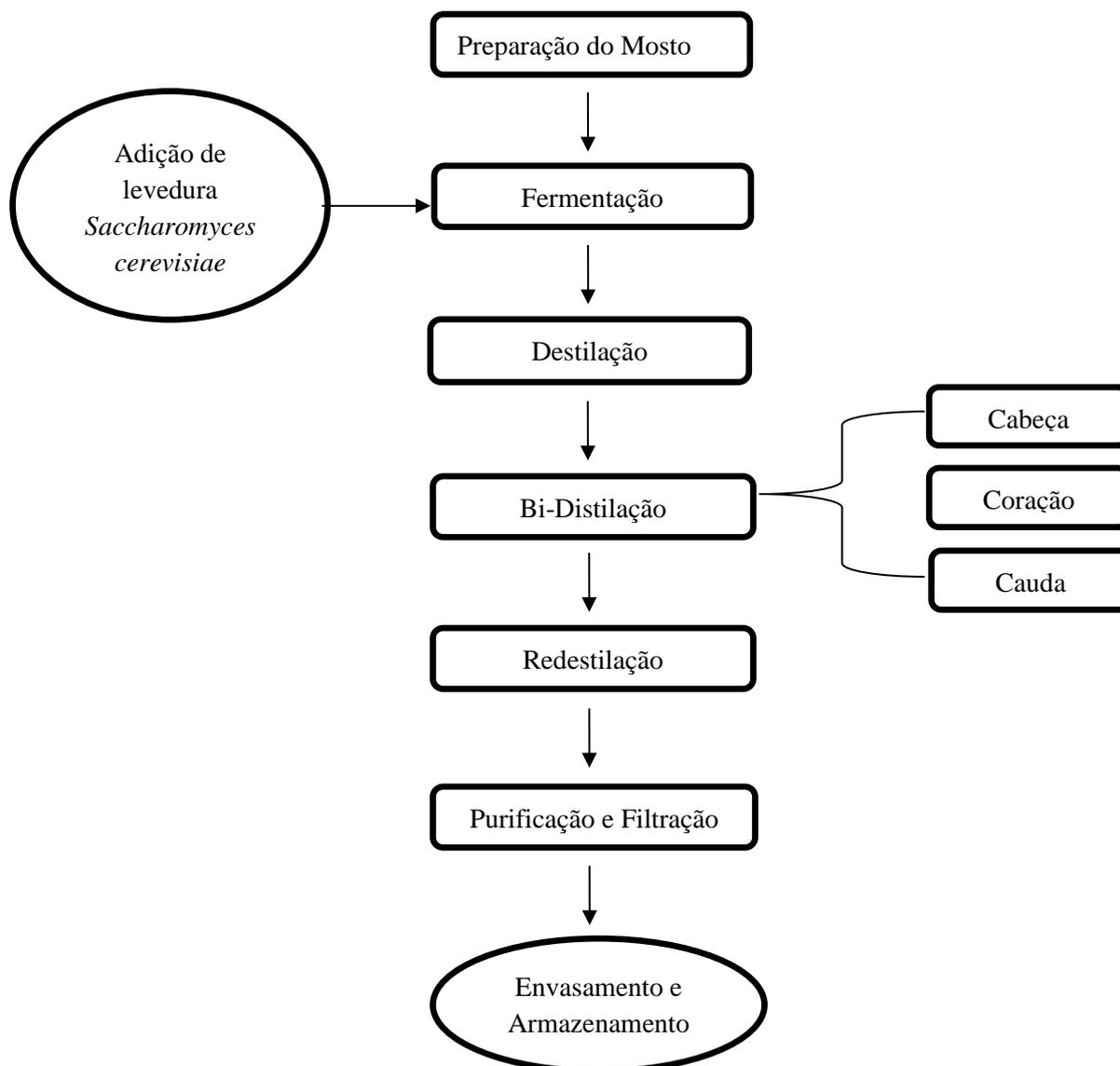
3.4.6. Congelamento

O caldo de cascas de ananás foi colocado em quatro garrafas PET com capacidade de 2 litros cada, e foram conservadas no congelador até o dia da sua utilização.

3.5. Fluxograma de produção de vodka

Para a produção de Vodka foram utilizados caldo de batata-doce como o substrato principal, caldo de Ananás como secundária, água destilada, açúcar, levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) e carvão activado.

Abaixo está apresentado o fluxograma de produção de vodka.



3.5.1. Delineamento do Composto Central Rotacional (DCCR)

Foi realizado um DCCR de 2^2 com quatro pontos factoriais, axiais e com três repetições no ponto central totalizando 11 tratamentos. Os níveis dos pontos axiais foram calculados pela equação 1. Segundo RODRIGUES & IEMMA, (2012), onde α é a distância dos pontos axiais e o n é o número de variáveis independentes, sendo igual a $\pm 1,41$.

$$\alpha = (2^n)^{\frac{1}{4}} \quad (1)$$

Neste estudo, duas variáveis independentes foram estudadas: concentração de resíduos de batata-doce e de casca de ananás.

As variáveis independentes foram codificadas seguindo a equação 2.

$$X_n = \frac{(X - X_0)}{\frac{(X_{+1} - X_{-1})}{2}} \quad (2)$$

Onde:

- X_n é o valor da variável no experimento na forma codificada;
- X é o valor real da variável a ser calculada;
- X_0 é o valor real da variável no ponto central;
- X_{+1} é o valor real da variável no nível superior;
- X_{-1} é o valor real da variável no nível inferior.

Tabela 2: Níveis codificados e reais das variáveis independentes

Variáveis independentes	Níveis codificados e reais das variáveis independentes				
	-1,41	-1	0	+1	+1,41
X₁ - Caldo de cascas de batata-doce	48	50	55	60	62
X₁ - Caldo de cascas de ananás	20,9	25	35	45	49,1

Tabela 3: Matriz do planejamento experimental com níveis codificados e reais para a produção da vodka a partir do caldo de batata-doce e caldo cascas de ananás, teve-se como base 1200 ml como 100% de volume.

Níveis codificados			Níveis Reais		
Tratamento	X1	X2	X1 em (%)	X2 em (%)	Volume Total do mosto (mL)
1	-1	-1	50	25	900
2	1	-1	60	25	1020
3	-1	1	50	45	1140
4	1	1	60	45	1260
5	0	0	55	35	1080
6	0	0	55	35	1080
7	0	0	55	35	1080
8	-1,41	0	48	35	995
9	1,41	0	62	35	1164
10	0	-1,41	55	20,9	911
11	0	1,41	55	49.1	1249

Legenda: X1= Caldo de Batata-doce X2=Caldo de cascas de Ananás

Usou-se biorreatores de vidro com a capacidade de 2000 ml, tendo suportado o volume mínimo 995 ml e o volume máximo de 1320 ml de mosto. Para cada tratamento, durante a fermentação foram realizados estudo cinético onde foi retirada 10 ml de amostras assepticamente, em intervalos de tempo de 0, 12, 36, 60 e 108 h. As amostras retiradas foram submetidas a análises de Potencial Hidrogeniônico (pH), Acidez total titulável (ATT), Sólidos Solúveis Totais (SST) e para vodka foram avaliados parâmetros como: Potencial hidrogeniônico (pH), Acidez total titulável (ATT), Acidez fixa, Acidez volátil, álcool anidro e Teor alcoólico. Os coeficientes de regressão foram feitas com auxílio do software Statistica® 8.0 e os gráficos para estudo da cinética fermentativa foram gerados através do Microsoft Excel. Após a conclusão do DCCR, foram ajustados modelos (equação 3) e geradas superfícies de resposta, curvas de contorno e perfil de desejabilidade, segundo metodologia preconizada por RODRIGUES & IEMMA, (2012).

$$y = \beta'_0 + \beta_{1x_1} + \beta_{2x_2} + \beta_{12x_1x_2} + \beta_{11x_1^2} + \beta_{22x_2^2} \quad (3)$$

Sendo β'_0 o termo de interceptação, β_1 e β_2 São os coeficientes lineares; β_{12} é coeficiente de interação; β_{11} e β_{22} São os coeficientes quadráticos e X_1 e X_2 são as variáveis codificadas.

3.5.2. Preparação do Inóculo

Para a preparação do inóculo, foi utilizada a levedura *Saccharomyces cerevisiae* usada na Panificação adquirida no Lab-3 da ESUDER, foi adicionado 2% em g de levedura para cada tratamento em balões volumétricos de 100 ml, completando no total Onze (11) balões volumétricos, e em seguida adicionou-se 50 ml do mosto à 14 °Brix e foram acondicionados numa estufa de aeração forçada da marca (MEMMART) à temperatura de 31°C por 4h, com objectivo de garantir activação e melhor crescimento da levedura. Os balões volumétricos usados foram previamente esterilizados, antes da preparação do inóculo, para garantir o crescimento da levedura desejada de modo a servir para inocular todos os tratamentos (MENEZES, 2014).

3.5.3. Inoculação

Depois da activação da levedura, foi adicionado no mosto de 12 °Brix para cada tratamento conforme o que tinha sido preconizado. Para evitar contaminação, para cada tratamento foi utilizado funis diferentes sendo que este processo foi realizado no ambiente asséptico, ou seja, a separação de distância das etapas uma da outra e muito curta de modo a evitar a contaminação.

3.5.4. Condução do processo fermentativo

A fermentação alcoólica foi conduzida em biorreatores de vidro, em anaerobiose a temperatura ambiente no período 108h, para garantir o acompanhamento do processo fermentativo foram colectadas amostras de 10ml, em intervalos de tempo 0, 12, 36, 60 e 108 horas para fazer as medições de pH, °Brix e determinação de acidez titulável, este processo foi finalizado quando o teor de sólidos solúveis se apresentou constante durante três medições.

3.5.5. Destilação

O mosto fermentado (Vinho) foi destilado em um microdestilador, acoplada a um termómetro de expansão volumétrica, no balão de 500 ml, sendo necessário destilar duas vezes cada tratamento, como fonte de calor foram usadas as mantas de aquecimento. A destilação foi realizada respeitando os princípios de temperatura dos pontos de ebulição do vinho, que garantiu a separação praticamente de todo álcool presente no vinho sem corte das fracções, que correspondeu 75% do volume total do vinho.

O teor alcoólico foi determinado por meio de uma leitura directa, em um densímetro (Alcoolômetro Gay-Lussac, Incoterm).

3.5.6. Bi destilação

Os destilados obtidos depois na primeira destilação, foram submetidos a segunda destilação, que foi conduzida conforme descrito na etapa anterior que teve como objectivo elevar o teor alcoólico, foi nesta etapa onde fez-se os cortes 10% da fracção da Cabeça caracterizada por ser mais volátil rica em metanol, 80% da fracção de coração composta na sua maioria por álcool etílico e 10% da cauda rica em compostos secundários e menos voláteis.

3.5.7. Redestilação

Os bidestilados correspondentes a fracção do coração foram submetidos ao processo de redestilação, previamente diluídas com água destilada que correspondeu a 40% e o álcool etílico 60%, e foram colectados 70% do volume total para cada tratamento e o remanescente 30% foram descartados após a redestilação.

3.5.8. Purificação e Filtração

Os redestilados obtidos passaram por um processo de purificação através da filtração em carvão activado granular, fornecido pelo laboratório de Tecnologia pós-colheita e tecnologia de alimento da FAEF. O processo consistiu na adição de 2g de carvão activado, para cada tratamento e de seguida foi agitada e deixou-se por 6h em repouso, como forma de atenuar características organolépticas da matéria-prima original

na bebida. Após a purificação da bebida foi feita a filtração em papel de filtro para a eliminação do carvão, obtendo-se a Vodka neutra.

3.5.9. Envasamento e Armazenamento

A vodka obtida foi submetida as análises de pH, Acidez titulável, Acidez volátil, Acidez fixa, álcool anidro e teor Alcoólico, o remanescente foi condicionada em garrafas plásticas (PET) de água mineral de 500 ml e 600 ml respectivamente.

3.6. Análises de parâmetros físicos-químicos

3.6.1. Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi realizada de acordo com as Normas Analíticas do IAL (2008). Onde antes de se efectuar a leitura do pH calibrou-se o aparelho numa solução tampão com pH 4 e 7. Pipitou-se 10 ml da amostra em Erlenmeyer e mergulhou-se os eléctrodos na amostra e posteriormente realizou-se a leitura em pH metro digital da marca ACCSEN-pH 8 [apêndice VIII- (e)]. A determinação foi realizada em triplicado e o valor do pH foi calculado a partir da média aritmética de três medições consecutivas.

3.6.2. Acidez Total Titulável (ATT)

A acidez total Titulável do vinho foi determinada pelo método da titulação volumétrica com solução de NaOH 0,1 mol/L. Este método de determinação da acidez total consistiu na neutralização dos ácidos totais presentes na amostra pela utilização de uma base, utilizando-se fenolftaleína a 1% como indicador com a mudança de cor da solução para rósea (apêndice-V). Para cada titulação, foi utilizada 10 ml do vinho diluído em 100 ml de água destilada. A partir do volume gasto de NaOH determinou-se a acidez total pela equação 4 abaixo e o resultado foi expresso em meq. L⁻¹.

$$ATT \left(\frac{meq}{L} \right) = \frac{Vb \times F \times N \times 1000}{Va} \quad (4)$$

Onde:

- **V_b** (ml): volume gasto da base (NaOH)
- **F**: factor de correcção de NaOH
- **V_a** (ml): volume da amostra
- **N**: normalidade da solução de NaOH.

3.6.3. Sólidos Solúveis Totais (SST)

Para analisar o teor de sólidos solúveis foi utilizado refratômetro portátil da Marca Milwaukee (MA871) com o range de 0 a 85 °Brix [apêndice VIII- (f)]. Primeiramente zerou-se o aparelho com água destilada, a qual foi seca com papel absorvente e em seguida colocou-se uma gota da amostra, livre de compostos sólidos, na lente do refractômetro e realizou-se a leitura, segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL 2008).

3.6.4. Acidez fixa

Foi determinada acidez fixa de acordo com a metodologia descrita pelo IAL (2008). Onde 50 ml da amostra, foi transferida para uma cápsula de porcelana onde foi evaporada em banho-maria até ficar escura, este resíduo foi adicionado 100 ml de água em um Erlenmeyer e desseguida adicionou-se 7 gotas do indicador fenolftaleína. E, por conseguinte, foi feita Titulação com solução de hidróxido de sódio a 0,01M padronizada até coloração rósea persistente. A acidez fixa foi calculada através da aplicação dos dados na equação 5:

$$AF = \frac{n \times M \times f \times PM}{10 \times V} \quad (5)$$

Onde:

- **n**: Volume gasto na titulação da solução de hidróxido de sódio, em ml;
- **M**: molaridade da solução de hidróxido de sódio;
- **F**: factor de correcção da solução de hidróxido de Sódio;
- **V**: volume tomado da amostra, em ml.
- **PM**: peso molecular do ácido acético (60g)

3.6.5. Acidez volátil

O cálculo da acidez volátil foi determinado pela diferença entre a acidez total e a acidez fixa. O resultado foi expresso em g de ácido acético por 100 mL de amostra, em g ou mg de ácido acético por 100 mL de álcool anidro através da equação 6.

$$AV = AT - AF(6)$$

Onde

- At = ácidos totais
- Af = ácidos fixos

3.6.6. Álcool anidro (equação 7)

$$Alcoolanidro = \frac{AV \times 100}{G} (7)$$

Onde

- Av = ácidos voláteis
- G = graduação alcoólica

3.6.7. Quantificação de CO₂ em (%)

O gás carbónico foi quantificado pela medição do balão fixo na parte superior, servido como um colector de CO₂, com recurso há uma fita métrica media-se a cada intervalo de tempo a área da circunferência (apêndice-V). O CO₂ foi calculado através da aplicação dos dados na equação 8:

$$\%CO_2 = \frac{df - di}{dt} * 100(8)$$

3.6.8. Graduação alcoólica

O teor alcoólico foi determinado por densímetro. A amostra de vodka foi colocada em uma proveta de 100 ml, verificado a temperatura, colocado o densímetro e feito a leitura directa. O densímetro se destina à determinação do grau alcoólico das misturas de água e álcool, indicando a concentração do álcool em volume e é expresso pela sua unidade de medida, grau Gay-Lussac Incoterm (°GL), à temperatura de 20°C, expresso também em % (v/v).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização físico-química da matéria-prima

Das análises realizadas do caldo de batata-doce e do caldo das cascas de ananás, obteve-se resultados que estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Caracterização físico-químicas da matéria-prima

Componentes	pH	°Brix	ATT (mEq/L)
Caldo de Batata-doce	5,945±0,10	5,04±0,08	24±0,04
Caldo de cascas de ananás	3,74±0,02	12,4 ±0,21	55,2±0,01

4.1.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Em relação ao pH do caldo de batata-doce, o valor encontrado foi de 5,945 valor este inferior a 6,10 e 6,17 obtidos por VIRMOND *et al.*, (2014) e CARDOSO *et al.*, (2017) respectivamente no seu estudo sobre caracterização física química de batata-doce, entretanto, o pH encontrado no presente estudo se aproxima a 5,87 obtido por PÚBLIO (2008) em seu estudo de caracterização físico-química tubérculos do cultivar Ágata e Z M GLORIA (2009) em seu estudo de caracterização físico-química e sensorial da batata-doce de Aljezur obteve o pH de 5,8.

Para caldo de cascas de ananás foi obtido o pH de 3,74±0,02, que se aproxima ao pH de 3,88 obtido por RODRIGUES *et al.*, (2012) em seu estudo de produção de refrigerante a partir do suco integral de abacaxi. O valor obtido na pesquisa é inferior quando, comparado ao pH 4,5 e 4,3 a 5,5 valores estes, que foram apresentados por (CHALCHISA, 2021) e (BALAMAZE, 2017) respectivamente.

O pH, assim como a acidez, está associado com o processo de amadurecimento dos frutos e pode ser utilizado na determinação do ponto de colheita REINHARDT & MEDINA (2012).

4.1.2. Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

O teor de sólidos solúveis totais no caldo da batata-doce observado no presente estudo foi de 5,04 °Brix, é próximo a 5,6 encontrado por (ALI *et al.*,2015), porém (MENDOZA, 2017) encontrou valores superiores que tiveram a sua variação de 15,1 a 16,6 °Brix. O valor de °Brix verificado no presente estudo é relativamente baixo em comparação ao valor observado por Mendoza, isso deve-se ao facto de ter efectuado a hidrólise enzimática do amido presente na batata-doce.

Para o caldo de cascas de ananás o valor obtido no presente estudo foi de 12,4 °Brix, que está dentro do intervalo obtidos por GUERRA & LEVEIRA (1999) e SOUTO *et al.* (2004), cujos valores estão na faixa de 8,6 a 13 e 10 a 15,10 °Brix respectivamente. Sendo que SARZI *et al.* (2002), FAGUNDES *et al.*, (2000) e MANICA (1999) encontraram, valores superiores quando comparados ao valor obtido no presente trabalho cujos valores foram de 13,7; 14,25 e 12,5 a 14,7 °Brix respectivamente.

Vários estudos mostram que os teores de sólidos solúveis (°Brix) aumentam com o avanço da maturação para a maioria das fruteiras e hortícolas variam segundo a cultivar, o clima e o estado de maturação. Os teores de SS (°Brix) encontrados em frutas e hortaliças variam de 8 a 14 °Brix CHITARRA; CHITARRA (2005).

4.1.3. Acidez Total Titulável (ATT)

Da análise da acidez total de caldo de batata-doce em estudo, obteve-se 24 mEq/L. Valor este, próximo a 22 mEq/L e 28 mEq/L apresentados por (JULIANA & VIZZOTO, 2022) e ARAÚJO *et al.*, (2015) ao analisar características de acidez em batata-doce, observaram o valor de 20 mEq/L de acidez total titulável.

Para o caldo de cascas de ananás em estudo, obteve-se 55,2 mEq/L, valor inferior a 96 e 39 mEq/L encontrados por CALDAS *et al.*, (2010) estudando a polpa de ananás e de caju, respectivamente.

A divergência dos valores de pH, ATT e SST obtidos no presente estudo em comparação com os valores observados por outros autores em outros estudos, deve-se ao facto da composição química da batata e Ananás ser variável, o que depende da variedade da batata e do ananás utilizada, que por sua vez está relacionada com as condições edafoclimáticas do local onde é cultivada.

4.2. Cinética do processo fermentativo

4.2.1. Comportamento cinético de pH durante o processo fermentativo

Em relação ao pH, das medições realizadas em intervalos de tempo durante o processo fermentativo, obteve-se, valores da variação do pH, durante a fermentação.

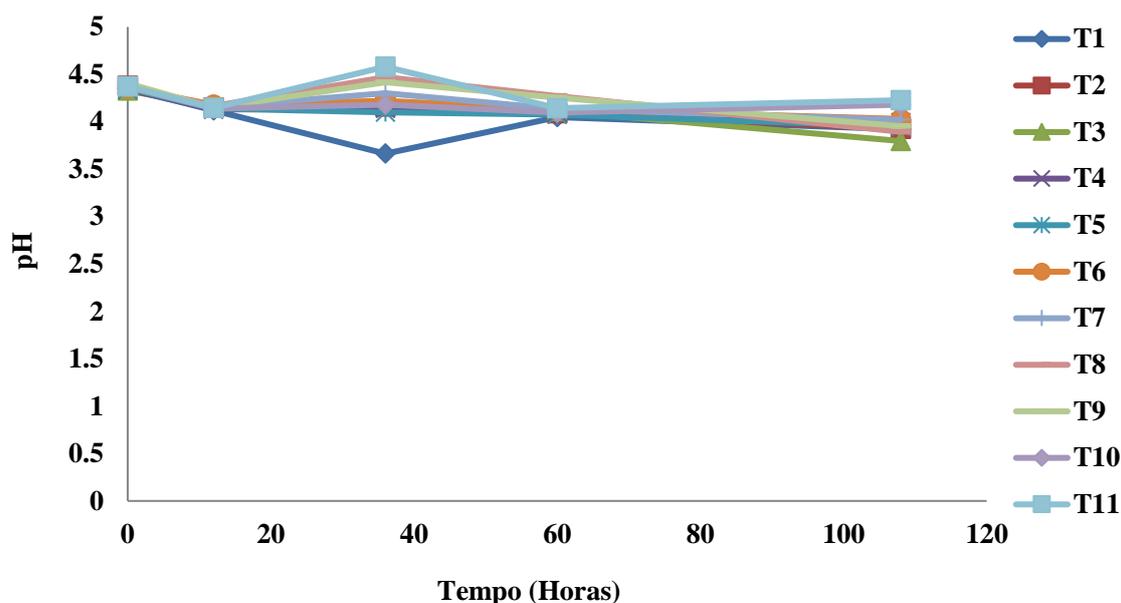


Figura 7: Comportamento de pH durante o processo fermentativo

No decorrer do processo fermentativo os valores de pH inicial estiveram nos intervalos de 4,32 a 4,40, sendo que estes apresentaram pouca variação com o passar do tempo, salvo uma ligeira queda de pH aos 36h para o T1 que foi de 4,12 para 3,66 e elevação do pH do T11 que foi de 4,37 a 4,58, sendo que o restante dos tratamentos mantiveram o pH nos intervalos de 4,1 a 4,58 e aos 108h houve uma queda de pH em média de 3,91 para os tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5, T8 e T9) respectivamente, período que coincide como fim da maior actividade da levedura (quanto ao consumo do açúcar e produção de etanol). O decréscimo do pH pode ter ocorrido graças à produção de ácidos orgânicos por parte da levedura durante o processo fermentativo. Muita literatura também tem demonstrado que a queda do pH é favorecida por desvios de rotas metabólicas durante a fermentação. VENTURINI FILHO (2010) afirma que outros compostos além do etanol podem ser formados durante a fermentação, como ácidos de cadeia média, e, portanto, contribuem para a redução do pH. O baixo pH dos

fermentados é um factor importante para inibir a contaminação bacteriana do vinho (TORRES NETO *et al.*, 2006), além de favorecer o crescimento das leveduras (MUNIZ *et al.*, 2002), que são microrganismos que apresentam crescimento óptimo em pHs ácido. A importância da determinação do pH e da acidez total estão ligadas, pois para SILVA *et al.* (2010) a acidez total traduz, sobretudo, as características gustativas, enquanto o pH actua sobre a estabilidade do vinho.

4.2.2. Comportamento de consumo de sólidos solúveis totais

Dos resultados obtidos na determinação dos sólidos solúveis totais, estimados em °Brix, construiu-se o gráfico a seguir, que mostra a variação do °Brix durante 108 horas de fermentação conforme mostra a figura 8.

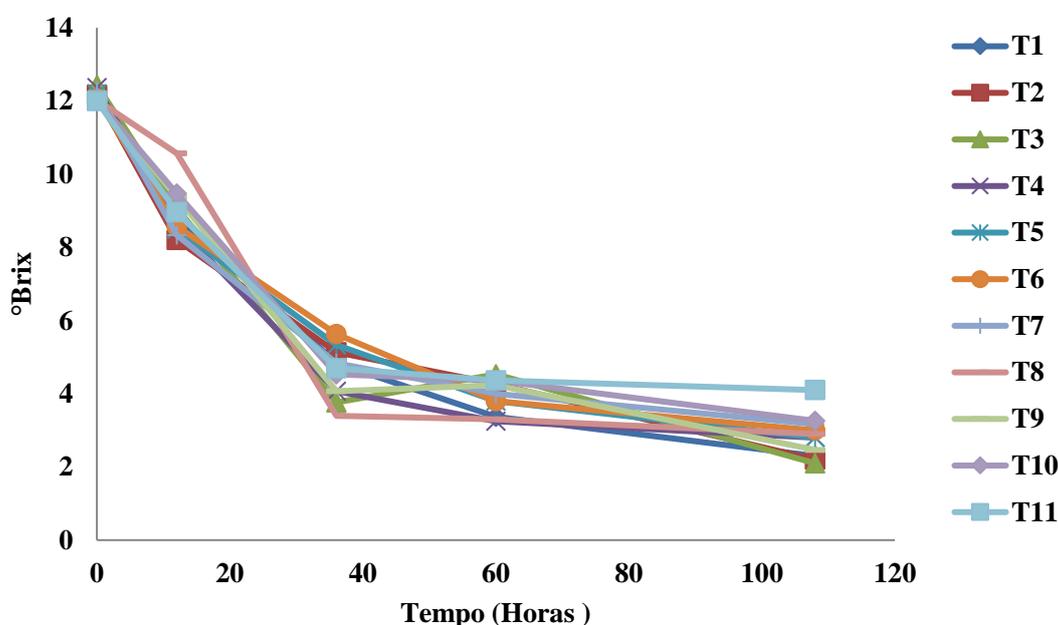


Figura 8: Comportamento de consumo de sólidos solúveis totais

O tratamento 8 teve redução de sólidos solúveis de forma mais demora nas primeiras 20h do que a maioria dos tratamentos. Foi notório que durante as primeiras horas dos 0 a 36h de fermentação houve alta actividade das leveduras, correspondendo à fase tumultuosa da fermentação, pois as leveduras já se haviam adaptado ao meio. Essa fase foi caracterizada pelo consumo do substrato por parte das leveduras o que ocasionou o decréscimo do Açúcar no mosto de 12 a 3,7 e 5,6 em média e elevada produção de gás carbónico (CO₂) em todos os tratamentos.

SILVA, DANTAS, GASPARETO & FALCÃO FILHO (2010) utilizando ananás para a produção de fermentado alcoólico, também observaram um decréscimo considerável do teor de sólidos solúveis totais (de 21,00 para 9,00°Brix) do mosto a partir do oitavo dia de fermentação.

A partir das 36h de fermentação, o consumo de substrato começou a diminuir gradualmente em todos os tratamentos, com exceção do tratamento 11 manteve-se quase constante até o fim da fermentação. Isto se deve, entre outros factores, a intoxicação da levedura pelo álcool produzido durante a fermentação. Aos 108 h o teor de sólidos solúveis permaneceu constante, indicando o fim da fermentação. A constância no teor de sólidos solúveis totais também foi utilizada como indicativo do fim da fermentação por SILVA *et al.*, (2011) em seu estudo de Elaboração de bebida alcoólica fermentada a partir do suco de manga rosa.

4.2.3. Comportamento de ATT durante o processo fermentativo

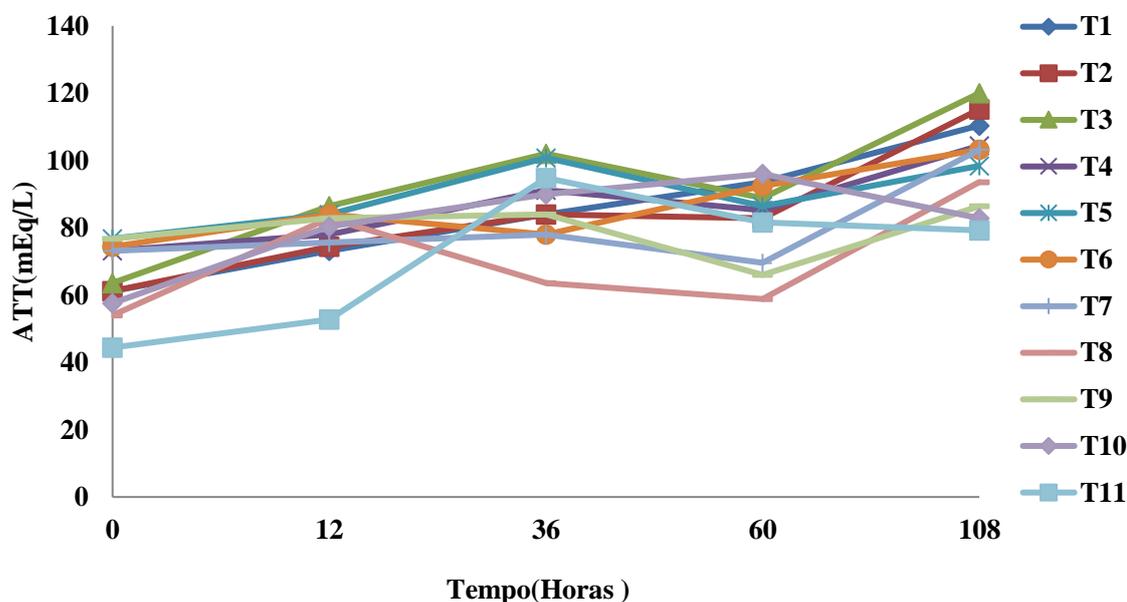


Figura 9: Comportamento de ATT durante o processo fermentativo.

De acordo com a figura 9 é possível notar que o T11 apresentou menor produção de acidez comparado com o restante dos tratamentos nas primeiras 36 h, para o caso do T8 houve uma redução de produção de acidez depois de 12h de fermentação que se manteve constante até 60h, tendo aumentado a produção após este período até o fim da

fermentação, para o restante dos tratamentos não houve maior variação ao longo da fermentação.

A menor produção do ácido acético nos tratamentos, está relacionada ausência de oxigênio nos mostos durante a fermentação que contribuiu na pouca produção deste ácido (FARIA *et al.*, 2003).

A acidez de todos os tratamentos encontra-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação Brasileira para bebidas fermentadas de fruta, [50,00 – 130,00 mEq/L] (Brasil, 2012). Os fermentados foram comparados com a legislação para bebidas fermentadas de fruta devido a inexistência de legislação específica para bebidas fermentadas de tubérculos e subprodutos oriundos de tubérculos.

4.2.4. Produção de CO₂ durante a fermentação

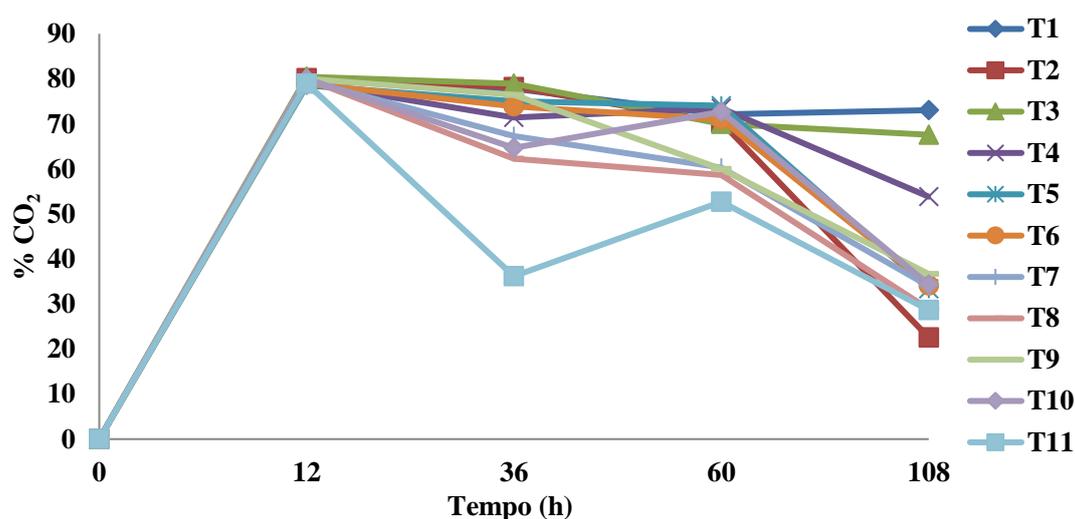


Figura 10: Comportamento da liberação do CO₂ durante o processo fermentativo

O processo fermentativo, iniciou após a inoculação da levedura no mosto, após 12 horas de fermentação foi caracterizada pelo intenso desprendimento de gás carbônico (fase tumultuosa), esta fase foi notória para todos os tratamentos sendo que o gás produzido variou 78,53 a 80,46%. A partir das 36 horas observou-se uma pequena redução na produção de CO₂ em todos os tratamentos, com exceção do T11 que teve uma queda drástica devido aos factores de vazão do gás carbônico por fugas, partir das 60 horas de fermentação observou-se uma diminuição na produção de CO₂ características da fase complementar.

4.3. Resultados da Vodka

Neste planejamento experimental estudou-se o potencial hidrogeniônico, acidez titulável, fixa, volátil, álcool anidro e o Teor alcoólico da vodka, estas seis variáveis dependentes, foram analisadas depois da purificação da bebida em carvão activado.

Estas seis variáveis dependentes afectam a qualidade da vodka, e a partir desses resultados experimentais foram geradas as superfícies de respostas para cada variável de acordo com a sua significância.

Tabela 5: Resultados da Vodka produzida em função da concentração do caldo da batata-doce e caldo de ananás, após 6h de Purificação em carvão activado.

Tratamentos	X ₁ -Valores reais em %	X ₂ -Valores reais em %	pH	ATT (mEq/L)	Ac. Fixa (mg/100 mL)	Ac. Volátil (mg/100m L)	Álcool Anidro (mg/100 mL)	Teor alcoólico % (v/v a 20 °C)
1	-1(50)	-1(25)	4,92	10,8	1,8	9	23,68	38
2	1(60)	-1(25)	4,43	9	3,8	5,4	15,42	35
3	-1(50)	1(45)	4,27	7,2	2,16	5,04	11,45	44
4	1(60)	1(45)	4,63	6,48	2,88	3,6	7,2	50
5	0(55)	0(35)	4,53	7,92	2,16	5,76	12,8	45
6	0(55)	0(35)	4,71	9,36	1,8	7,56	17,58	43
7	0(55)	0(35)	4,49	9	2,16	6,84	15,2	45
8	-1,41(48)	0(35)	4,23	14,04	2,52	11,52	32,91	35
9	1,41(62)	0(35)	4,2	14,4	2,52	11,88	29,7	40
10	0(55)	-1,41(20,9)	4,7	7,2	2,88	4,32	10,8	30
11	0(55)	1,41(49,1)	4,61	6,84	2,52	4,32	14,4	40

X₁ – caldo de batata-doce; X₂ – caldo de cascas de ananás; pH- Potencial hidrogeniônico; ATT- Acidez Total Titulável; Ac- acidez; pontos centrais: 5,6 e 7

Analisando-se os resultados obtidos na tabela-5, O pH da vodka elaborada a partir da combinação do caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás, os tratamentos que apresentaram maior valor de pH foram os tratamentos 1,4,6,10 e 11 quando comparado aos demais tratamentos. Todos os tratamentos apresentaram valores satisfatórios de pH, porque está dentro do intervalo da legislação Brasileira de Bebidas destilado-Retificadas que varia de [3,5 a 5,5].

Os congêneres voláteis como acidez titulável, acidez fixa, acidez volátil e álcool anidro obtidos no presente estudo para a Vodka, apresentaram valores inferiores, isso pode ter sido ocasionado pelo facto de que o álcool ter sido submetido a bi-distilação, redistilação e purificação em carvão activado onde acidez foi eliminada pela diferença de temperatura de ebulição e por fim neutralizada pelo carvão.

De acordo com MIRANDA *et al.*, (2008), quanto menor a acidez, melhor são as características sensoriais da aguardente e maior sua aceitação pelo consumidor.

De acordo tabela 5, a bebida que apresentou maior teor alcoólico foi o tratamento 4, sendo que a mesma possui maior valor percentual de caldo de batata-doce e caldo de ananás em sua mistura, logo, se trata de uma mistura mais favorável quanto ao teor alcoólico encontrado, seguida dos tratamentos 1, 3, 5, 6, 7, 9 e 11 que mostraram resultados satisfatórios quanto a teor alcoólico, uma vez que estes tratamentos tiveram em sua composição valores percentuais médios de caldo de batata-doce e caldo de ananás, e os ensaios 2, 8 e 10 apresentaram teor alcoólico abaixo dos valores previsto, segundo a legislação Brasileira para Vodka que variam de 36 a 54 % (v/v) a 20 °C, isto pode ter sido ocasionado pelo menor valor percentual de caldo de ananás na mistura.

Pela análise estatística, foram considerados significativos os parâmetros com p-valor menores que 5% ($p < 0,05$). Os termos lineares do modelo matemático estão associados à letra L e os termos quadráticos à letra Q (tabela 6).

Tabela 6: Coeficiente de regressão para as respostas de pH, ATT, Ac.Fixa, Ac.Volatil, Álcool anidro e Teor alcoólico da Vodka

Variáveis	FV	Media	Caldo de Batata-Doce (L)	Caldo de Batata-Doce (Q)	Caldo de cascas de Ananás (L)	Caldo de cascas de Ananás (Q)	1L by 2L	R ²
Ph	Regressão	4,576158	-0,021602 ^{NS}	-0,149382	-0,072328 ^{NS}	0,071935 ^{NS}	0,212500	85,375
	P-valor	0,000000	0,637588	0,033637	0,154239	0,220860	0,017457	
ATT (mEq/L)	Regressão	8,76897	-0,25230 ^{NS}	2,17319	-0,83092 ^{NS}	-1,44836 ^{NS}	0,27000 ^{NS}	78,38
	P-valor	0,000392	0,709823	0,036074	0,251064	0,116537	0,777264	
Ac. Fixa (mg/100mL)	Regressão	2,040014	0,315940 ^{NS}	0,240572 ^{NS}	-0,108774 ^{NS}	0,331110 ^{NS}	-0,270000 ^{NS}	68,593
	P-valor	0,000388	0,086835	0,232916	0,497035	0,120834	0,254557	
Ac. Volátil (mg/100mL)	Regressão	6,72896	-0,56824 ^{NS}	1,93261 ^{NS}	-0,72215 ^{NS}	-1,77947 ^{NS}	0,54000 ^{NS}	75,964
	P-valor	0,002045	0,456066	0,069641	0,351859	0,087601	0,610187	
Álcool Anidro (mg/100mL)	Regressão	15,22375	-2,13665 ^{NS}	6,19056 ^{NS}	-1,92852 ^{NS}	-3,21900 ^{NS}	1,00027 ^{NS}	67,223
	P-valor	0,010029	0,398806	0,075325	0,443193	0,296883	0,772160	
Teor alcoólico % (v/v a 20 °C)	Regressão	44,31133	1,26000 ^{NS}	-2,03071 ^{NS}	0,86507 ^{NS}	-3,28819 ^{NS}	2,25000 ^{NS}	32,594
	P-valor	0,000085	0,614820	0,501404	0,727852	0,293765	0,527850	

R² - coeficientes de determinação; NS - não significativo a 5% de significância; pH - Potencial hidrogeniônico; ATT - Acidez Total Titulável; Ac - Acidez

O R² refere-se à quantidade de variabilidade nos dados explicada ou considerada pelo modelo de regressão (MONTGOMERY; RUNGER, 2016).

De acordo com Diagrama de Pareto chart (Anexo III, IV, V e VI), as Variáveis dependentes Acidez fixa, Acidez Volátil, Álcool Anidro e teor alcoólico não foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$), porém foram apresentados os seus modelos paramétricos para estas variáveis, também foram geradas as superfícies de respostas, com objectivo de conhecer a tendência da melhor combinação para a maior produção do teor alcoólico na Vodka com baixo compostos Voláteis.

Para pH e ATT a análise de regressão mostra que foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$), para o caldo de batata-doce, os termos lineares não foram significativos e os termos quadráticos tiveram significância, porém com efeito negativo para a variável dependente pH e efeito positivo para a variável dependente ATT. Para caldo de cascas de ananás nenhum dos termos lineares e quadráticos para pH e ATT foram significativos ($p < 0,05$). Somente a variável pH teve interação positiva, para as restantes variáveis não houve efeito estatisticamente significativo na interação.

Como o coeficiente quadrático do caldo de batata-doce teve efeito positivo para ATT, mostra-nos que com aumento de uma unidade desta variável haverá aumento da ATT sendo que este efeito é indesejável na Vodka, para o pH uma vez que teve efeito negativo, quando for acrescentado uma unidade desta variável haverá diminuição do valor do pH na Vodka.

De acordo com os resultados da tabela 6, para as respostas de pH e ATT, mostraram variação dos coeficientes de determinação (R^2) de 78,38 a 85,375%. Quanto mais próximo a 100% o valor de R^2 , melhor os modelos prediz os resultados experimentais. Desta forma, esses resultados demonstram bom ajuste entre os valores experimentais e previstos pelo modelo e podem representar adequadamente a relação real dos factores escolhidos. De acordo com a análise de regressão, as variáveis como acidez fixa, acidez volátil, álcool anidro e teor alcoólico não proporcionaram ajuste.

Foi possível, então, ajustar os modelos com as variáveis codificadas de concentração de caldo de batata-doce (X_1), concentração de caldo de cascas de ananás (X_2). Os modelos matemáticos foram obtidos utilizando o software Statística 8.0 para as respostas de pH e ATT estão representados pelas equações 9 e 10. As equações 11,12,13 e 14 são das variáveis dependentes como acidez fixa, acidez volátil, álcool anidro e teor alcoólico, foram considerados todos os termos.

$$pH = 4,58 - 0,0216 * X_1 - 0,149 * X_1^2 - 0,0723 * X_2 + 0,0719 * X_2^2 + 0,212X_1X_2 \quad (9)$$

$$ATT = 8,768 - 0,252 * X_1 + 2,173 * X_1^2 - 0,830 * X_2 - 1,448 * X_2^2 + 0,27 * X_1X_2 \quad (10)$$

$$AC. Fixa = 2,040 + 0,315 * X_1 + 0,240 * X_1^2 - 0,108 * X_2 + 0,331 * X_2^2 - 0,270 * X_1X_2 \quad (11)$$

$$AC. volátil = 6,728 - 0,568 * X_1 + 1,932 * X_1^2 - 0,722 * X_2 - 1,779 * X_2^2 + 0,540 * X_1X_2 \quad (12)$$

$$Alc. Anidro = 15,223 - 2,136 * X_1 + 6,192 * X_1^2 - 1,928 * X_2 - 3,219 * X_2^2 + 1,00 * X_1X_2 \quad (13)$$

$$Teor Alcoólico = 44,312 + 1,260 * X_1 - 2,030 * X_1^2 + 0,865 * X_2 - 3,2 * X_2^2 + 2,25 * X_1X_2 \quad (14)$$

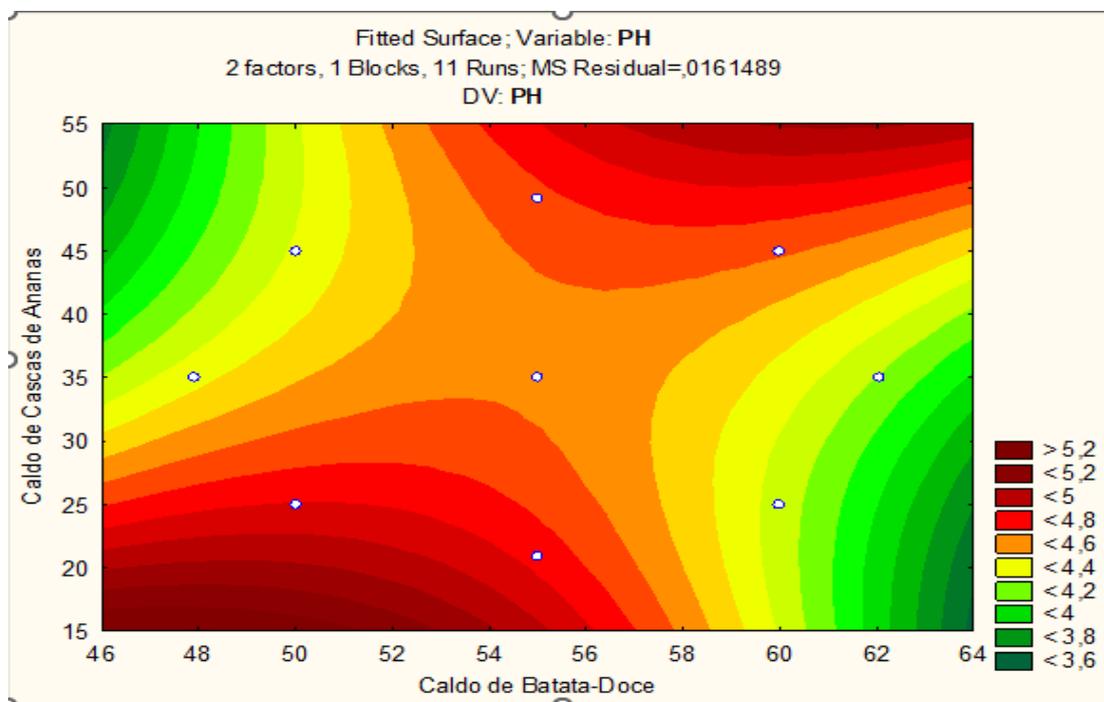
Sendo:

X₁: Caldo de batata-doce;

X₂: Caldo de cascas de ananás

4.3.1. Superfície de resposta de pH na Vodka

A partir da equação 9 foi possível gerar a superfície de resposta para a variável pH como pode ser observado através da figura 11.



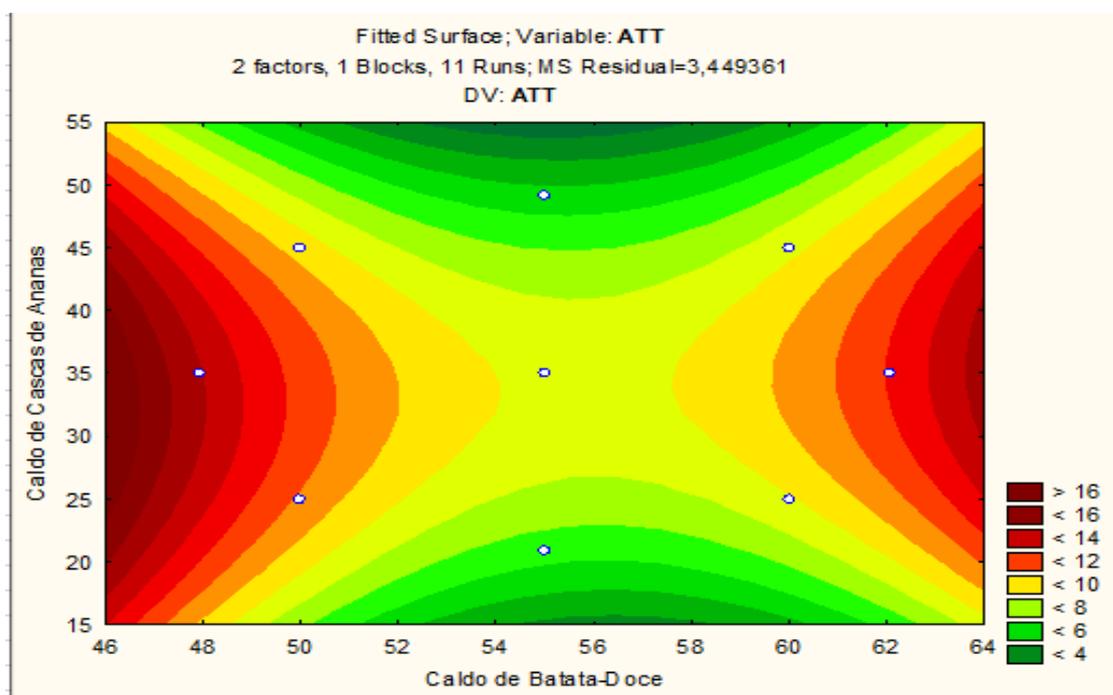
(a)

Figura 11: Superfície de resposta (a) para pH da Vodka obtida a partir da combinação de caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás.

Com base na figura 11, pode-se observar que as faixas estudadas não houve um ponto central para os valores de pH, mas sim os pontos encontram-se em regiões otimizadas na qual a quantidade dos substratos combinados aparentam ter uma influência positiva para pH. Assim sendo que para altas e baixas concentrações das variáveis (X_1 e X_2) pode ser obtido valores ótimos de pH. Deste modo, o ideal é trabalhar em concentrações em torno de 46 a 60% de caldo de batata-doce e para o caldo de cascas de ananás deve estar em torno de 40 a 55% para que se tenha um pH maior na bebida.

4.3.2. Superfície de resposta da Acidez Titulável na Vodka

A partir da equação 10 foi possível gerar a superfície de resposta para a variável ATT como pode ser observado através da figura 12.



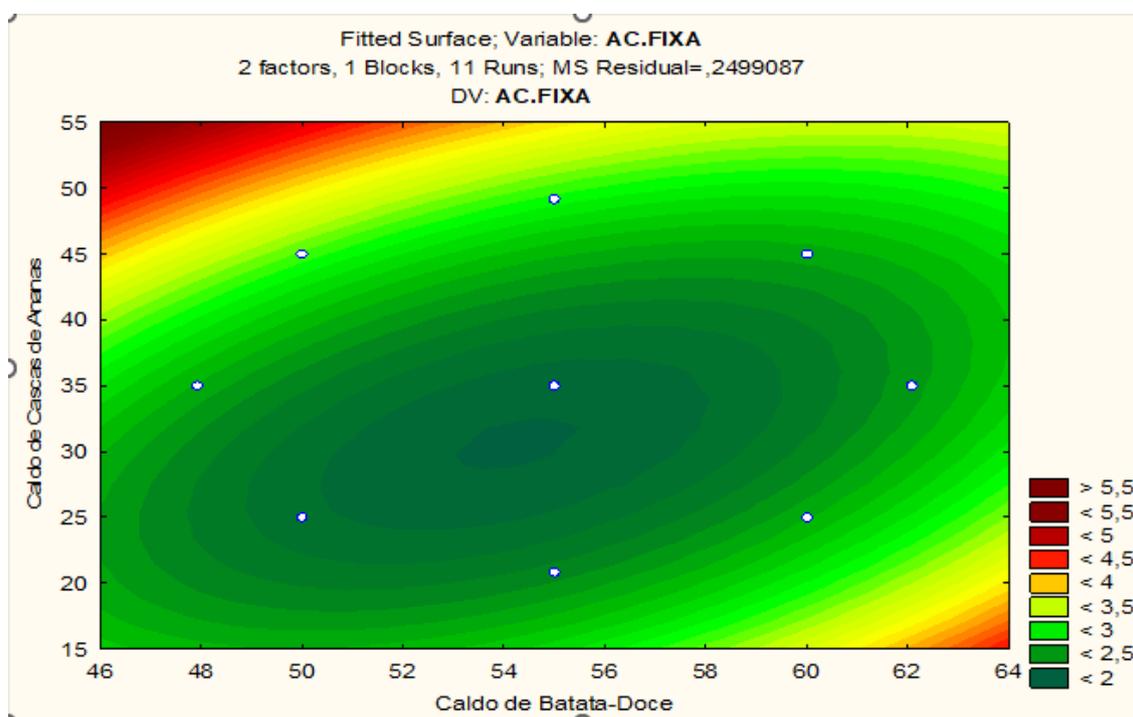
(b)

Figura 12: superfície de resposta (b) para a acidez titulável da Vodka obtida a partir da combinação de caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás.

Pela figura 12 nota-se que o caldo de batata-doce deve estar nas proporções 50 a 64% e caldo de cascas de ananás pode ser trabalhado tanto em níveis mais baixos (15 a 25%) tanto altos (45 a 55%). Desta forma, espera-se encontrar uma acidez titulável menor que 6 mEq /L.

4.3.3. Superfície de resposta da Acidez Fixa na Vodka

A superfície de resposta quanto a Acidez Fixa da Vodka foi gerada com o objectivo de conhecer a tendência do melhor ponto óptimo, uma vez que não foi significativo ($p < 0,05$).



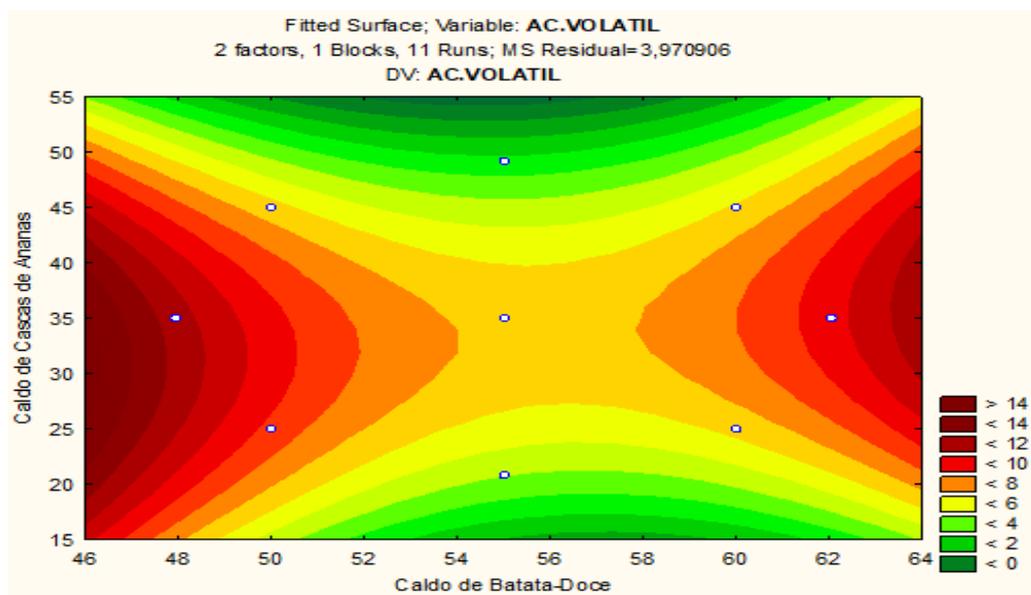
(c)

Figura 13: superfície de resposta (c) para acidez fixa na Vodka obtida a partir da combinação de caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás.

A figura 13 apresenta a superfície de resposta do experimento através do modelo empírico. Observa-se que os pontos centrais apresentam valores baixos para a variável acidez fixa. O ideal é trabalhar nas concentrações de caldo de batata-doce entre (50 a 64%), e para o caldo de cascas de ananás o ideal é trabalhar entre (10 a 45%), faixa esta caracterizada pela coloração verde.

4.3.4. Superfície de resposta da Acidez Volátil na Vodka

A superfície de resposta quanto a Acidez Volátil da Vodka foi gerada com o objectivo de conhecer a tendência do melhor ponto óptimo, uma vez que não foi significativo ($p < 0,05$).



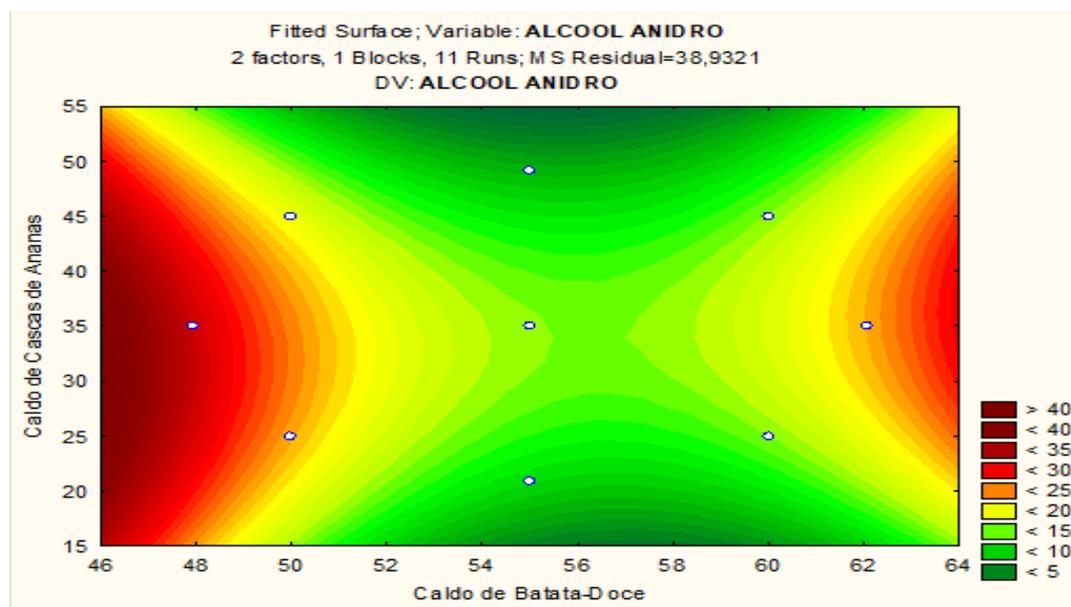
(d)

Figura 14: superfície de resposta (d) para Acidez Volátil da Vodka obtida a partir da combinação de caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás.

Pela figura 14 nota-se que o caldo de batata-doce deve estar nas proporções 50 a 64% e caldo de cascas de ananás pode ser trabalhado tanto em níveis mais baixos (15 a 25%) tanto altos (40 a 55%). Desta forma, espera-se encontrar uma acidez volátil menor que 6 mg/100mL.

4.3.5. Superfície de Resposta do Álcool Anidro na Vodka

A superfície de resposta quanto a Álcool Anidro na Vodka foi gerada com o objectivo de conhecer a tendência do melhor ponto óptimo, uma vez que não foi significativo ($p < 0,05$).



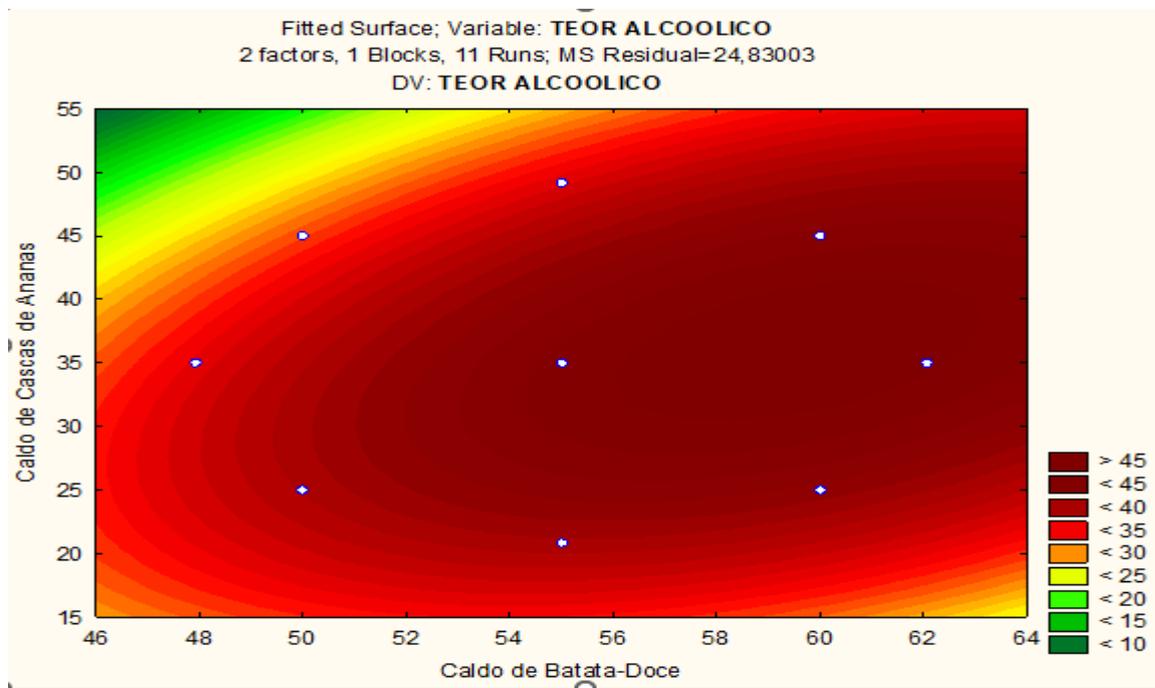
(e)

Figura 15: superfície de resposta (e) para o Álcool Anidro da Vodka obtida a partir da combinação de caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás.

De acordo com a figura 15 nota-se que o caldo de batata-doce deve estar nas proporções 50 a 64% e para o caldo de cascas de ananás pode ser trabalhado tanto em níveis mais baixos (15 a 25%) tanto altos (45 a 55%). Desta forma, espera-se encontrar uma concentração de álcool Anidro na vodka inferior à 10 mg/100mL.

4.3.6. Superfície de Resposta do Teor Alcoólico da Vodka

A superfície de resposta quanto a Acidez Volátil da Vodka foi gerada com o objectivo de conhecer a tendência do melhor ponto óptimo, uma vez que não foi significativo ($p < 0,05$).



(f)

Figura 16: superfície de resposta (f) para o Teor Alcoólico da Vodka obtida a partir da combinação de caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás

Analisando a superfície de resposta (figura 16) definiu-se a faixa para a melhor combinação do caldo de batata-doce e caldo de cascas de ananás que garante a produção da vodka com maior teor alcoólico. Para a maximização da resposta em questão, deve-se utilizar uma concentração de caldo de batata-doce na percentagem de (54 a 64%), e para caldo de cascas de ananás de 48 a 52%, assim sendo poderá se obter uma vodka com uma graduação acima de 45% v/v a 20°C.

Os valores obtidos quanto ao teor alcoólico neste estudo, estão de acordo com a legislação brasileira para vodka (BRASIL,2008), que estipula uma concentração de 36 a 54% v/v.

V. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusão

Após a elaboração do ensaio experimental conclui-se que, o uso das cascas de ananás é uma alternativa viável quando combinados com caldo de batata-doce para a produção da vodka. Os tratamentos 3,4,5 e 7 apresentaram maior graduação alcoólica e valores aceitáveis de pH, ATT, Acidez Volátil, fixa e de álcool anidro respectivamente, quando usado proporções de 50 a 60% de caldo de batata-doce e 35 a 50% de caldo de cascas de ananás. Para os tratamentos que foram usadas proporções menores de 50% para ambas matérias-primas apresentaram menor graduação alcoólica.

Através das superfícies de respostas e modelos estudados mostraram que para otimizar o rendimento alcoólico da vodka, só podem ser alcançados nas proporções de 50% em diante para ambos os substratos.

5.2. Recomendações

Findo o presente estudo, deixa-se as seguintes recomendações:

- Para as futuras pesquisas, recomenda-se que sejam realizados estudos relacionados com elaboração de vinhos usado batata-doce misturado com cascas de ananás.
- A repetição desta pesquisa para analisar outros parâmetros de qualidade como: Metanol, Álcoois superiores e análise sensorial.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALCARDE, A. R. Bebidas destilado retificadas: vodka e gim. In: VENTURINI FILHO, W.G. (Org.). Bebidas alcoólicas. São Paulo: Blucher,2010. v.1, p.413-421.
2. ALVES, F. M. S.; MACHADO, A. V.; QUEIROGA, K. H. Alimentos produzidos a partir de farinha de caju, obtida por secagem. Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.3, p.131 - 138 julho/setembro de 2011.
3. AQUARONE, E, E. et al. Biotecnologia industrial: Alimentos e bebidas produzidas por fermentação. São Paulo: Edward Blucher,2007. v.4,544p.
4. ARAÚJO, C. S. P., ANDRADE, F. H. A., GALDINO, P. O. PINTO, M. S. C., 2015. Desidratação De Batata-Doce Para Fabricação De Farinha. Agropecuária Científica no Semiárido, 33-41.
5. BARICHELLO, V.et al. Low temperature sweetening in susceptible and resistant potatoes: starch structure and composition. Journal of Food Science, Chicago, v.55, n 4, p.1054 – 1059, Aug. 2015.
6. BAUD, G. Avaliação de fomas de fabricação de farinha tipo paulista. Botucatu: Cerat/Unesp, 1997.39 p.
7. BOZA, T.E. A. G.; HORRI, J. Influência da destilação sobre a composição e qualidade sensorial da aguardente de cana-de-açúcar. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 18, n. 4, p. 391-396, out./dez. 1998.
8. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n.19, de 19 de março de 2020. Brasília,DF: MAPA, 2020.
9. CARDOSO, M. G. (Ed.). Produção de aguardentes de cana. 3. Ed. Lavras: UFLA, 2013. 340 p.
10. CARVALHO, F.C. Disponibilidade de resíduos agroindustriais e do beneficiamento de produtos agrícolas. Informações Econômicas. p. 20, 1992.
11. CARVALHO, N. A.; IFARRAQUIERRE, T. R.; AQUINO, A. S.; KUNZULER, C.; MAGALHÃES, T. O.; EINLOFT, T.; CANDRETTA, C.; EINLOFT, S.; MEDINA-SILVA, R.; Produção de bioetanol a partir de grão de arroz, 2008.
12. CASTRO, L. A. S. DE; BECKER, A. Batata-doce BRS Amélia. Pelotas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2011.
13. CASTRO, L. A. S. Etanol de batata-doce, uma realidade. Disponível em: Acesso em: 17 ago.2017.
14. CHEN, Z.; SAGIS, L.; LEGGER, A.; LINSSEN, J.P.H.; SCHOLS, H.A.; VORAGEN,

- A.G.J. Evaluation of starch noodles made from typical Chinese sweet-potato starches. *Journal of Food Science*, Malden, v. 67, n. 9, p. 3342-3347, 2002.
15. CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças. 2. ed. Lavras: ESAL (FAEPE), 2005. 783 p.
16. CRESTANI, M.; BARBIERI, R.L.; HAWERROTH, F.J.; CARVALHO, F.I.F; OLIVEIRA, A.C. Das Américas para o Mundo - origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. *Ciência Rural*, v.40. p.1473-1483, 2010.
17. EMBRAPA HORTALIÇAS. Sistemas de produção. Disponível em <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fontesHTML/batata-Doce/Batata-doce_batatas/composição_uso.html>. Acesso em 22 mai.2022.
18. EVANGELISTA, A. F. et al. Produção e estudo do potencial de hidrólise de uma nova fonte de enzimas amilolíticas a partir do malte de milho (*Zea mays*). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 1-14, 2005.
19. FAGUNDES, G. R. et al. Características físicas e químicas do abacaxi ‘Pérola’ comercializado em 4 estabelecimentos de Brasília – DF. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 22, n. especial, p. 22-25, 2000.
20. FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. FAO STAT. Divisão de estatística. Disponível em: 05 jul. 2017.
21. FILHO, W.G.V. Bebidas não alcoólicas. 2. ed. São Paulo: Blucher: 2018. v. 2.
22. GIUDICI, P.; ROMANO, P.; ZAMBONELLE, C. Abiometric study of higher alcohol production in *saccharomyces cerevisiae*. *Canadian Journal Microbiology*, Ottawa, v.36, n. 1, p.61-64, 1990.
23. Gondim, J. A. M., Moura, M. F. V., Dantas, A. S., Medeiros, R. L. S., & Santos, K. M. (2005). Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25 (4), 825-827.
24. GUERRA, N. B.; LIVERA, A. V. Correlação entre o perfil sensorial e determinações físicas e químicas do abacaxi cv. ‘Pérola’. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 21, n. 1, p. 32-35, 1999.
25. HANANI, Z. A. N.; HUSNA, A. B. A.; SYAHIDA, N.; KHAIZURA, M. A. B.; JAMILAH, B. (2018). Efeito de diferentes cascas de frutas sobre as propriedades funcionais de filmes de bicamada de gelatina / polietileno para embalagem ativa.

26. HANSEN, M. R. et al. Gel texture and chain structure of amyloamylase-modified starches compared to gelatine. *Food Hydrocolloids*, Oxford, v. 22, n. 8, p. 1551-1566, 2008.
27. INE- Instituto Nacional de Estatística. (2011). Censo Agro-pecuário 2009-2010: Resultados definitivos. Maputo - Moçambique
28. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP 1985. p.346 e 361.
29. JANZANTTI, N. S. Compostos voláteis e qualidade de sabor de cachaça. (2004). 179 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
30. LÉAUTÉ, R. (2009). Distillation in alembic. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v.
31. LIMA, Andrade; MELO FILHO, Artur. (2011). Tecnologia de bebidas. Recife: EDUFRPE, Rede e-tec. Brasil.
32. Lima, P. C. C., Souza, B. S., Santini, A. T., & Oliveira, D. C. (2017). Agroindustrial use of waste from minimum processed pineapple 'pérola'. *HOLOS*. 2. 122. 10.15628/holos.2017.5238.
33. LIMA, U. A.; BASSO, L. C.; AMORIM, H. V. Produção de etanol. In: LIMA, U. A. et al. (Coord.). *Biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos*. São Paulo: E. Blucher, 2011. P. 11-18. (*Biotecnologia Industrial*, 3).
34. MACHADO, C. M. M.; ABREU, F. R. Produção de álcool combustível a partir de carboidratos. *Revista de Política Agrícola*, ano XV, n. 3, jul./ago./set. 2021
35. MACHINE, A. (2019). Caracterização físico-química e sensorial de pães elaborados com adição de farinha de batata-doce (*ipomea batatas lam*).
36. MANETTI, L.M. (2009). Metabólitos secundários da família Bromeliaceae.
37. MANICA, I. *Fruticultura tropical 5: abacaxi*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1999. 501 p.
38. MOREIRA, A.C.C.G; NASCIMENTO, J.D.M.; ANDRADE, R.A.M.S.; MACIEL, M.I.S.; MELO, E.A. (2012). Fitoquímicos bioativos em frutos de genótipos de cajá-umbuzeiras.
39. MORENO-ARRIBAS, M. V.; POLO, M. C. *Wine Chemistry and Biochemistry*. Springer Science e Business Media, 2009 735p.

40. MUNIZ, C. R.; BORGES, M. F.; ABREU, F. A. P.; NASSU, R. T.; FREITAS, C. A. S. (2002). Bebida fermentada a partir de frutos tropicais.
41. MUÑOZ, A.M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. *Sensory Evaluation in Quality Control*. New York: VanNostrandReinhold, p. 240,1992.
42. Neres, J. P. G., Souza, R. L. A., & Bezerra, C. F. (2015). Iogurte com polpa e farinha da casca do abacaxi. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*. Juiz de Fora, 70 (5), 262-269.
43. Pecosch, A. F., & Tizon, A. C. (2011). Avaliação e quantificação da vitamina c no blend de abacaxi com acerola.
44. Públio, A.P.P.B. (2008) – Características físico-químicas de tubérculos de batata submetidos a fontes e concentrações de potássio. Dissertação de Mestrado. Vitória da Conquista, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 58 p.
45. REGULY, C. J. *Biotecnologia dos processos fermentativos*, v2. Ed. Universitária, pg: 56,60,61,67,68,69, UFPel. 1998.
46. RODRIGUES, A.A.; MENDONÇA, R.M.N.; SILVA, A.P.; SILVA, S.M.; PEREIRA, W.E. (2010). Desenvolvimento vegetativo de abacaxizeiros 'Pérola' e 'Smooth Cayenne' no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal.
47. ROGÉRIO, M.C.P.; BORGES, I.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M.; SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N. M.; NUNES, F.C.S.; CARVALHO, R.F. (2004). Valor nutritivo do subproduto da indústria processadora de abacaxi (*Ananás comosus*) em dietas para ovinos. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Anais*.
48. Rossel G., Espinoza C., Javier M. & Tay D. (2008). Regeneration guidelines: sweet potato. In: *Crop Specific regeneration guidelines [CD-ROM] CGIAR system –wide genetic resource*, Programme, Rome, Italy, 9 pp. Dullo M.E., Thormann I., JorgeM.A. and Hason J. (eds).
49. Sanjairaj, V., Iniyar, S. & Goic, R. (2012). A review of solar drying technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16. 2652-2670. 10.1016/j.rser.2012.01.007.
50. Santini, A. T., Souza, B. S., Oliveira, D. C., Oliveira, M. D., Borges, S. S., & Cardoso, P. F. (2013). Aproveitamento da casca de abacaxi na confecção de geleia. 5ª Jornada Científica e Tecnológica e 2º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS.

51. Santini, A. T., Souza, B. S., Oliveira, D. C., Oliveira, M. D., Borges, S. S., & Cardoso, P. F. (2013). Aproveitamento da casca de abacaxi na confecção de geleia. 5ª Jornada Científica e Tecnológica e 2º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS.
52. Sarzi, B., Durigan, J. F., & Junior, O. D. (2002). Temperatura e tipo de preparo na conservação de produto minimamente processado de abacaxi ‘Pérola’. Revista Brasileira de Fruticultura, 24(2), 376-380. 10.1590/S0100-29452002000200020.
53. SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Cultura da batata-doce. In: CEREDA M. P.; Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas. São Paulo: Cargill, 2002. 2, p. 448-504.
54. Silva, J. L. A., Dantas, D. L. L., Gaspareto, O. C. P. & Falcão Filho, R. S. (2010). Utilização de abacaxi para elaboração de vinhos: avaliação físico química e aceitabilidade. Holos, 3, 108-118. doi: 10.15628/holos.2010.401.
55. Silva, N. S., Silva, B. A., Souza, J. H. P., Dantas, V. V., Reis, K. B. & Silva, E. V. C. (2011). Elaboração de bebida alcoólica fermentada a partir do suco de manga rosa (*Mangifera indica L.*). Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, 5 (1), 367-378. doi: 10.3895/S1981- 36862011000100012.
56. SOUTO, R. F. *et al.*, (2004). Conservação pós-colheita de abacaxi ‘Pérola’ colhido no estádio de maturação “pintado” associando-se refrigeração e atmosfera modificada.
57. SRICHUWONG, S. *et al.* (2012). Sweet potato having a low temperature-gelatinizing starch as a promising feedstock for bioethanol production. *Biomass and Bienergy*.
58. TORRES NETO, A. B.; SILVA, M. E.; SOLVA, W. B.; SWARNAKAR, R.; HONORATO, F. L. (2006). Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale L.*).
59. VENTURINI FILHO, W. G. Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia. 2. ed. São Paulo: Blucher: 2016. v. 1.
60. VENTURINI FILHO, W. G.; MENDES, B. P. Fermentação alcoólica de raízes tropicais. In: CEREDA, M. P. (Coord). Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas (Série: Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas).
61. Virmond, E.P.; Kawakami, J.; Voncik, K.S.; Córdova, K.R.V. & Slompo, P.J.H. (2014) – Características físico- químicas de cultivares de batata sob cultivo orgânico. *Ambiência*.
62. YANO, C.Y.B.; CARDOSO, D.B.; MATTIETTO, R.A. (2007). Aproveitamento de resíduos de abacaxi na elaboração de uma bebida mista adicionada de polpa integral de

- maracujá amarelo. In: Simpósio Latino-americano de Ciência de Alimentos, 2007, Ciência e tecnologia de alimentos em benefício à sociedade: ligando a agricultura à saúde: Resumos. Capinas: SBCTA: Unicamp/FEA.
63. BALAMAZE, J. (2017). PRODUÇÃO DE VINHO DE BOA QUALIDADE A PARTIR DE CASCAS DE FRUTAS SIMPLES MISTURADAS. *ajfand*, 1182.
64. CHALCHISA, T. (2021). Aproveitamento das cascas do abacaxi para produção de vinagre.
65. JULIANA, V. L., & VIZZOTO, M. (2022). CARACTERIZAÇÃO DE BATATA-DOCE DE POLPA ROXA (*Ipomoea batatas*). CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2.
66. Mause, B. (2015). Caracterização e avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante das polpas e derivados dos frutos de massala (*strychnos spinosa*) e mapfilwa (*vangueria infausta*). Maputo.
67. MENDOZA, J. D. (2017). produtividade e características físico-químicas de acessos de batata-doce procedentes de comunidades quilombolas do vale do Ribeira/SP.
68. MENEZES, A. G. (2014). PRODUÇÃO DA VODKA A PARTIR DA BATATA-DOCE (*solanum tuberosum* L) CULTIVAR AGATA. REPOSITÓRIO UFLA.

VII. APÊNDICES & ANEXOS

Apêndice-I: (Processamento do caldo de batata-doce)



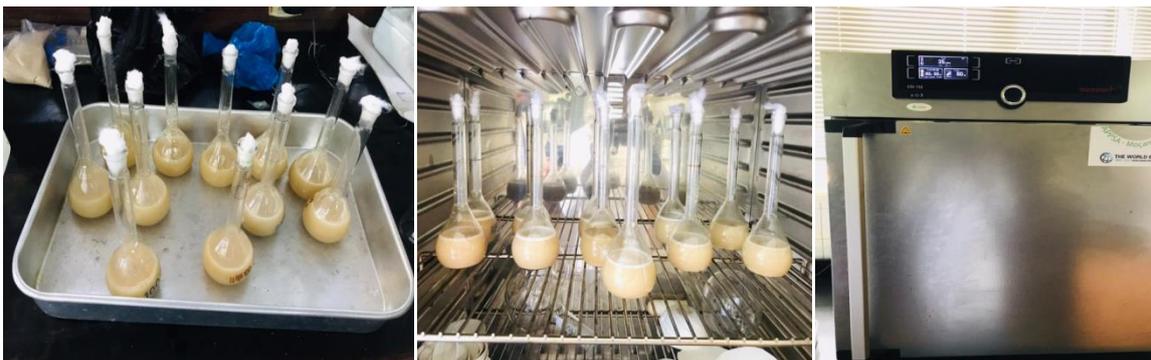
Apêndice-II: (Processamento de Malte de Milho)



Apêndice-III: (Processamento de caldo de cascas de ananás)



Apêndice-IV: (Preparação do inóculo)



Apêndice – V: (Inoculação, fermentação e avaliação dos parâmetros)



Apêndice – VI: (Destilação, bi-Destilação, redestilação e medição de grau alcoólico)



Apêndice – VII: (Purificação e filtração)



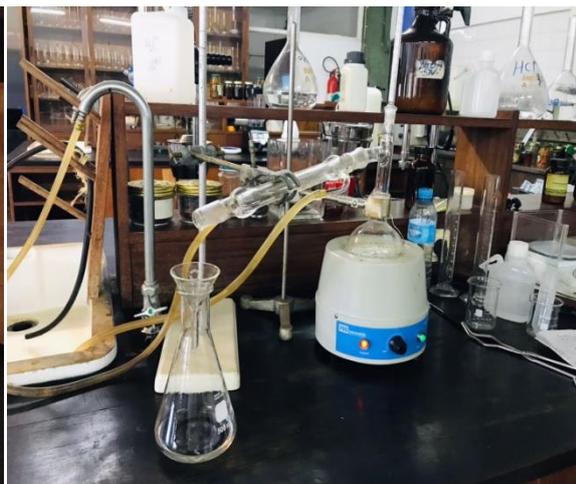
Apêndice – VIII: (Equipamentos utilizados para a elaboração do experimento)



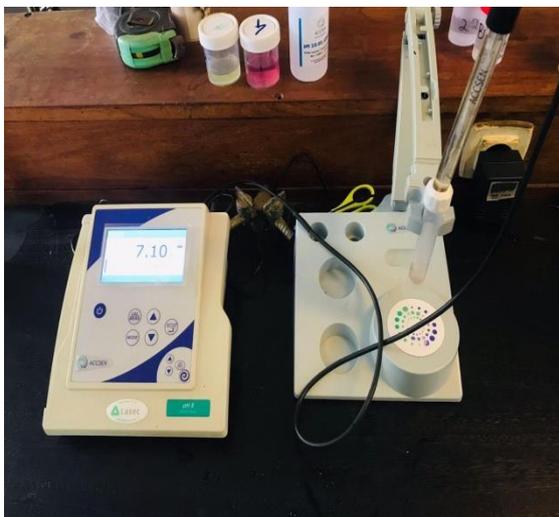
(a) Estufa de aeração forçada (MEMMART) (b) liquidificador (SILVER CREST)



(c) Balança analítica



(d) Micro-distiladora e manta de aquecimento



(e) Ph-metro



(f) Refratômetro de Bancada

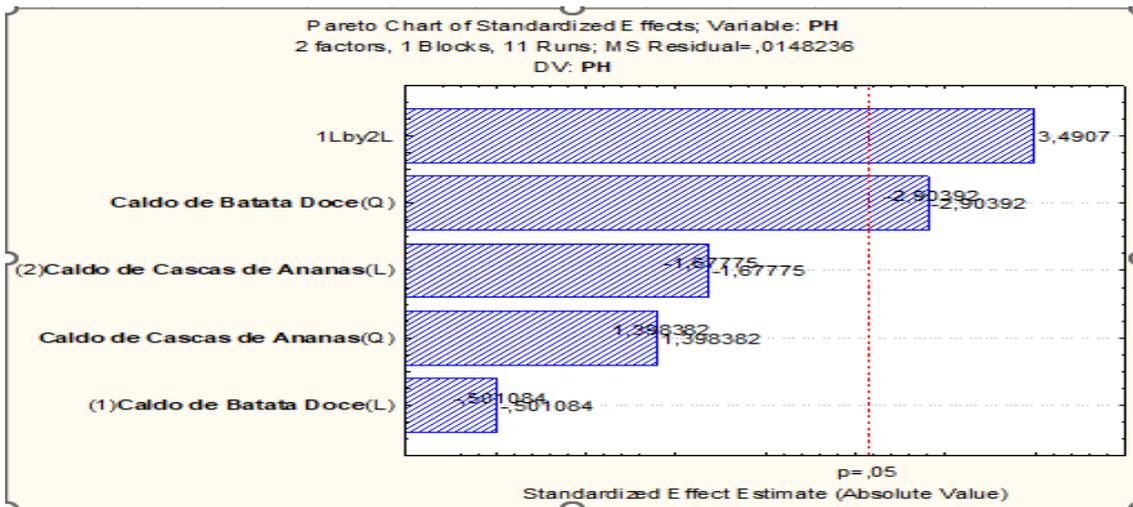


(g) Cadinhos de Porcelana

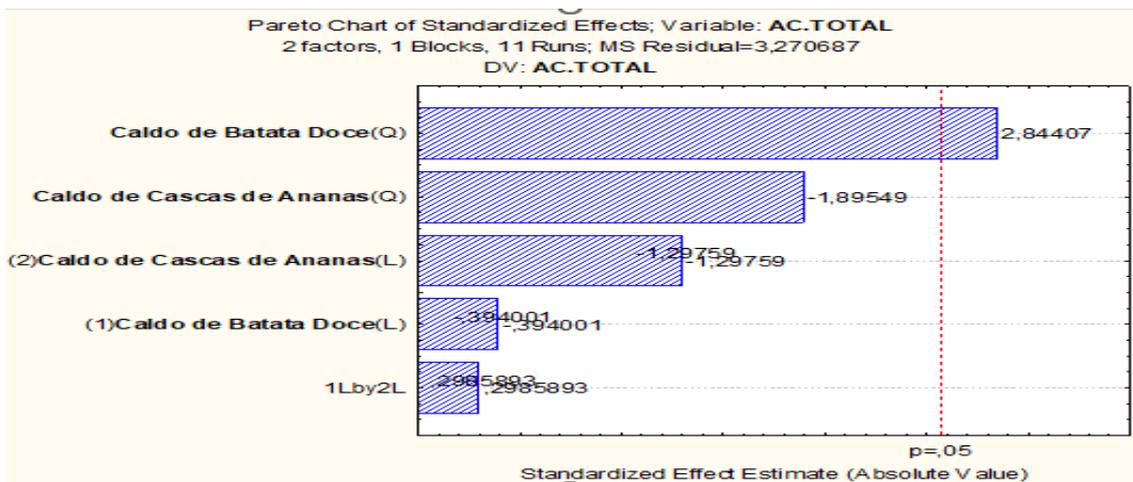


(h) Banho Maria

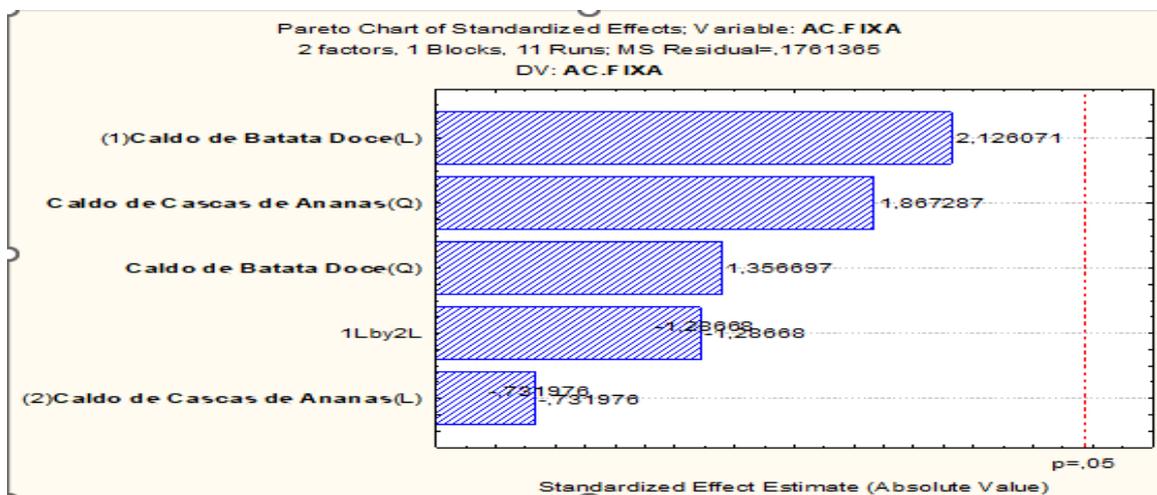
ANEXOS



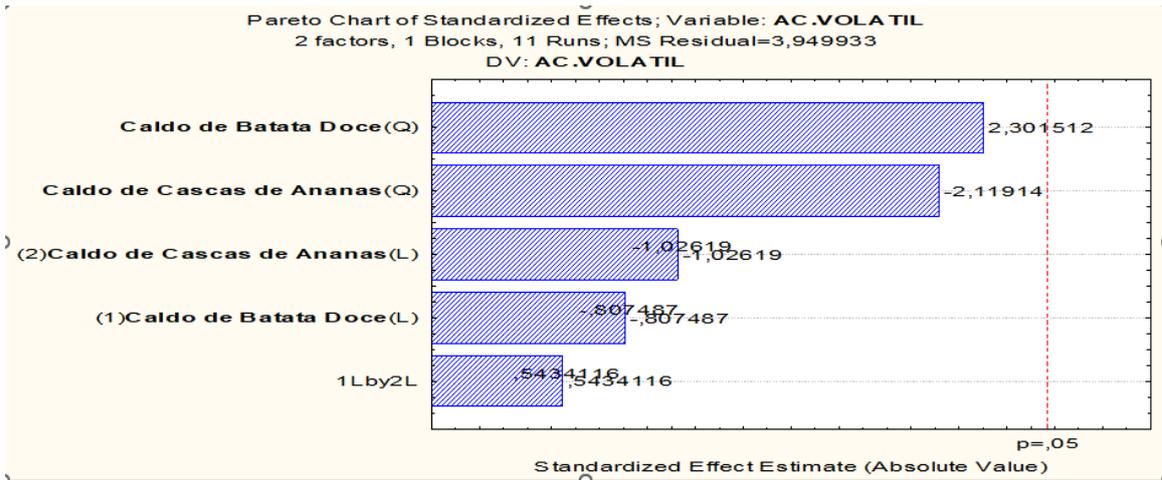
Anexo I: Diagrama de Pareto chart do pH da Vodka



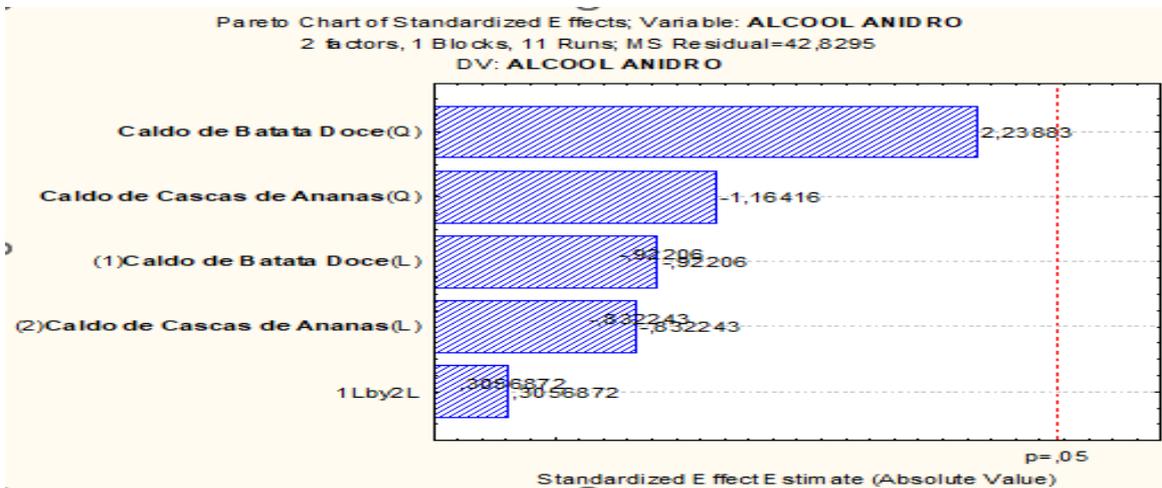
Anexo II: Diagrama de pareto chart de ATT da Vodka.



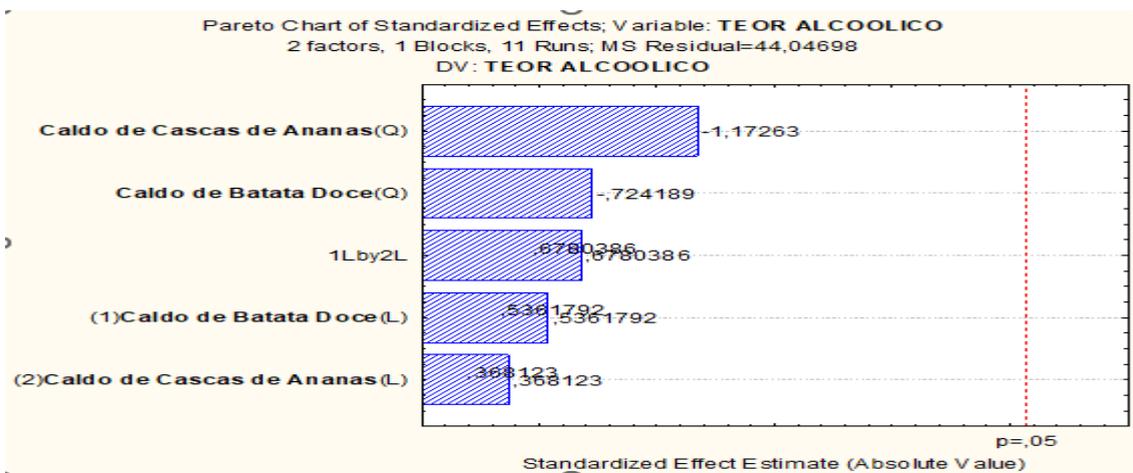
Anexo III: Diagrama de Pareto chart da acidez fixa da Vodka



Anexo IV: Diagrama de Pareto Chat da acidez volátil da Vodka



Anexo V: Diagrama de Pareto Chart de álcool anidro da vodka



Anexo VI: Diagrama de Pareto Chat da graduação alcoólica da vodka

Regr.Coefficients;Var.:PH;R-sqr=,85375;
 Adj:,70751(Spreadsheet2_(Recovered))2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS
 Residual=,0148236 DV: PH

Factors	Regressn Coeff	Std.Err	t (5)	P-value
Mean/Interc.	4.576158	0.07029 3	65.1014 0	0.00000 0
(1) Caldo de Batata-Doce (L)	-0.021602	0.04311 0	- 0.50108	0.63758 8
Caldo de Batata-Doce (Q)	-0.149382	0.05144 1	- 2.90392	0.03363 7
(2) Caldo de Cascas de ananás(L)	-0.072328	0.04311 0	- 1.67775	0.15423 9
Caldo de Cascas de ananás (Q)	0.071935	0.05144 1	1.39838	0.22086 0
1L by 2L	0.212500	0.06087 6	3.49070	0.01745 7
R ² =85,375				

Anexo VII: Regressão múltipla para a resposta do pH da Vodka

Regr.Coefficients;Var.:AC.TOTAL;Rsqr=,7838;Adj:,56759(Spreadsheet2_(Recovered))2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Residual=3,270687 DV: AC.TOTAL

Factors	Regressn Coeff	Std.Err	t (5)	P-value
Mean/Interc.	8.76897	1.044128	8.39837	0.000392
(1) Caldo de Batata-Doce(L)	-0.25230	0.640356	- 0.39400	0.709823
Caldo de Batata-Doce (Q)	2.17319	0.764111	2.84407	0.036074
(2) Caldo de Cascas de ananás(L)	-0.83092	0.640356	- 1.29759	0.251064
Caldo de Cascas de ananás (Q)	-1.44836	0.764111	- 1.89549	0.116537
1L by 2L	0.27000	0.904252	- 0.29859	0.777264
R ² =78,38				

Anexo VIII: Regressão múltipla para a resposta do ATT da Vodka

Regr.Coefficients;Var.:AC.FIXA;Rsqr=,68593;Adj:,37185(Spreadsheet2_(Recovered))2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Residual=,1761365 DV: AC.FIXA

Factors	Regressn Coeff	Std.Err	t (5)	P-value
Mean/Interc.	2.040014	0.242303	8.41926	0.000388
(1) Caldo de Batata-Doce (L)	0.315940	0.148603	2.12607	0.086835
Caldo de Batata-Doce (Q)	0.240572	0.177322	1.35670	0.232916
(2) Caldo de Cascas de ananás (L)	-0.108774	0.148603	- 0.73198	0.497035
Caldo de Cascas de ananás (Q)	0.331110	0.177322	1.86729	0.120834
1L by 2L	-0.270000	- 0.270000	- 1.28668	0.254557
R ² =68,593				

Anexo IX: Regressão múltipla para o resultado de acidez fixa da vodka

Regr. Coefficients; Var.:AC.VOLATIL; R-sqr=,75964; Adj:.,51928
 (Spreadsheet2_(Recovered))2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS
 Residual=3,949933DV: AC.VOLATIL

Factors	Regressn Coeff	Std.Err	t (5)	P-value
Mean/Interc.	6.72896	1.147438	5.86433	0.002045
(1) Caldo de Batata- Doce(L)	-0.56824	0.703715	-0.80749	0.456066
Caldo de Batata-Doce (Q)	1.93261	0.839715	2.30151	0.069641
(2) Caldo de Cascas de ananás (L)	-0.72215	0.703715	-1.02619	0.351859
Caldo de Cascas de ananás (Q)	-1.77947	0.839715	-2.11914	0.087601
1L by 2L	0.54000	0.993722	-0.54341	0.610187
75,964				

Anexo X: Regressão Múltipla para o resultado da acidez volátil da Vodka.

Regr. Coefficients; Var.:ALCOOL ANIDRO; R-sqr=,67223; Adj:.,34445
 (Spreadsheet2_(Recovered))2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS
 Residual=42,8295 DV: ALCOOL ANIDRO

Factors	Regressn Coeff	Std.Err	t (5)	P-value
Mean/Interc.	15.22375	3.77838 1	4.0291 7	0.01002 9
(1) Caldo de Batata- Doce(L)	-2.13665	2.31725 3	0.9220 6	0.39880 6
Caldo de Batata-Doce (Q)	6.19056	2.76508 6	2.2388 3	0.07532 5
(2) Caldo de Cascas de ananás (L)	-1.92852	2.31725 3	0.8322 4	0.44319 3
Caldo de Cascas de ananás (Q)	-3.21900	2.76508 6	1.1641 6	0.29688 3
1L by 2L	1.00027	3.27221 2	0.3056 9	0.77216 0
67,223				

Anexo XI: Regressão múltipla para resultados de álcool anidro na Vodka

Regr. Coefficients; Var.: TEOR ALCOOLICO; R-sqr=, 32594; Adj: 0,
 (Spreadsheet2_(Recovered))2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS
 Residual=44,04698 DV: TEOR ALCOOLICO.

Factors	Regressn Coeff	Std.Err	t (2)	P-value
Mean/Interc.	44.31133	3.831707	11.56438	0.000085
(1) Caldo de Batata-Doce(L)	1.26000	2.349958	0.53618	0.614820
Caldo de Batata-Doce (Q)	-2.03071	2.804111	-0.72419	0.501404
(2) Caldo de Cascas de ananás (L)	0.86507	2.349958	0.36812	0.727852
Caldo de Cascas de ananás (Q)	-3.28819	2.804111	-1.17263	0.293765
1L by 2L	2.25000	3.318395	0.67804	0.527850
32,594				

Anexo XII: Regressão Múltipla para o resultado do teor alcoólico da Vodka.

Tratamentos	0H	12H	36H	60H	108H
T1	0	79.6	77.78	72.09	73.03
T2	0	80.14	78.14	70.37	22.58
T3	0	80.46	78.94	70	67.56
T4	0	79.05	71.43	73.5	53.84
T5	0	78.53	75.05	74.04	33.33
T6	0	78.9	73.91	70.96	34.09
T7	0	79.58	67.3	60.26	33.98
T8	0	80	62.26	58.66	28.9
T9	0	80	76.42	60	36.67
T10	0	80	64.7	72.72	34.34
T11	0	78.94	36.17	52.67	28.67

Anexo XIII: Tabela de Valores referente CO₂ durante a processo fermentativo

Tratamentos	0H	12H	36H	60H	108H
T1	4.35	4.12	3.66333	4.05	3.92
T2	4.38	4.15	4.16	4.09	3.92333
T3	4.32667	4.16667	4.18	4.11333	3.79667
T4	4.34	4.13	4.14	4.1	3.99
T5	4.35333	4.14	4.1	4.07667	3.95
T6	4.35667	4.18	4.22	4.13333	4.03
T7	4.37333	4.15667	4.3	4.13667	4.02
T8	4.37	4.16667	4.47	4.27	3.89333
T9	4.40667	4.14667	4.41667	4.25333	3.95333
T10	4.37	4.14	4.18	4.09667	4.18
T11	4.37333	4.14667	4.58	4.14333	4.22667

Anexo XIV: Tabela de Valores referente Ph durante a processo fermentativo

Tratamentos	0H	12H	36H	60H	108H
T1	12.3	8.83333	4.83333	3.36667	2.3
T2	12.16667	8.2	5.13333	4.26667	2.2
T3	12.43333	9.06667	3.76667	4.53333	2.1
T4	12.36667	8.6	4.06667	3.25	2.8
T5	12.2	8.5	5.33333	3.8	2.8
T6	12.06667	8.56667	5.63333	3.8	3
T7	12.26667	8.33333	4.83333	4	3.16667
T8	12.02667	10.5667	3.4	3.3	2.9
T9	12.02333	9.36667	4.06667	4.23333	2.46667
T10	12.02667	9.46667	4.53333	4.36667	3.26
T11	12	8.96667	4.7	4.36667	4.1

Anexo XV: Tabela de Valores referente °Brix durante a processo fermentativo

Tratamentos	0H	12H	36H	60H	108H
T1	61.2	73.2	84	93.6	110.4
T2	61.2	74.4	84	82.8	115.2
T3	63.6	86.4	102	88.8	120
T4	73.2	78	91.2	85.2	104.4
T5	76.8	84	100.8	86.4	98.4
T6	74.4	84	78	92.4	103.2
T7	73.2	75.6	78	69.6	103.2
T8	54	82.8	63.6	58.8	93.6
T9	76.8	82.8	84	66	86.4
T10	57.6	80.4	90	96	82.8
T11	44.4	52.8	94.8	81.6	79.2

Anexo XVI: Tabela de Valores referente ATT durante a processo fermentativo