



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS  
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS**

**SEMYRES SOUZA DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE CINÉTICA COMPARATIVA DA PRODUÇÃO DE VODCA CONDUZIDA  
EM PROCESSO FERMENTATIVO DESCONTÍNUO E DESCONTÍNUO  
ALIMENTADO**

**SUMÉ – PB**

**2019**

**SEMYRES SOUZA DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE CINÉTICA COMPARATIVA DA PRODUÇÃO DE VODCA CONDUZIDA  
EM PROCESSO FERMENTATIVO DESCONTÍNUO E DESCONTÍNUO  
ALIMENTADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

**Orientador: Professor Dr. Jean César Farias de Queiroz.**

**SUMÉ – PB**

**2019**

O482a Oliveira, Semyres Souza de.

Análise cinética comparativa da produção de vodca conduzida em processo fermentativo descontínuo e descontínuo alimentado. / Semyres Souza de Oliveira. - Sumé - PB: [s.n], 2019.

48 f.

Orientador: Prof. Dr. Jean César Farias de Queiroz.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

1. Produção de vodca. 2. Análise cinética. 3. Processo fermentativo descontínuo. 4. Processo fermentativo descontínuo alimentado. 5. Batata doce. 6. Bebida retificada. I. Título.

CDU: 66.048 (043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

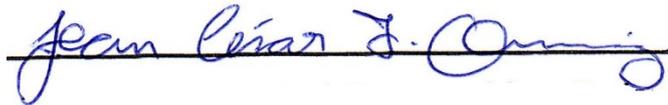
Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**SEMYRES SOUZA DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE CINÉTICA COMPARATIVA DA PRODUÇÃO DE VODCA CONDUZIDA  
EM PROCESSO FERMENTATIVO DESCONTÍNUO E DESCONTÍNUO  
ALIMENTADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

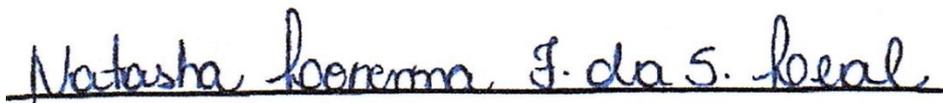
**BANCA EXAMINADORA**



**Prof. Dr. Jean César Farias de Queiroz  
UAEB/CDSA/UFCG  
Orientador**



**Prof.Dra. Ilza Maria do Nascimento Brasileiro  
UATEC/CDSA/UFCG  
Examinador interno**



**Ma. Natasha Lorenna Ferreira da Silva Leal  
Farmacoquímica De Produtos Naturais E Sintéticos Bioativos  
Examinador externo**

**Trabalho aprovado. Sumé, PB, 12 de Julho de 2019.**

***“Deus nunca disse que a jornada seria fácil, mas ele disse que a chegada  
valeria a pena”***

***Max Lucado***

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, por me proporcionar saúde, força e fé para traçar meu caminho rumo aos meus objetivos, a minha mãe Maria Adilza, mulher guerreira e forte, ao meu pai Severino Selesvaldo, ao meu irmão Matheus Souza, ao meu esposo Pablo Medeiros e minhas filhas Luana Maria e Maria Sofia por todo amor e confiança que sempre me dedicaram.

## **AGRADECIMENTOS**

Chegar até aqui não foi fácil, então de forma humilde gostaria de agradecer a várias pessoas que contribuíram para a realização desse trabalho.

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre presente em minha vida, me proporcionando coragem para traçar novos caminhos, que mesmo com todas as dificuldades sempre me deu forças para lutar e nunca desistir.

Ao meu orientador, professor Jean Queiroz, pela paciência, confiança, amizade, apoio e por todos os ensinamentos.

Aos professores eu agradeço a orientação incansável, o empenho e a confiança que ajudaram a tornar possível este sonho tão especial.

A minha mãe Maria Adilza, que sempre foi minha base, sempre esteve ao meu lado e obrigada por acreditar e confiar em mim. Ao meu pai Severino Selesvaldo e meu irmão Matheus Souza, por todo carinho, força e companheirismo.

Ao meu esposo Pablo e filhas Luana e Sofia, por todo apoio, amor, confiança, paciência e por sempre estarem ao meu lado quando mais precisei.

Ao meu sogro/sogra José Medeiros e Socorro Campos, pela compreensão, paciência e carinho.

Aos meus cunhados/ amigos, Pierre, Plínio, Maiara, Maira, Magna.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

A vodca é o álcool etílico potável, vem das matérias-primas agrícolas e filtrada através do carvão ativado, tem como principal característica a ausência de cheiros e aromas. Tendo sido desenvolvida provavelmente em meados do século XIV, sua origem ainda é tema de discussões entre os países Rússia e Polônia. Nos últimos anos vem ganhando espaço no mercado de destilados, sendo a 5ª bebida mais consumida no Brasil. Assim esse trabalho teve como objetivo estudar a produção de vodca, a partir do mosto de batata doce comparando o desenvolvimento utilizando dois tipos de processos fermentativos, sendo uma em modo descontínuo e outra em descontínuo alimentado. Para a realização das fermentações foi utilizado a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, cepa JP1. O mosto obtido foi inoculado em reatores artesanais. Durante as fermentações, foram analisados os parâmetros fermentativos cinéticos: teor de sólidos solúveis, concentração células e concentração de etanol ao longo dos processos fermentativos. Também foram determinados o rendimento, eficiência e produtividade do fermentado alcoólico. O teor de sólidos solúveis de 18,0°Brix inicial e de 8,0°Brix final, com concentrações de células iniciais de 105,84 g/L e finais de 79,51g/L e a concentração final de etanol foi 19,5°GL. O fermentado foi destilado em alambique artesanal, com melhor rendimento das fermentações realizadas foi 0,49, com melhor eficiência de 95,9% e melhor produtividade 0,15 g/L.h<sup>-1</sup>. Os destilados foram purificados em carvão ativado e foi realizado mais uma destilação para obter uma Vodca com graduação alcoólica de 40% (v/v), dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira.

**Palavras-chave:** Bioprocesso. Batata Doce. *Saccharomyces cerevisiae*. Bebida Retificada.

## ABSTACT

Having been developed probably in the middle of the fourteenth century, its origin is still the subject of discussions between the countries Russia and Poland, vodka is the ethyl alcohol drinkable, comes from agricultural raw materials and filtered through activated carbon, has as main characteristic the absence of scents and aromas. In the last years, it has gained space in the distilled market, being the 5th most consumed drink in Brazil. The objective of this work was to study the production of vodka from the sweet potato, comparing the development using two types of fermentative processes, one in batch mode and the other on fed bath. *Saccharomyces cerevisiae* strain JP1 was used to carry out the fermentations. The obtained wort was inoculated in artesian reactors. During the fermentations, the kinetic fermentation parameters were analyzed: soluble solids content, cell concentration and ethanol concentration throughout the fermentation processes. The yield, efficiency and productivity of the alcoholic fermentation were also determined. The soluble solids content ranged from an initial 18,0 °Brix and a final 8,0 °Brix, with initial cell concentrations of 105.84 g/L and final 79.51 g/L, and the final concentration of ethanol was 19.5 °GL. Fermentation was distilled in a handcrafted alembic, with better yield of the fermentations performed, 0.49, with better efficiency of 95.9% and better yield of 0.15 g/L.h<sup>-1</sup>. The distillates were purified on activated carbon and another distillation was carried out to obtain a vodka with alcoholic strength of 40% (v/v), within the parameters established by the Brazilian legislation.

**Keywords:** Bioprocess. Sweet Potato. *Saccharomyces cerevisiae*. Rectified Drink.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

% - Porcentagem

°C – Grau Celsius

**ABIA** – Associação Brasileira da Indústria de Alimentos

**Atm** - Atmosfera

**CO<sub>2</sub>** – Dióxido de carbono

**Ef** – Eficiência do processo

**g/L** – Gramas por litro

**h** – Horas

**ha** – Hectare

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**Kg** – Quilogramas

**L** – Litro

**mL** – Mililitro

**MM** – Massa molecular

**Pf** – Concentração final de etanol

**pH** – Potencial hidrogeniônico

**Pi** – Concentração inicial de etanol

**PIB** – Produto Interno Bruto

**Qp** – Produtividade

**rpm** – Rotações por minuto

**Rt** – Rendimento total

**Sf** – Concentração final de açúcares

**Si** – Concentração inicial de açúcares

**t** – Tempo

**t** -Tonelada

**UFMG** - Universidade Federal de Campina Grande

**Y<sub>p/s</sub>** – Rendimento

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	16
3.1	BEBIDAS ALCOÓLICAS	16
<b>3.1.1</b>	<b>Bebidas destilo – retificadas</b>	17
<b>3.1.2</b>	<b>Vodca</b>	17
3.1.2.1	Mercado socioeconômico da vodca	18
3.2	BATATA-DOCE	19
<b>3.2.1</b>	<b>Importância socioeconômica da batata-doce</b>	21
3.3	LEVEDURA <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	22
3.4	PROCESSOS FERMENTATIVOS	23
<b>3.4.1</b>	<b>Descontínuo</b>	23
<b>3.4.2</b>	<b>Descontínuo alimentado</b>	23
<b>3.4.2.1</b>	<b>Reciclo de células</b>	24
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	25
4.1	MATERIA – PRIMA	25
4.2	PREPARO DO MOSTO	25
<b>4.2.1</b>	<b>Esterilização do mosto</b>	26
4.3	MICROORGANISMOS	26
4.4	PROPAGAÇÃO DA LEVEDURA	26
4.5	FERMENTAÇÃO ANAERÓBICA	27
<b>4.5.1</b>	<b>Processo descontínuo – piloto</b>	27
<b>4.5.2</b>	<b>Processo descontínuo</b>	27
<b>4.5.3</b>	<b>Processo descontínuo alimentado</b>	28
<b>4.5.3.1</b>	<b>Reciclo de células</b>	29
<b>4.5.4</b>	<b>Coleta dos dados cinéticos</b>	30
4.5.4.1	Determinação da concentração de substrato (°brix)	30
4.5.4.2	Análises de pH	30
4.5.4.3	Determinação da concentração celular	30
4.6	DESTILAÇÃO	31
4.7	PURIFICAÇÃO EM CARVÃO ATIVADO	32
4.8	FILTRAÇÃO	32

4.9 BI DESTILAÇÃO.....	33
4.10 PARÂMETROS FERMENTATIVOS .....	33
<b>4.10.1 Rendimento de substrato em produto .....</b>	<b>33</b>
<b>4.10.2 Eficiência fermentativa.....</b>	<b>34</b>
<b>4.10.3 Produtividade do processo fermentativo .....</b>	<b>34</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
5.1 ANÁLISE DA FERMENTAÇÃO DO MOSTO DE BATATA – DOCE PARA PRODUÇÃO DE VODCA COM O PROCESSO EM BATELADA PILOTO.....	36
5.2 CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO DO MOSTO DE BATATA – DOCE PARA PRODUÇÃO DE VODCA COM O PROCESSO EM BATELADA.....	37
5.3 CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO DO MOSTO DE BATATA – DOCE PARA PRODUÇÃO DE VODCA COM O PROCESSO EM DESCONTÍNUO ALIMENTADO .....	38
5.4 OBSERVAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO pH PARA OS PROCESSOS FERMENTATIVOS.....	41
5.5 PARÂMETROS FERMENTATIVOS .....	42
5.6 DESTILAÇÃO DA VODCA .....	44
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em diversos povos desde os primórdios a humanidade elabora e consome bebidas alcoólicas. A um grande exemplo de como a maneira de beber e a de forma ou quanto beber é definido por cada etnia nas culturas indígenas. As bebidas alcoólicas ocupam lugares privilegiados em diversas culturas devido ao variado modo de preparo, chegando assim a serem bebidas de consumo essencial nas cerimônias e rituais religiosos (SCHWAN, et al, 2016).

Segundo o IBGE (2017), a indústria de bebidas foi responsável por 3% do valor da produção da indústria de transformação brasileira de 2014. De acordo com ABIA (Associação Brasileira da Indústria de Alimentação, 2017), o faturamento do comércio de bebidas em 2016 foi de R\$ 117,0 bilhões, isso equivale a uma projeção de 1,9% do PIB brasileiro daquele ano e 4,8% ligado ao valor bruto da produção da indústria de transformação.

No Brasil, as bebidas alcoólicas têm em suas características definidas para a ingestão humana no estado líquido sem nenhuma finalidade medicinal, traz em suas definições como sendo produtos refrescantes e aperitivos que contém 0,5% de valor de álcool etílico a 20°C, e traz em suas exigências que o álcool etílico seja potável e obtido através de fermentação ou por destilação - retificação de mosto fermentado (BRASIL, 2009).

De acordo com a Associação Brasileira de Bebidas – ABRABE (2014), a vodca é uma bebida feita à base de cereais que inicialmente se utilizava uma única destilação, que conferia teor alcoólico baixo, porém as descobertas de que destilar mais de uma vez em alambique contínuo notou-se que era extraído uma bebida mais pura e de melhor qualidade, a partir daí para encobrir o sabor forte e desagradável do álcool os produtores começaram a acrescentar frutas, ervas e especiarias ao final de suas destilações, com isso foi obtido um resultado de enorme aceitação entre os consumidores tornando-a como um estilo da bebida.

As matérias primas tradicionais para a produção da vodca segundo Lachenmeier (2008), são os cereais milho e trigo, mas podem ser batata doce, melão ou beterraba, que já foram encontrados em diversos rótulos de vodcas como composição na produção da bebida.

As batatas doce são cultivadas atualmente em 147.000 hectares nos nossos Estados Brasileiro e que estão distribuídas em três safras: das águas, com colheita de dezembro a março, da seca, com oferta de abril a agosto e safra de inverno, setembro a novembro. A safra das águas tem a maior concentração, pois corresponde a 52% do total na safra na oferta global, em seguida aparece com 30% a safra da seca, e a de inverno com 18% é a safra de menor tamanho(GODOY, 2011).

Ainda de acordo com Godoy (2011), 78% do abastecimento nacional na cultura da batata doce vem de 3 estados brasileiros. O estado que aparece com uma maior oferta anual de 32% na produção de batata doce é Minas Gerais, em seguida aparece o estado de São Paulo com 24% e com 22% vem o estado do Paraná. Esses 3 estados citados se destacam no cultivo da batata doce em nosso país.

Diante o conteúdo abordado, designou-se para este presente trabalho uma análise cinética do comparativo da produção de vodca baseando-se na batata-doce (*Ipomoea batatas*), acompanhado pelos processos fermentativos tanto no descontínuo como no descontínuo alimentado, visando a análise da sua evolução, sendo utilizada a levedura do tipo *Saccharomyces cerevisiae*, cepa JP1 para determinar o rendimento e a produtividade do fermentado alcoólico.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a cinética da produtividade da vodca, em escala laboratorial, produzida a partir da batata doce, e comparar a cinética e produtividade dos processos fermentativos operados em modo descontínuo e em descontínuo alimentado.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver mosto fermentativo a partir da utilização da batata doce (*Ipomoea batatas*) para a produção de vodca.
- Avaliar se a levedura do tipo *Saccharomyces cerevisiae* industrial, cepa JP1, é adequada à produção de vodca;
- Analisar a evolução dos parâmetros cinéticos: teor de sólidos solúveis, concentração de células e concentração de etanol durante o processo fermentativo;
- Determinar o rendimento e a produtividade do fermentado alcoólico;
- Destilar o mosto e purificá-lo em carvão ativado;
- Redestilar o produto para obtenção de vodca com teor alcoólico de 40%.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção irá apresentar o levantamento bibliográfico da literatura para o embasamento teórico da pesquisa. Será apresentado os assuntos abordados referentes ao tema do trabalho como: bebidas alcoólicas, bebidas destilado-retificadas, vodca, o mercado socioeconômico da vodca, batata-doce, a importância socioeconômica da batata-doce, processos fermentativos: descontínuo e o descontínuo alimentado, levedura *Saccharomyces cerevisiae* e reciclo de células.

#### 3.1 BEBIDAS ALCOÓLICAS

De acordo com a legislação brasileira, as bebidas alcoólicas estão classificadas em: fermentadas (cerveja e vinho); por misturas (licor, amargo e aperitivo, aguardentes compostas e bebidas mistas); destiladas (cachaça, rum, aguardente, uísque e conhaque) e destilado-retificadas (vodca e gim) (AQUARONE; LIMA; BORZANI, 1993). Assim sendo, as bebidas alcoólicas devido a sua gama de variedade sempre estiveram presentes e em destaque nas mais diversas regiões do nosso país e do mundo.

Congenéricas e Não Congenéricas, essas são as classificações de bebidas destiladas. As bebidas Congenéricas abrangem os uísques, cognac, cachaça e rum, onde seus padrões estão definidos junto a matéria-prima que terá a sua utilidade presentes as condições das etapas durante o processo de produção que será estabelecida na fermentação, destilação e envelhecimento. Já as não Congenéricas estão representadas pela vodca (Vodka) e pelo gim, essas são encontradas durante a retificação de um destilado, onde são obtidas enormes variedades de matéria-prima (VENTURINI FILHO, 2016).

O teor alcoólico é considerado a diferença principal entre as bebidas destiladas e as fermentadas, pois as bebidas destiladas trazem em suas composições um teor alcoólico bem mais elevado dos que as fermentadas devido ao processo de destilação. Encontramos bebidas destiladas nos uísques, aguardentes, conhaques, vodca, já, as bebidas fermentadas encontramos, o vinho e a cerveja. Assim sendo, as bebidas destiladas são obtidas através de processo de fermentação (ABUJAMRA, 2009).

### 3.1.1 Bebidas destilo – retificadas

É um tipo de etanol bastante concentrado que sua purificação é obtida através de repetidas destilações e filtração em carvão ativado, com isso esse processo é conhecido como retificação. Essas bebidas geralmente apresentam um teor alcoólico de 95% (v/v).

O etanol de alta pureza conhecido de etílico potável que tendo sua origem agrícola nos traz as bebidas destilo-retificadas. Nesse conjunto podemos encontrar a vodca, que é produzida desde a diluição do álcool etílico potável junto a água (ALCARDE, 2010).

### 3.1.2 Vodca

Segundo Alcarde, (2010) A vodca é uma bebida que vem de origens nos países Polônia e na Rússia, mas atualmente ela é produzida em diversos países. Suas marcas mais famosas encontram-se na Europa Oriental em países como Rússia, Suécia, Finlândia, sendo assim, é a bebida destilo-retificada mais consumida no mundo. A vodca é o álcool etílico potável que, podem ser encontrados nas matérias-primas agrícolas e que posterior são filtradas através do carvão ativado.

A sua produção passa pelo processo de fermentação de substâncias como tubérculos, grãos, melão e tantas outras substâncias com quantidades insignificantes como cor ou sabor. Então na busca de chegar a máxima pureza, é preciso um rígido processo de destilação em que muitas vezes são múltiplas destilações. Tornando-a uma bebida incolor que contém água e etanol (PETRORO, 2018).

O álcool etílico de origem agrícola ou destilado alcoólico simples de origem retificado, são os dois produtos pré-elaborados para que seja alcançado a vodca. (MENEZES, 2014).

De acordo com o Art.73, o álcool etílico potável que tem em sua origem agrícola é um produto que apresenta uma graduação alcoólica mínima de noventa e cinco por cento no volume, a vinte graus Celsius, alcançado através da destilo-retificação de mosto que veio diretamente da matéria-prima de origem agrícola que tem sua natureza açucarada ou amilácea, resultante da fermentação alcoólica,

mas também podem surgir os produtos da retificação de aguardente ou de destilado de alcoólico simples (BRASIL, 2009).

Segundo Art. 88, O produto traz em sua graduação alcoólica superior a cinquenta e quatro e inferior a noventa e cinco por cento em volume, a vinte graus Celsius é conhecido como destilado alcoólico simples de origem agrícola, esse destilado é destinado para a fabricação de bebidas alcoólicas por destilação simples ou por destilo-retificação parcial seletiva de mosto, ou melhor dizendo, são subprodutos oriundos da matéria-prima de origem agrícola, onde tem em sua natureza o açúcar ou amidalácea que são resultantes da fermentação alcoólica (BRASIL, 1997).

Sendo assim, é bem maior a influência do grau de retificação necessária para a obtenção da pureza desejada do álcool etílico que é tratado com carvão ativado para diminuir a concentração de congêneres e conseqüentemente vai minimizar suas características sensoriais como sabor, matéria-prima e sua cor que traz no processo de fermentação na qualidade da bebida (ALCARDE, 2010).

### 3.1.2.1 Mercado socioeconômico da vodca

Segundo estudos, a vodca é a quinta bebida alcoólica que mais se consome no Brasil, ficando atrás apenas das bebidas mistas, do vinho, da cachaça e da cerveja, onde, segundo Laporta (2018), foi consumido em nosso país 60,6mil litros do destilado nos colocando assim entre os 10 maiores mercados consumidores de vodca do mundo, como apresentado no Gráfico 1.

**Gráfico 1** - Ranking de consumo de bebidas alcoólicas no Brasil em 2018



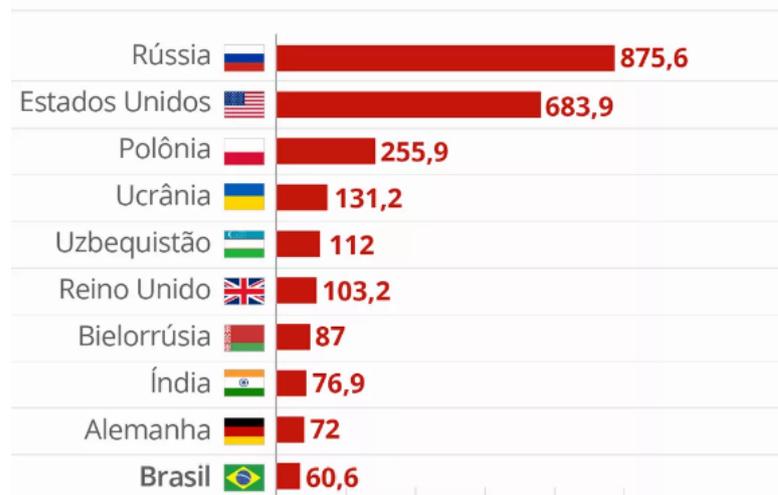
Fonte: Portal G1 (2018)

Em todo o mundo a cerveja é líder em disparado do ranking mundial das bebidas alcoólicas com 196 milhões de litros, o vinho aparece na segunda colocação com 28 milhões de litros vendidos. Em 2017 quase 3 milhões de litros do destilado russo foram consumidos, ficando à frente da cidra, do conhaque, do rum, dos licores, da tequila e do gim. Não é de se surpreender que o maior consumidor de vodca do mundo seja o seu país de origem, onde as vendas dos destilados em 2017 alcançaram a liderança com 875 mil litros deixando para trás os estados Unidos que consumiram 683 mil litros, como demonstra o Gráfico 2.

Gráfico 2 - Ranking mundial do mercado de vodca

### 10 maiores mercados de vodca

Volume de milhares de litros da bebida russa consumidos em 2017



Fonte: Portal G1 (2018)

### 3.2 BATATA-DOCE

*Ipomoea batatas* L. ou simplesmente bata doce, tem suas origens nas Américas Central e do Sul, tendo sua presença marcante desde a Península de Yucatam, no México, até a Colômbia. Conforme relatos e com base em análises em batatas secas encontradas em cavernas localizadas no Peru, mais precisamente no Vale de Chilca, Canyon e em evidências em descrições arqueológicas em regiões ocupada pelos Maias, na América Central, nos traz que o seu uso vem de mais de dez mil anos (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

A batata doce é a raiz de planta rasteira, que se desenvolve sem ter a exigências de cuidados especiais até ser cultivada, ela é da espécie dicotiledônea e

que vem de um grupo familiar na botânica da convolvulácea, que tem mais de 1000 espécies dentro de um grupo de aproximadamente 50 gêneros, porém, dentre todas, apenas a batata doce tem cultivo com valores econômicos (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

A batata doce também apresenta em suas características dois tipos de raízes, que são conhecidas como as de reserva ou tuberosa: que se formam desde o início do desenvolvimento da planta, tendo fácil identificação por ter uma maior espessura, por uma baixa presença das raízes secundárias e é por se originarem dos nós que nela está a principal parte de interesse comercial. E a raiz absorvente, que é formada a partir do meristema cambial, tanto nos nós, quanto nos entrenós, tendo em sua responsabilidade para a absorção de água e extração de nutrientes do solo. Por serem raízes abundantes e com grande ramificação, facilita para absorver nutrientes para o seu desenvolvimento (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

**Foto 1** -Batata Doce (*Ipomoea batatas* L.)



**Fonte:** Autoria própria, 2018.

Vale salientar que as raízes da bata doce podem apresentar formato redondo, oblongo, fusiforme ou alongado, podendo conter veias e dobras e possuir pele lisa ou rugosa. Podem apresentar em sua pele, na casca e na polpa uma coloração bem variável como roxo, salmão, amarelo, creme ou branco. Essas características vão depender de cada região que irá ser comercializada (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2008).

Tendo em seu destaque por ser uma hortaliça com a características bem versátil, pois ela aparece tanto na alimentação humana quanto no animal, tendo seu

cultivo barato e fácil, e por ser de fácil adaptação as condições climáticas, viabiliza na produção dos agricultores familiares (ANDRADE; VIANA; PINTO, 2012).

Segundo Lana e Tavares (2010), na Indústria, a batata doce é a matéria prima para a fabricação de álcool, amido, pães e doces. É um alimento rico em carboidratos, também nos fornece vitaminas A, C e algumas com complexo B. mesmo em quantidades razoáveis.

### **3.2.1 Importância socioeconômica da batata-doce**

Por estar em meio aos 12 produtos que são considerados a fonte básica de alimentos entre as populações que tem o baixo poder aquisitivo, a batata doce ocupa o primeiro lugar nos países do terceiro mundo em suas principais culturas alimentares, já que, se apresenta um teor de proteína de 1,5g a cada 100g (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008) e estar em maior parte das refeições familiares. Aproximadamente 100 países se beneficiam no cultivo da batata-doce, devido a sua enorme capacidade de produção em áreas marginais e conseguindo assim alcançar altos rendimentos que com poucos investimentos conseguem estabelecer a cultura(SILVA, 2015).

Os principais países produtores de batata doce a nível mundial são: China, Japão, Brasil e Estados Unidos. No que se refere aos principais produtores nas Américas aparecem: Brasil, Cuba, Estados Unidos, Argentina, Jamaica, Porto Rico e Venezuela (SILVA, 2015).

Se tratando a nível de Brasil, segundo Resende, Costa e Yuri (2012), nos apresenta que a bata-doce aparece como sendo a quarta hortaliça mais cultivada, tendo uma produção de 495,2 mil toneladas em 41.999 ha, tendo uma produtividade média de 11,8 t.ha<sup>-1</sup> de raízes em 2010. Para efeitos de amostras por estados, só no estado de Minas Gerais foram produzidas em 2010, 37.632 t de batata-doce, com área cultivada de 2.330 ha e rendimento médio de 16,2 t ha<sup>-1</sup>, sendo responsável por 32% do cultivo, sendo o estado brasileiro que mais cultiva batata-doce.

### 3.3 LEVEDURA *Saccharomyces cerevisiae*

A espécie que se tem a maior busca para ser comercializada entre as leveduras e que se apresenta como responsável de uma grande empregabilidade em nosso país e mais precisamente notada na indústria de produção do etanol é a *Saccharomyces cerevisiae* (NEVES, 2015).

O conjunto de seres *Saccharomyces* pertence ao grupo de microrganismos que são mais procurados pela comunidade científica para realização de estudos, tendo em vista que seus interesses parte da ampla aplicação desses microrganismos na biotecnologia. Desde os anos de 1800 que essa levedura vem sendo relatada como agentes de transformação (ANDRIETTA, STECKELBERG, ANDRIETTA, 2006).

Segundo Murphy e Kavanagh (1999), a *Saccharomyces* é considerada um microrganismo seguro e por apresentar uma confiabilidade que há anos ela é cultivada em escala industrial para o setor farmacêutico e alimentício.

Os microrganismos por serem de alta eficiência fermentativa é que as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* são permitidas e selecionados para o uso do etanol mais tolerante aos produtos de fermentação. Devido as constantes variações ambientais as quais são expostas as leveduras industriais as levam a serem conduzidas as mais diferentes composições do meio no processo de produção de etanol (BORGES, 2008).

A *Saccharomyces cerevisiae* adquirida comercialmente apresenta atividade de enzima G6PDH muito similar quando comparado à *Saccharomyces cerevisiae* produzido por fermentação sob condições controladas (NEVES, 2015). Essas leveduras têm em suas necessidades a fonte de carbono elaborada, como exemplo glicose ou outro açúcar, fornecendo energia química e o esqueleto carbônico de suas estruturas celulares, onde se deve conter carbono, hidrogênio e oxigênio por seu meio de cultura, tal levedura também fornecer nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, magnésio, cálcio, zinco, manganês, cobre, ferro, cobalto, iodo e outros elementos, mesmo sendo em pouca quantidade. Todos os nutrientes apresentados influenciam de forma direta para a multiplicação, o crescimento celular e também se faz agir de forma eficiente na transformação de açúcar em álcool (MENEZES, 2014).

## 3.4 PROCESSOS FERMENTATIVOS

### 3.4.1 Descontínuo

A produção de vodca em processo fermentativo descontínuo é considerada rápida, mas se trata de um sistema fechado, onde contém apenas quantidade limitada de meio ao qual o inóculo passa por um número de fases, que podem ser nos mostrados através da curva de crescimento celular. Porém, uma das principais desvantagens é com relação a eficiência do produto que ocorre apenas em uma parte do ciclo de fermentação, promovendo assim uma produtividade menor de vodca quando se comparada a obtida através de processos que conseguem prolongar este período.

### 3.4.2 Descontínuo alimentado

Este processo descontínuo alimentado vem sendo usado na regulamentação do crescimento de *Saccharomyces cerevisiae* desde meados de 1900, e tem em sua definição por ser uma técnica em processos microbianos, onde são adicionados um ou mais nutrientes ao fermentador durante o cultivo para que os produtos permaneçam aí até o final da fermentação, onde em alguns casos, todos os nutrientes são adicionados gradualmente à dorna (CARVALHO et al., 2015).

No Brasil, o processo fermentativo descontínuo-alimentado com reciclo de células é um dos mais empregados, tendo como principal vantagem a possibilidade de controle de velocidade de alimentação de meio, diminuindo com isso a inibição, causadas pelas elevadas concentrações de substratos e/ou de produtos, no metabolismo celular. Mas é de grande valia salientar que, a fermentação alcoólica pode ser também realizada em processo descontínuo, descontínuo alimentado ou contínuo (NEVES, 2015).

Para a produção de vodca o modo descontínuo alimentado é mais indicado, por ter uma alimentação apropriada durante a fermentação, termina acarretando a várias vantagens o que se diz respeito a elevadas concentrações de células, melhor condição de adição de substrato, melhor produtividade e melhor controle de produtos, diminuindo o risco de inibição celular que é um dos maiores problemas que acontece em modo descontínuo.

### 3.4.2.1 Reciclo de células

No Brasil, o que tem sido bastante aplicada para a produção de etanol por aproximadamente 70 a 80% das destilarias é a técnica de reciclo de células por bateladas alimentadas sucessivas (BRETHAUER; WYMAN, 2010). No reciclo de células está a redução de tempo requerido e custos resultantes do uso de nutrientes empregados na etapa de preparação do inóculo, assim sendo uma das vantagens do reciclo (SANDA et al., 2011).

Brethauer e Wyman (2010), descrevem que as bateladas sucessivas podem ser realizadas por aproximadamente 200 vezes, levando à redução do consumo de carbono para crescimento celular, e ao mesmo tempo, aumentando a produtividade em etanol.

Basso et al. (2008), comentam que a prática de reciclo de células no setor industrial brasileiro leva há menores tempos de fermentação, na ordem de 6 a 11 horas, devido à alta concentração de células dentro dos fermentadores. Observou-se que em altas densidades celulares, altas concentrações de etanol e reciclagem de células levam à redução no crescimento microbiano, levando a um aumento do rendimento de açúcar em etanol, em torno de 90 a 92 % do valor teórico.

É de suma importância lembrar que a prática de reciclo leva a uma seleção das leveduras selvagens que são mais resistentes às condições estressantes do meio industrial, a exemplos da alta concentração de etanol, altas temperaturas, estresse osmótico que surge através da presença de sais e 40 açúcares, contaminações microbianas, acidez dentre outros. O reciclo de células tem como contribuição a possibilidade de adaptação e condicionamento do microrganismo ao processo (MIRANDA et al. 2009).

Assim sendo, Andrade (2012), descreve que, o reciclo de células pode servir como uma estratégia imposta ao processo com fim de obter altos desempenhos. Porém, a maioria das linhagens mais resistentes não possuem características desejáveis para processos fermentativos, tais como consumo total de substrato, não formação de espuma e flocos; e alta produção de etanol.

## 4 METODOLOGIA

A seguir serão apresentados o desenho metodológico e o detalhamento dos processos que foram realizados no Laboratório de Biotecnologia no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da UFCG, no período de agosto de 2018 a maio de 2019.

### 4.1 MATERIA – PRIMA

Para a realização deste trabalho foram utilizados cerca de 5kg de batatas doce para cada processo fermentativo realizado, totalizando em 20 kg de batatas doce, compradas em estabelecimento comercial do município de Sumé/PB.

### 4.2 PREPARO DO MOSTO

As batatas foram lavadas, cortadas e colocadas em um liquidificador de 800 watts, para que fossem trituradas, com água mineral, numa proporção de 1 kg de batata para 1,25L de água. Em seguida foi colocada em um caldeirão, para que houvesse o cozimento, como representado na Foto 2. O cozimento foi realizado em fogo baixo, mexendo eventualmente por cerca de 2 horas ou até que as batatas estivessem cozidas.

**Foto 2** - Cozimento das batatas trituradas para obter uma maior concentração de açúcares.



**Fonte:** Autoria própria, 2019

A batata doce cozida depois de frias, foi realizada a filtração em filtro de tecido de algodão, para a remoção das partículas sólidas, totalizando 5 litros de mosto de batata.

#### **4.2.1 Esterilização do mosto**

O mosto de batata doce pronto foi distribuído em Erlenmeyers para otimizar o processo de esterilização. Em seguida, todo material foi autoclavado a 121° C, por 20 minutos. Depois o mosto foi guardado na geladeira até a realização do inóculo.

#### **4.3 MICRORGANISMOS**

Na fermentação foi utilizada a levedura industrial *Saccharomyces cerevisiae*, cepa JP1. Essa levedura também é conhecida como FER.SC18/JP1, foi isolada na Destilaria Japungú, na Paraíba. A levedura suporta fermentações em altas temperaturas, de 33 a 39 °C, tem maior tolerância a pH ácido e tem uma excelente conversão de açúcar em etanol. Sendo bastante utilizada para a fabricação de álcool neutro (REIS et al., 2012).

#### **4.4 PROPAGAÇÃO DA LEVEDURA**

Foram utilizados 5 mL da solução estoque da levedura JP1, preservada no laboratório de biotecnologia do CDSA/UFCG/Sumé. A levedura foi adicionada aos 100ml de mosto esterilizado e levada para o agitador orbital, por 48h, sob agitação de 120rpm e temperatura entre 28 e 37° C, como apresentado na Foto 3. Posteriormente, o volume de 100 ml foi adicionado no Erlenmeyer contendo 400 ml de mosto, e levado para o agitador orbital por mais 48h, após esse período o volume que continha 500 ml foi adicionada no Erlenmeyer que continha 500 ml de mosto, totalizando 1L que foi levado para o agitador orbital, por mais 24h.

Todo o procedimento experimental foi realizado em câmara de fluxo laminar para evitar contaminações. Esse processo foi realizado em ambos processos, na fermentação descontínua e na fermentação descontínua alimentada.

**Foto 3** - Propagação da Levedura em agitador orbital com controle de temperatura.



**Fonte:** Autoria própria, 2019

## 4.5 FERMENTAÇÃO ANAERÓBICA

### 4.5.1 Processo descontínuo– piloto

A fermentação descontínua foi realizada em um reator artesanal, com capacidade para 5 litros (como mostra a Figura 5). Após o preparo do mosto, realizou - se uma leitura direta do °Brix no refratômetro portátil, que inicialmente foi considerada baixa, para a chaptalização foram utilizados 135g de sacarose. Em seguida passou pelo o processo de esterilização em autoclave a 121°C, por 20 minutos. Posteriormente, foi realizado o inóculo na câmara de fluxo laminar. Desta forma, deu início a fermentação. Não foi retirado amostras para análises cinéticas, tendo apenas as informações iniciais e finais, por isso este processo foi chamado de Piloto.

### 4.5.2 Processo descontínuo

Para essa fermentação, foi utilizado, um reator artesanal com capacidade para 5 litros. Para a realização do inóculo, na câmara de fluxo laminar foi adicionado

um volume 4 litros de mosto e 1 litro de levedura, para o início da fermentação. Com o microrganismo em fase de desenvolvimento adequado, a entrada de oxigênio do reator foi cortada. Isso foi feito para que o processo ocorresse de forma anaeróbica e que ocorresse a liberação do gás carbônico (CO<sub>2</sub>).

**Foto 4** - Reator artesanal operando em modo Descontínuo.



**Fonte:** Autoria própria, 2019

#### **4.5.3 Processo descontínuo alimentado**

Para essa fermentação foi utilizado, o reator artesanal. Para a fabricação desse reator foram utilizadas dois recipientes pet com capacidade de 5 litros cada uma.

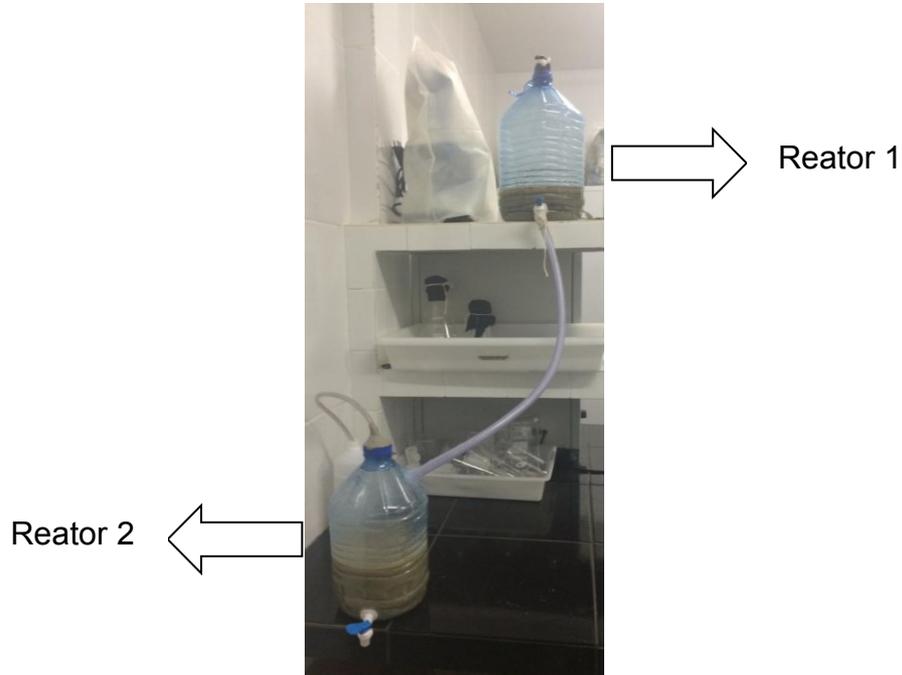
No primeiro recipiente foi inserida uma torneira de saída na parte inferior acoplada a uma mangueira, para que houvesse a passagem para a alimentação de mosto esterilizado no reator (segundo recipiente).

No reator, na parte superior foi feita uma pequena incisão, e foi inserida a outra extremidade da mangueira da primeira garrafa, assim conectando uma a outra.

Na parte inferior do reator foi inserida uma outra torneira de saída, para que fosse retirada amostras para coleta de dados durante a fermentação na tampa da

segunda garrafa foi acoplada uma mangueira para a saída de CO<sub>2</sub> e para impedir a entrada de O<sub>2</sub>.

**Foto 5** - Reator artesanal operando em descontínuo alimentado.



**Fonte:** Autoria própria, 2019

O inóculo foi realizado na câmara de fluxo laminar adicionando no reator um volume de 1 litro de mosto e 1 litro de levedura, no reator foi adicionado 3 litros do mosto esterilizado.

Com o auxílio da torneira acoplada ao reator a cada 24 horas era adicionado 500 mL de mosto no reator. Desta forma era possível estender a fase de declínio, por conta da adição de nutrientes.

#### 4.5.3.1 Reciclo de células

Após o término da fermentação, foi adicionado 400mL do mosto fermentado em ensaios de 50mL para que a levedura fosse separada por centrifugação, para ser reutilizada para a fermentação posterior.

Os ensaios foram colocados na centrífuga por 20 minutos a 1200 rpm. O sobrenadante foi retirado e usado na destilação e o precipitado foi adicionado à 1 litro de mosto esterilizado e deixado no agitador orbital, por 72h.

Posteriormente o inoculo foi retirado do agitador orbitale inoculado na câmara de fluxo laminar com 1 litro de mosto, começando mais uma fermentação descontinua alimentada.

#### **4.5.4 Coleta dos dados cinéticos**

Para a fermentação em modo descontínuo, através da torneira acoplada ao reator, foram retiradas a cada 24 h, amostras de 10 mL do mosto fermentado para análise de °Brix, pH e massa seca da levedura.

Para a fermentação em modo descontínuo alimentado, a partir da torneira acoplada ao reator, a cada 24h eram retiradas amostras de 10 mL do mosto fermentado antes da adição dos 500mL do mosto esterilizado e depois foi adicionado dos 500mL do mosto esterilizado, que foi homogeneizado no reator e colhido mais 10mL, para análises comparativas de °Brix, pH e massa seca da levedura.

##### **4.5.4.1 Determinação da concentração de substrato (°Brix)**

Todas as amostras retiradas foram submetidas a centrifugação de 2.000rpm por 15 minutos. Essa etapa foi realizada para que ocorresse a decantação das partículas, já que não foi possível realizar a filtração a vácuo, por ser um liquido muito espesso. Após a centrifugação o sobrenadante foi retirado e com o auxílio do refratômetro portátil eram feitas leituras diretas da concentração de substrato.

##### **4.5.4.2 Análises de pH**

Ainda com o sobrenadante das amostras foram feitas a verificação do pH, com a ajuda de um pHmetro de bancada devidamente calibrado, para saber se a o meio estava adequado para a fermentação.

##### **4.5.4.3 Determinação da concentração celular**

O precipitado foi deixado na estufa, a uma temperatura de 50°C, por 48h, para obtenção da massa seca. A massa seca era retirada do ensaio e feita a gravimetria em balança analítica.

Esses procedimentos foram repetidos até o término do processo fermentativo.

#### 4.6 DESTILAÇÃO

O processo de destilação foi realizado com o uso de um alambique artesanal. Para a construção do alambique foi utilizado uma panela de alumínio, uma serpentina de cobre, uma manta de alumínio, um balde plástico e duas mangueiras. Na parte interna do balde foi colocado a manta de alumínio, para evitar o contato da serpentina de cobre, com o plástico. Na parte inferior do balde foi feita uma incisão onde foi colocado a parte final da serpentina, para a saída do destilado. Na parte superior do balde foi feita mais uma incisão para acoplar a mangueira de saída de água, para evitar que a água do condensador (balde) esquentasse e a outra mangueira foi colocada em uma torneira comum, para encher e renovar a água no condensador durante a destilação, a parte inicial da serpentina foi inserida na tampa da panela e a panela para colocar o mosto fermentando, pois quando o mosto fermentado foi aquecido o vapor passou pela serpentina de cobre, foi resfriado pelo condensador e voltou a ser líquido, tendo assim o destilado.

Antes do procedimento foi adicionado no alambique 570 mL de água destilada e 30 ml de ácido acético, para realizar a limpeza na serpentina de cobre. Após a limpeza foi adicionado o mosto fermentado que durante o aquecimento, promoveu a separação dos seus componentes, segundo os seus respectivos pontos de ebulição.

**Foto 6** - Alambique artesanal, usado para realizar as destilações.



**Fonte:** Autoria própria, 2019.

O destilado foi retirado a cada 100 mL e transferido para uma proveta, tendo o seu teor alcoólico determinado por meio de uma leitura direta, em um densímetro (Alcoolômetro Gay-Lussac, Incoterm). A destilação foi interrompida quando os últimos 100mL atingiram 5% de teor alcoólico.

#### 4.7 PURIFICAÇÃO EM CARVÃO ATIVADO

Para o processo de produção de vodca, é preciso obter um álcool etílico potável usando o carvão ativado para diminuir a concentração de congêneres e assim minimizar as características sensoriais (ACARDE, 2010). Então foram adicionados 50g de carvão ativado em cada litro de destilado, para ser realizado a filtração. Os litros foram mantidos na geladeira por cerca de 30 dias, até o dia da bi destilação.

#### 4.8 FILTRAÇÃO

Enquanto era realizado a limpeza do alambique artesanal, para realizar a bi destilação, foi feito um filtro utilizando filtro de café e um funil de vidro como apresentado na Foto 7, para retirada dos resíduos de carvão ativado dos 4,195 L de destilados.

**Foto 7** - Filtro para a retirada dos resíduos de carvão ativado da primeira destilação.



**Fonte:** Autoria própria, 2019

#### 4.9 BI DESTILAÇÃO

Como a capacidade volumétrica do alambique artesanal não comportava o volume total a ser destilado. Com isso a destilação foi dividida em duas partes

O primeiro volume continha 1.930 mL de álcool etílico, foi desprezado os primeiros 20 mL que corresponde a 1% do volume total a ser destilado e é chamado de “cabeça”. No decorrer da destilação foi obtido o “corpo” contendo 950ml de vodca a 40%, e o restantes foi desprezado que é considerado a “cauda”.

E o segundo volume continha 2.360 mL de álcool etílico, sendo desprezada a “cabeça” na quantidade de 25 mL que corresponde um volume de 1% do álcool etílico a ser destilado, obtendo 1.100mL de Vodca a 40% e o restante foi desprezado.

O destilado obtido era transferido para uma proveta e com o uso de um densímetro, eram feitas leituras diretas do teor alcoólico até que fosse obtido o teor alcoólico de 40%.

#### 4.10 PARÂMETROS FERMENTATIVOS

##### 4.10.1 Rendimento de substrato em produto

O fator de rendimento das fermentações alcoólicas foi calculado a partir da Equação 1:

$$Y_{p/s} = \frac{P_f - P_i}{S_i - S_f}$$

Equação 1

Em que:

$Y_{p/s}$ : rendimento da fermentação alcoólica;

Pf: concentração de etanol no final da fermentação (g/L);

Pi: concentração de etanol no início da fermentação (g/L);

Si: Concentração inicial de açúcares (g/L);

Sf: Concentração final de açúcares (g/L).

#### 4.10.2 Eficiência fermentativa

O cálculo da eficiência fermentativa foi realizado utilizando o rendimento teórico encontrado com base nas reações moleculares como mostra a Equação 3 em relação com o rendimento obtido, para obter a eficiência do processo, de acordo com a Equação 2

$$E_f = \frac{Y_{p/s} \text{ obtido}}{Y_{p/s} \text{ teórico}} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

$$Y_{p/s} \text{ teórico} = 0,511 \text{ g/g}$$

O  $Y_{p/s}$  teórico foi encontrado usando a razão das massas moleculares da glicose e do etanol da equação da fermentação alcoólica.



$$Y_{p/s} \text{ teórico} = \frac{2 \times MMe}{MMg} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

MMe: é a massa molecular do etanol = 46,07g/mol

MMg: é a massa molecular da glicose = 180,156 g/mol

#### 4.10.3 Produtividade do processo fermentativo

A produtividade de um processo fermentativo é a quantidade de etanol gerado durante um intervalo de tempo como mostra a Equação 4.

$$Q_p = \frac{P_f}{T_f} \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

$Q_p$  = a produtividade do processo;

$P_f$  = concentração de etanol no final da fermentação (g/L);

$t_f$  = tempo final do processo fermentativo (h).

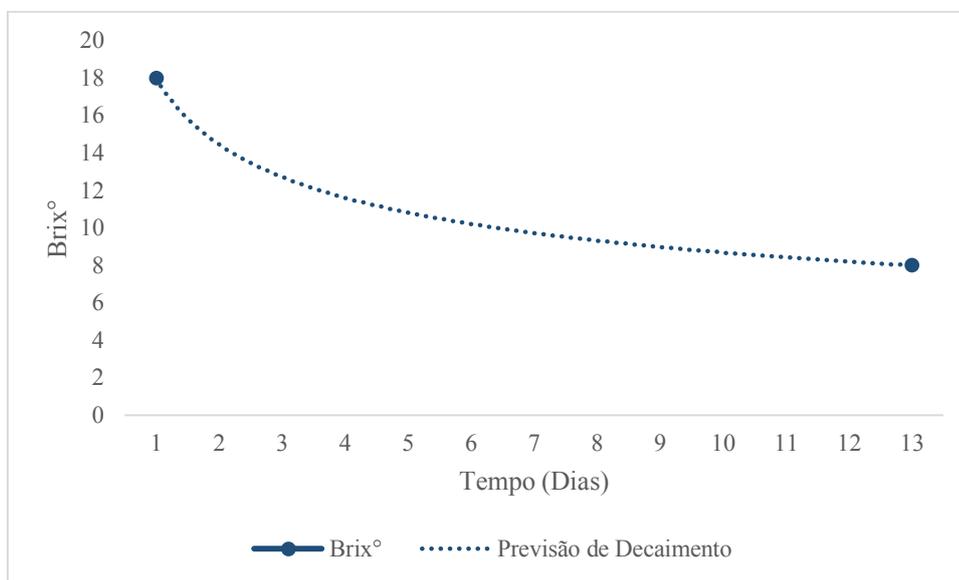
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar o processo fermentativo do mosto de batata doce, foi realizada a fermentação em reatores artesanais no processo descontínuo e descontínuo alimentado. Utilizando a levedura industrial *Saccharomyces cerevisiae*, da cepa JP1.

### 5.1 ANÁLISE DA FERMENTAÇÃO DO MOSTO DE BATATA – DOCE PARA PRODUÇÃO DE VODCA COM O PROCESSO EM BATELADA PILOTO

No processo piloto em batelada foram obtido as apenas informações iniciais e finais durante o tempo de fermentação, foi feito uma previsão do consumo de substrato, como mostra o Gráfico 3.

**Gráfico 3** - Previsão de Decaimento da concentração de substrato (Brix°) e função do tempo no Descontínuo Piloto.



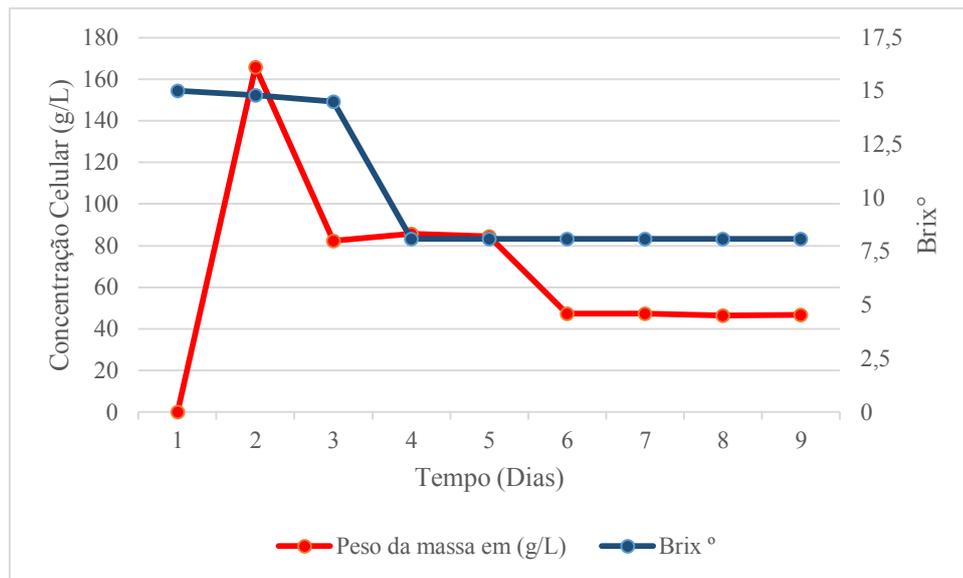
**Fonte:** Construído com dados da pesquisa.

Por ser uma previsão, não tem como ter certeza de quando a levedura parou de produzir etanol. Mas analisando o gráfico podemos ter uma estimativa de que ela começou a estabilizar por volta do sétimo dia.

## 5.2 CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO DO MOSTO DE BATATA – DOCE PARA PRODUÇÃO DE VODCA COM O PROCESSO EM BATELADA

No Gráfico 4 foi possível observar o crescimento da concentração celular e a quantidade de substrato consumida, em função do tempo, para produção da vodca.

**Gráfico 4** - Curva de massa da levedura JP1 e a variação da concentração de substrato (°Brix), em função do tempo.



**Fonte:** Construído com dados da pesquisa.

Verificou-se que a concentração celular chegou ao seu pico no segundo dia de fermentação atingindo 165,87 g/L a partir de então houve uma grande diminuição de células que, segundo Brito (2015), pode ser justificado pelo aumento da temperatura ou estresse da levedura devido ao aumento da concentração de metabolitos ou pela redução de nutrientes do substrato.

Ramos (2018), estudando a avaliação do processo fermentativo na produção de aguardente de seriguela, verificou que o consumo de substrato ocorreu de forma rápida até às 16 horas de fermentação, o que permite afirmar que a levedura utilizada no processo se adaptou ao meio. Em seguida o substrato apresentou tendência a atingir uma concentração constante, verificando um decaimento mais lento, em razão da concentração de etanol presente no meio, o que inibe a atuação do microrganismo.

Só foi possível observar produção de etanol significativa a partir do quarto dia, onde teve o maior decaimento do °Brix, mostrando uma conversão de substrato em produto eficiente, tendo em vista que do quarto dia até o nono dia o °Brix permaneceu constante, podendo induzir um tempo menor para a fermentação e a otimização do processo diminuindo o tempo para a obtenção do produto.

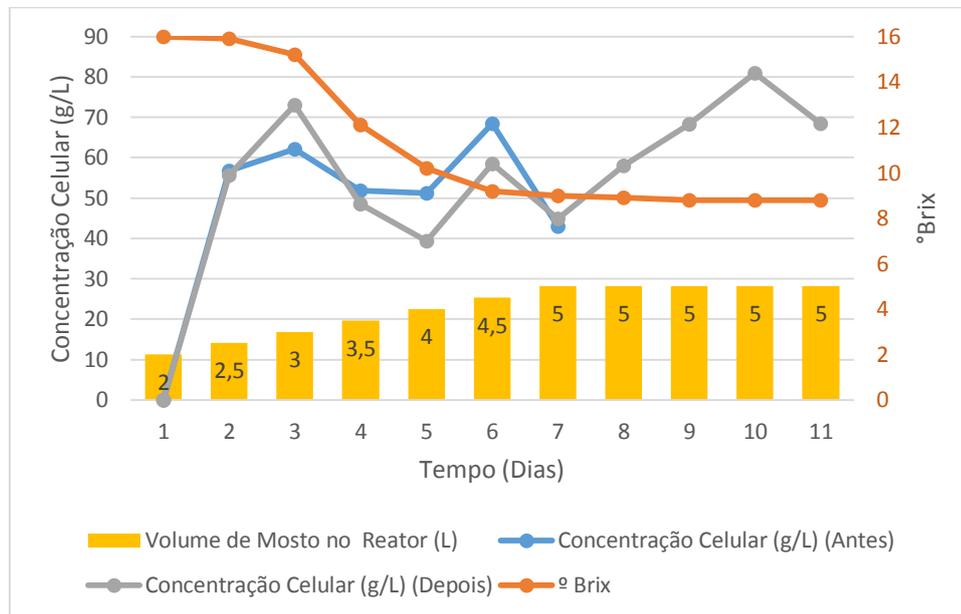
### 5.3 CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO DO MOSTO DE BATATA – DOCE PARA PRODUÇÃO DE VODCA COM O PROCESSO EM DESCONTÍNUO ALIMENTADO

Para a realização das análises comparativas durante o processo fermentativo, com o auxílio da torneira acoplada ao tambor que mantinha mosto esterilizado, a cada 24 horas era adicionado 500 mL de mosto no reator. Desta forma era possível observar a variação da concentração celular e a concentração de substrato antes da adição dos 500mL e após adicionar os 500mL de mosto.

Como apresentado no Gráfico 5, conforme era adicionado mais mosto ao reator, a concentração celular aumentava, fazendo com que a levedura trabalhasse mais para transformar o substrato em produto.

No sétimo dia com o término da alimentação o reator começou a operar em batelada, mostrando um crescimento celular exponencial, atingindo a fase pico de produção celular foi no décimo dia de fermentação e depois entrou em fase de declínio.

**Gráfico 5** - Curvas de crescimento da levedura JP1 “antes” da alimentação do reator e “depois” da alimentação do reator e as variações das concentrações de solutos (°Brix), em função do tempo com o reator operando em descontinuo alimentado.



**Fonte:**Construído com dados da pesquisa.

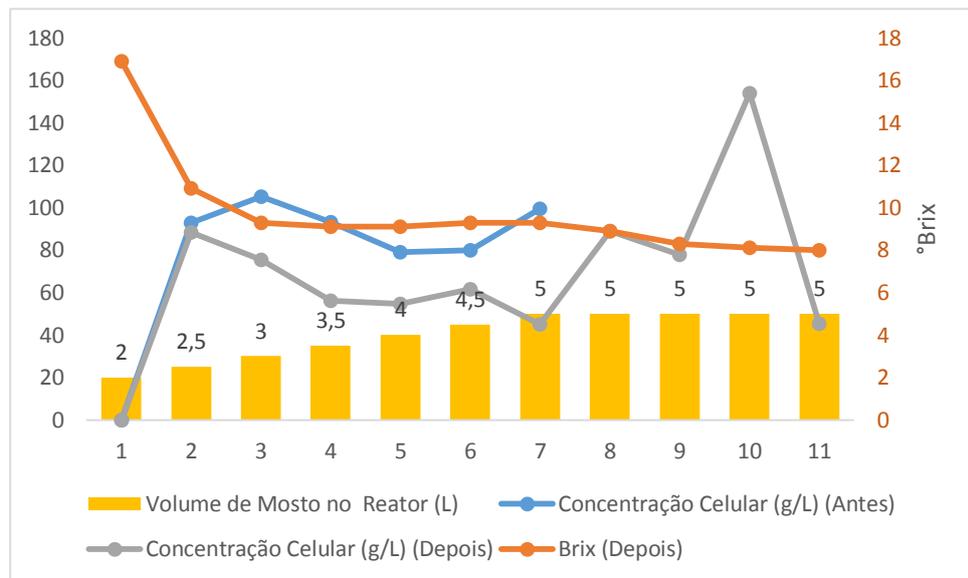
Com relação ao °Brix o consumo permaneceu praticamente constante do primeiro ao terceiro dia, por causa da adição diária de caldo, a partir então foi observado o consumo de substrato, mesmo adicionando mais mosto ao reator a variação do °Brix permaneceu praticamente a mesma. Do sétimo ao décimo primeiro dia onde começou a batelada, e a concentração de substrato foi quase constante.

Dantas e Silva (2017), utilizando o umbu para produção de fermentado alcoólico verificou que durante os quatro primeiros dias houve um pequeno consumo do substrato por parte das leveduras, já que a levedura ainda estava se adaptando às condições do mosto. Outro fator que pode ter influenciado o período de adaptação da levedura foi o estresse osmótico causado pela elevada concentração de açúcares no mosto. Do quarto ao oitavo dia foi possível observar a alta atividade das leveduras, correspondendo à fase tumultuosa da fermentação, pois as leveduras já haviam se adaptado ao meio e havia açúcar suficiente para ser consumido.

O Gráfico 6 representa o crescimento celular e o consumo de substrato na segunda fermentação em descontinuo alimentado para a produção de vodca utilizando o reciclo de células. Observando a variação da concentração celular antes

da adição dos 500mL e a concentração celular depois de adicionar os 500 mL de mosto.

**Gráfico 6** - Curvas de crescimento da levedura JP1 “antes” da alimentação do reator e “depois” da alimentação do reator e as variações das concentrações de solutos (°Brix), em função do tempo com o reator operando em descontínuo alimentado.



**Fonte:** Construído com dados da pesquisa.

Então podemos analisar que quando era adicionado mosto no processo a concentração de células diminuía, isso ocorreu do segundo até o sétimo dia, mostrando que as células eram diluídas. Entretanto no sétimo dia onde começou o processo em batelada as células começaram a crescer exponencialmente até o décimo dia, a parti de então atingindo sua fase de pico, o que pode ser explicado pelo fato do processo ter sido usado reciclo de células e a levedura já estar adaptada as condições do meio.

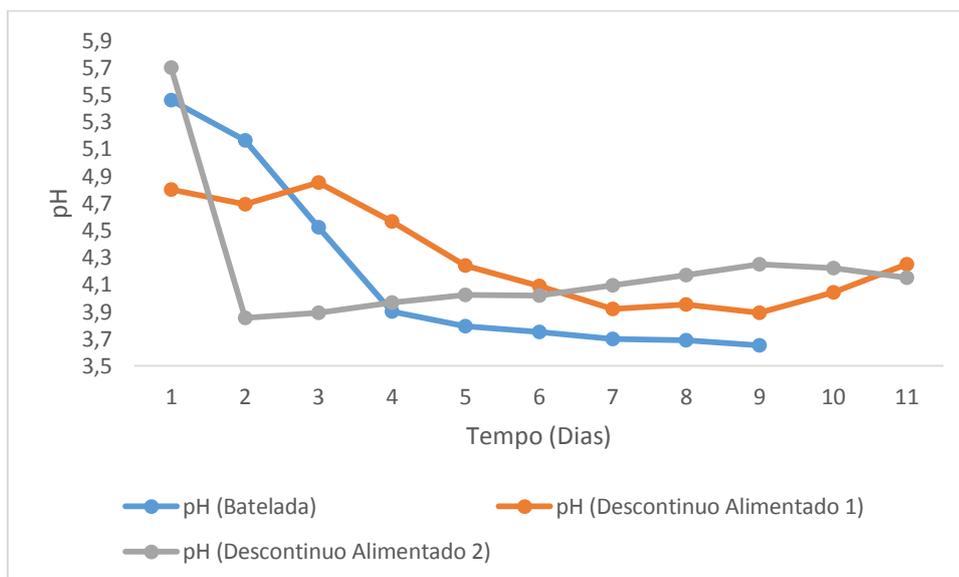
Logo depois foi observado a diminuição da concentração celular que segundo Brito (2015), analisando a concentração celular para produção de Hidromel, utilizando o reciclo de células no modo descontínuo alimentado com a JP1, observou que quando há a diminuição na concentração celular pode estar relacionado com o aumento de temperatura, ao estresse da levedura por advir de outro processo ou pela redução de nutrientes do substrato.

Com relação ao soluto, o declínio com maior consumo de solutos foi do primeiro ao segundo, já a partir do terceiro dia o consumo de substrato foi ficando praticamente constante.

#### 5.4 OBSERVAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO pH PARA OS PROCESSOS FERMENTATIVOS

Para a produção de vodca, os valores de pH devem variar entre 3 e 5 para a levedura consumir o substrato adequadamente. No Gráfico 7, é apresentado a variação de pH pelo tempo de fermentação, para todos os processos realizados.

**Gráfico 7** - Análise do comportamento do pH durante os processos fermentativos do mosto de batata doce, realizado em batelada, descontínuo alimentado 1 e descontínuo alimentado 2.



**Fonte:** Construído com dados da pesquisa.

Foi observado que nas três fermentações realizadas, o pH se encontrava adequado para a produção de vodca variando entre 3,7 e 5,7.

## 5.5 PARÂMETROS FERMENTATIVOS

Com as concentrações iniciais e finais de células, o valor do ° Brix, etanol e o tempo de duração das fermentações, foi possível calcular os parâmetros fermentativos por meio das equações mostradas no Item 4.9.

**Tabela 1** - Dados coletados das fermentações feitas com a levedura JP1, para produção de Vodca.

Processos Fermentativos	Concentração Celular (g/L)		°Brix (%)		Etanol (°GL)	Tempo de Fermentação (h)
	Inicial	Final	Inicial	Final		
Batelada Piloto	---	---	18,0	8,0	27	288
Batelada	165,87	46,63	15,0	8,1	15	192
Descontínuo Alimentado	58,80	68,38	16,0	8,8	18	240
Descontínuo Alimentado	92,84	123,52	16,9	8,0	18	240
<b>Média</b>	<b>105,84</b>	<b>79,51</b>	<b>16,46</b>	<b>8,23</b>	<b>19,5</b>	<b>240</b>

--- dados não coletados.

**Fonte:** Construído com dados da pesquisa.

As análises desses resultados foram utilizadas para avaliar o processo de produção de Vodca.

Em relação ao consumo de substrato (°Brix inicial e °Brix final), mostra que ao final das quatro fermentações a média dos valores obtidos mostra que 50% desses solutos foram metabolizados, produzindo em média 19,5 °GL.

Com relação ao tempo de fermentação, foi observado que a fermentação mais rápida foi a Batelada, por ter um consumo de substrato mais rápido, podendo então diminuir a quantidade de dias. As descontinua alimentada, obteve o mesmo tempo de fermentação devido ter usado essas horas como padrão do sistema.

Estes resultados permitiram estimar o desempenho da levedura ao longo das quatro fermentações, por meio da determinação do fator de rendimento ( $Y_{p/s}$ ), eficiência (Ef) e produtividade (Qp), cujo os resultados estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2** - Resultados dos parâmetros fermentativos para produção de Vodca

<b>Características</b>	<b>Rendimento (<math>Y_{p/s}</math>) [g/g]</b>	<b>Eficiência (Ef) [%]</b>	<b>Produtividade (Qp) [g/L.h<sup>-1</sup>]</b>
Batelada Piloto	0,43	84,0	0,15
Batelada	0,32	62,2	0,11
Descontínuo	0,49	95,9	0,14
Alimentado			
Descontínuo	0,38	74,4	0,14
Alimentado			
<b>Média</b>	<b>0,41</b>	<b>79,13</b>	<b>0,14</b>

Fonte: Construído com dados da pesquisa.

As análises de parâmetros de rendimento em etanol e produtividade são consideradas as mais importantes pela a indústria alcooleira. Então quanto maior forem esses parâmetros melhor será a levedura para o processo (MIGLIARI, 2001).

Levando em consideração que o valor de conversão de glicose em etanol (Teórico  $Y_{p/s}$ ) igual 0,511, podemos concluir que dos rendimentos obtidos, o maior valor 0,49 g/g com eficiência de 95,9 % para produção de etanol foi na fermentação descontínua alimentada 1.

A batelada e o descontínuo alimentado 2, obtiveram os parâmetros fermentativos mais baixos. Segundo Pataro *et al.* (2002), analisando o comportamento da levedura recomendam que, para uma fermentação ideal na produção de cachaça, o caldo de cana deve apresentar concentração de açúcar em torno de 14 a 16 °Brix. Tendo em vista que teores de açúcar acima de 16 °Brix podem acarretar fermentações mais longas e, conseqüentemente, incompletas.

Teores elevados de açúcar, no início da fermentação, podem provocar estresse das células pela maior quantidade de etanol ao final da fermentação (SCHWAN et al., 2001).

Com relação a produtividade dos processos foram muito próximas e considerada baixa pois, é preciso que a fermentação tenha os mesmos parâmetros de rendimento e eficiência, mas que sejam realizadas em menos tempo para uma melhor produtividade.

Menezes (2014), analisando o comportamento das fermentações alcoólicas com fermento de panificação em mosto de batata cultivar ágata para produção de vodca, descobriu que os valores de rendimento, eficiência da fermentação alcoólica e da produtividade que variam de 0,37 a 0,47 g/g e 73,26 a 89,39% respectivamente, sendo a eficiência menor do que a encontrada neste trabalho (62,2% a 95,9%), porém os valores de rendimento encontrados foram praticamente os mesmos (0,32 a 0,49). Entretanto, os valores de produtividade citados por essa autora variaram de 4,23 a 5,92 g/L.h<sup>-1</sup>, sendo superiores aos conseguidos no presente trabalho (0,11 a 0,15g/L.h<sup>-1</sup>).

Pavlak et al., (2010), analisando a fermentação do hidrolisado de batata-doce utilizando a JP1, obteve valores de rendimento (0,43 a 0,50 g/g) e eficiência alcoólica (85,7 a 98,2%), superiores aos encontrados no presente trabalho.

Desta forma, os valores obtidos para os parâmetros fermentativos avaliados demonstram que a fermentação descontínua alimentada 1 apresentou um desempenho fermentativo considerando superior nos quesitos rendimento e eficiência, quando comparada com as demais.

## 5.6 DESTILAÇÃO DA VODCA

Os destilados das quatro fermentações, foram misturas em duplas e os dois volumes gerado foi utilizado para realizar o processo de bi destilação para obtenção da vodca. A bi destilação é feita para obter um produto mais puro, inodoro, neutro e com o volume de álcool desejado.

Na primeira destilação, foi obtido um volume de 4,195 L de destilado com um teor alcoólico de 19,5%(v/v). Nessa primeira destilação o volume de destilado apresentou um teor alcoólico baixo, ainda apresentava cheiro da batata-doce e uma

cor azulada. Essa cor azulada era proveniente da presença de cobre do material utilizado na construção do condensador do destilador. Características que desqualifica a bebida de acordo com a legislação brasileira vigente publicado no decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 (BRASIL, 2009).

Após a segunda destilação, o volume passou a ser de 2.050 ml de Vodca com graduação alcoólica desejada de 40%(v/v). Se enquadrando então na legislação brasileira publicadas no decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009.

Com relação ao rendimento total do processo (Rt), podemos calcular da seguinte forma como mostra a Equação 5:

$$Rt = \text{Destilado obtido da bidestilação} / \text{Volume inicial de mosto de batata doce}$$

$$Rt = 2,050 \text{ L} / 20 \text{ L} \quad (5)$$

$$Rt = 0,1025 \text{ L ou } 10,20\%$$

## 6 CONCLUSÕES

- A fermentação descontínua– Pilotoe a Descontínua Alimentada 2, obtiveram os menores parâmetros de rendimento, eficiência e produtividade.
- O °Brix 16% foi considerado ideal para a realização da fermentação para a obtenção de melhores valores dos parâmetros cinéticos;
- A fermentação no ProcessoDescontínuoAlimentado 1, obteve os melhores resultados de rendimento ( $Y_p/s = 0,49$ ), eficiência ( $E_f = 95\%$ ) e produtividade ( $Q_p = 0,14 \text{ g/L.h}^{-1}$ ) se comparado com as outras fermentações realizadas;
- O reciclo de células, no Processo DescontínuoAlimentado, reduziu ( $Y_p/s = 0,38$  e  $E_f = 74,4\%$ ) a eficiência do processo;
- Com a bidestilação da Vodcafoi possível controlar o volume alcoólico de 40%, para que a bebidaestivesse dentro dos limites da legislação brasileira pulicadas no decreto n° 6.871, de 4 de junho de 2009;
- A cepa JP1 da levedura *Saccharomycescerevisiae* é apropriada para a produção de vodca.

## REFERÊNCIAS

- ABRABE, Associação Brasileira de Bebidas. **Um Brinde À Vida; A História Das Bebidas**. São Paulo: DBA, 2014. Disponível em: <<http://www.abrabe.org.br/abrabe/livro-digital/>>. Acesso em: 30 jun. 2019.
- ABUJAMRA, L. B. **Produção De Destilado Alcoólico A Partir De Mosto Fermentado De Batata-Doce**. Tese de Doutorado. Doutorado em Agronomia (Energia na Agricultura, BOTUCATU-SP, 2009.
- ALCARDE, A. R. Bebidas destilado retificadas: vodka e gin. In: VENTURINI FILHO, W. G (Org). **Bebidas alcoólicas**. São Paulo: Blucher, 2010. V. 1, p. 413-421.
- ANDRADE, J. V. C; VIANA, D. J. S; PINTO, N. A. V. D. **Características produtivas e qualitativas de ramos e raízes de batata-doce**. Horticultura Brasileira 30: 584-589, 2012.
- ANDRIETTA, S. R.; STECKELBERG, C.; ANDRIETTA, M. G. S. **Bioetanol – Brasil, 30 anos na vanguarda**. Multiciência, Universidade de Campinas, 2006.
- AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo: Edard Blucher, 1993. v.5. 227 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO. **Número de setor – Faturamento**. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2018.pdf>>. Acesso em: 30 de junho de 2019.
- BASSO, L. C.; DE AMORIM, H. V.; DE OLIVEIRA, A. J.; LOPES, M. L. **Yeast selection for fuel ethanol production in Brazil**. FEMS Yeast Research, v. 8, n. 7, p. 1155-1163, 2008.
- BORGES, P. C. S. **Otimização Dinâmica da Fermentação Alcoólica no Processo em Batelada Alimentada**. Dissertação (Mestre em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2008, p. 162.
- BRASIL, Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a lei 8.918 de 1994, que dispõe sobre a **padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a classificação de bebidas**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 5 de jun. 2009. Seção 1, p. 20.
- BRASIL. Decreto nº 2314, de 4 de setembro de 1997. Dispõe sobre a **padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas**. Regulamenta a Lei nº 8918 de 14 de julho de 1994. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, de set. 1997. Seção 1, p. 19549.
- BREATHAUER, S.; WYMAN, C. E. Review: **Continuous hydrolysis and fermentation for cellulosic ethanol production**. Bioresource Technology, v. 101, n. 13, p. 4862-4874, 2010.

BRITO, Analu Freitas de Souza. **Análise Cinética e Estudo dos Parâmetros Fermentativos para Produção de Hidromel**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé - PB, 2015.

CARVALHO, João C. M. de et al. Tecnologia de fermentações. In: VITOLO, Michele. **Biotecnologia Farmacêutica**. São Paulo: Blucher, 2015.

DANTAS, C. E. A.; SILVA, J. L. A. **Fermentado alcoólico de umbu: produção, cinética de fermentação e caracterização físico-química**. HoloS, Rio Grande do Norte, p. 108 – 121. 17 maio 2017.

GODOY, R. C. B. Batata: **Produção Mundial**. Engenharia Agrícola. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/cultura7.pdf>>. Acesso em: 30 de junho de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa industrial anual – PIA Produto**, 2017. Disponível em: <<http://sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?-z=t&o=22&i=P&c=5806>>. Acesso em: 30 de junho de 2019.

LACHENMEIER, D, W. **Cancer risk assessment of ethyl carbamate in alcoholic beverage from Brazil with special consideration to the spirits cachaça and tiquira**. Biomes Central, London, v. 10, p. 266-281, June 2010.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A. (Ed.). **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 209 p.

LAPORTA, T. G1, Portal. **Brasil é o 10º maior mercado de vodca, a bebida anfitriã da copa**. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/brasil-e-o-10-maior-mercado-de-vodca-a-bebida-anfitriã-da-copa.ghtml>>. Acesso em: 30 de junho de 2019.

MELLO, Alexandre Furtado Silveira. **A importância socioeconômica da batata-doce para a agricultura brasileira**. Embrapa Hortaliças, 1 jul. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/7893745/a-importancia-socioeconomica-da-batata-doce-para-a-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 1 jul. 2019.

MENEZES, A. G. T. **Produção de vodca a partir de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG 2014, 131p.:il.

MIGLIARI, P. **Classificação das cepas de leveduras dominantes de processos fermentativos utilizando parâmetros fermentativos e taxonomia numérica**. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2001.

MIRANDA JÚNIOR, M.; BATISTOTE, M.; CILLI, E. M.; ERNANDES, J. R. **Sucrose fermentation by Brazilian ethanol production yeasts in media containing**

**structurally complex nitrogen sources.** J. Inst. Brew, v. 115, n. 3, p. 191-197, 2009.

MURPHY, A.; KAVANAGH, K. **Emergence of *Saccharomyces cerevisiae* as a human pathogen: implications for biotechnology.** Enzyme and Microbial Technology, New York, v. 25, n. 7, p. 551-557, oct. 1999.

NEVES, L. C. **Processos Fermentativos: revisão bibliográfica.** 2015. Disponível em: <[file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/RevisaoBibliografica%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/RevisaoBibliografica%20(4).pdf)>. Acesso em: 30 de junho de 2019.

PATARO, C. et al. **Utilização de leveduras selecionadas na fabricação de cachaça de alambique.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 37-43, 2002.

PAVLAK, M. C. M.; LIMA, T. L. A.; CARREIRO, S. C.; PAULILLO, S. C. L. **Estudo da fermentação do hidrolisado de batata-doce utilizando diferentes linhagens de *Saccharomyces cerevisiae*.** Química Nova, São Paulo, p. 82-86, 16 nov. 2010.

PETRORO, Andre. **Produção de Vodka.** São Paulo, 20 set. 2018. Disponível em: <<https://profes.com.br/apetroro/blog/producao-de-vodka>>. Acesso em: 30 jun. 2019.

RAMOS, Bernadete de Farias. **Avaliação do Processo Fermentativo na Produção de Aguardente de Seriguela (*Spondias purpurea* L.).** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé - PB, 2018.

REIS VCB, Nicola AM, Oliveira Neto OS, Batista VDF, de Moraes LMP, Torres FAG. **Genetic characterization and construction of an auxotrophic strain of *Saccharomyces cerevisiae* JP1, a Brazilian industrial yeast strain for bioethanol production.** Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology. 2012;39(11):1673-1683.

RESENDE, Geraldo Milanez de Resende; COSTA, Nivaldo Duarte; YURI, Jony Eishi. Comunicado Técnico online. **Avaliação Preliminar de Clones de Batata-Doce no Submédio do Vale do São Francisco,** Petrolina, PE, novembro 2012.

SANDA, T.; BRAVO, V.; MOYA, A. J. CASTRO, E.; CAMACHO, F. **Influence of temperature on the fermentation of d-xylose by *Pachysolen tannophilus* to produce ethanol and xylitol.** Process Biochemistry (Amsterdam, Netherlands), v. 39, n. 6, p. 673-679, 2004.

SCHWAN, R. F. et al. **Microbiology and physiology of Cachaça (Aguardente) fermentations.** Antonie van Leeuwenhoek, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 89-96, Jan. 2001.

SCHWAN, Rosane Freitas et al. Bebidas Indígenas Alcoólicas. In: FILHO, Waldemar Gastoni Venturini (coord.). **Bebidas Alcoólicas: Ciências e Tecnologia.** São Paulo: Blucher Ltda, 2016.

SILVA, A. D. A. **Árvore do Conhecimento.** Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Ageitec, 2015. Disponível em:

<[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_mata\\_sul\\_pernambucana/arvore/CONT000femq9boy02wx5eo006u55tug5lrc4.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000femq9boy02wx5eo006u55tug5lrc4.html)>. Acesso em: 30 de junho de 2019.

SILVA, João Bosco Carvalho da; LOPES, Carlos Alberto; MAGALHÃES, Janaina Silvestre. **Composição nutricional**. Embrapa Hortaliças, 1 jun. 2008. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalicas/batata-doce/composicao>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

SILVA, João Bosco Carvalho da; LOPES, Carlos Alberto; MAGALHÃES, Janaina Silvestre Magalhães. **Batata-doce (Ipomoea batatas)**. Embrapa Hortaliças, junho 2008. Disponível em: <[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce\\_Ipomoea\\_batatas/origem.html](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/origem.html)>. Acesso em: 1 jul. 2019.

SILVA, João Bosco Carvalho da; LOPES, Carlos Alberto; MAGALHÃES, Janaina Silvestre Magalhães. **Batata-doce (Ipomoea batatas)**. Embrapa Hortaliças, junho 2008. Disponível em: <[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce\\_Ipomoea\\_batatas/origem.html](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/origem.html)>. Acesso em: 1 jul. 2019.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher: 2016. v. 1.