



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
DO SUL ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
QUÍMICA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO



PRODUÇÃO DE ÁLCOOL GEL EM BIORREFINARIAS DESCENTRALIZADAS DE ETANOL A PARTIR DE BATATA-DOCE

Autor: Luciano Luís Menz Liesegang

Orientadores: Prof. Dr. Jorge Otávio Trierweiler,

Profa. Dra. Luciane Ferreira Trierweiler

Coorientador: Msc. Eng. Lucas Ranzan

PORTO ALEGRE, RS 2020

Luciano Luís Menz Liesegang

**PRODUÇÃO DE ÁLCOOL GEL EM BIORREFINARIAS DESCENTRALIZADAS DE
ETANOL A PARTIR DE BATATA-DOCE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado em: ____ de _____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Daniela Callegaro de Menezes - UFRGS

Prof. Dr. Evandro Steffani - UFRGS

Agradecimentos

Primeiramente agradeço à minha família que me apoiou e incentivou durante todo o trabalho e durante todo o curso.

Aos meus orientadores, Profa. Dra. Luciane Ferreira Trierweiler, Prof. Dr. Jorge Otávio Trierweiler, e coorientador Doutorando Lucas Ranzan, pela proposição do tema, ideias, direcionamento, correções e apoio durante o ano.

À doutoranda Caroline Weber pela troca de ideias e apoio na realização do trabalho.

Aos professores da UFRGS e Departamento de Engenharia Química, por toda dedicação e por todos os ensinamentos passados.

Resumo

A pandemia da COVID-19, desencadeada em 2020, aumentou a consciência da população mundial em relação aos cuidados de higiene como o uso de desinfetantes para mãos com o intuito de conter a propagação de doenças transmitidas de pessoa para pessoa. Por este motivo se observou, em todo o mundo, um grande aumento na demanda por produtos de higiene como o álcool em gel, causando escassez nos mercados e aumento de preços. Foram então criadas iniciativas destinadas a propor métodos alternativos de fabricação de desinfetante para as mãos à base de álcool, incluindo o uso de diferentes fontes de etanol. A batata-doce vem sendo considerada uma promissora matéria prima para produção de etanol. No Brasil, estima-se que cerca de 54.000 toneladas de batata-doce são desperdiçadas anualmente. Surge assim uma excelente oportunidade para agregar valor a um material desperdiçado, satisfazendo a necessidade do mercado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica para produção de álcool gel a partir do etanol de batata-doce. Cinco cenários diferentes, variando o percentual de produção de álcool gel e etanol, foram avaliados. Quanto maior a produção e comercialização de álcool gel, mais lucrativo é o cenário. O quinto cenário analisado apresentou o melhor retorno. O mesmo consistiu em 80% de produção de álcool gel e 20% de etanol hidratado, visando o autoconsumo em combustível. Este cenário apresentou um VPL de R\$ 5.644.948,84, TIR de 72%, e um payback descontado de 0,58 anos. A biorrefinaria de batata-doce é um modelo sustentável e contribui para o desenvolvimento da economia circular via diminuição de resíduos.

Sumário

1.	Introdução	1
2.	Revisão Bibliográfica	3
2.1	PRODUÇÃO DO ETANOL DE BATATA-DOCE.....	3
2.2	HISTÓRIA DO ÁLCOOL GEL.....	5
2.3	RECEITAS PARA PRODUÇÃO DE ANTISSÉPTICOS A BASE DE ÁLCOOL.....	5
2.4	PRINCIPAIS INGREDIENTES	8
2.4.1	Espessantes	8
2.4.2	Neutralizantes.....	9
2.4.3	Álcool	9
2.4.4	Glicerol.....	9
2.4.5	Peróxido de hidrogênio	10
2.5	CARACTERIZAÇÃO DA BATATA-DOCE.....	10
3.	Materiais e Métodos.....	12
3.1	ESTIMATIVA DE CUSTOS DE PRODUÇÃO A PARTIR DO ETANOL DE BATATA-DOCE ...	12
3.1.1	Processo	12
3.1.2	Investimento inicial	13
3.1.3	Custos de produção	13
3.2	ESTIMATIVA DE MERCADO	16
3.2.1	Mercado internacional	16
3.2.2	Mercado nacional.....	17
4.	Análise Econômica	19
4.1	CENÁRIOS AVALIADOS.....	19
4.2	CONSIDERAÇÕES	19
4.3	RESULTADOS.....	22
5.	Conclusões e Trabalhos Futuros	27
6.	Referências Bibliográficas.....	28

Lista de Figuras

Figura 3.1. Processo produção álcool gel.	13
Figura 3.2. Mercado brasileiro de álcool gel. Fonte: TechSci Research (2020).	17
Figura 4.1. Cenários econômicos.	19
Figura 4.2. VPL estimado do segundo cenário.	23
Figura 4.3. TIR estimado do segundo cenário.	23
Figura 4.4. VPL estimado do terceiro cenário.	25
Figura 4.5. TIR estimado do terceiro cenário.	25
Figura 4.6. VPL estimado do 4º cenário.	26
Figura 4.7. TIR estimado do 4º cenário.	26

Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Receitas álcool antisséptico. Fonte: OMS (2020)	6
Tabela 2.2. Receita álcool gel. Fonte: Farmacopeia (2016)..	7
Tabela 2.3. Composição média de 100 g de matéria fresca de batata-doce, mandioca e batata e inhame. Fonte: Woolfe (1992).	11
Tabela 3.1. Investimento inicial. Fonte: Weber (2020).	14
Tabela 3.2. Custos diários para produção de etanol. Fonte: Weber (2017).	15
Tabela 3.3. Custos diários para produção de álcool gel. Fonte: Weber (2020).	16
Tabela 4.1. Custos diários produção álcool gel. Fonte: Weber (2020).	21
Tabela 4.2. Indicadores econômicos.	22

1. Introdução

O aumento da população global tem como consequência, um aumento na quantidade de resíduos gerados. É estimado que 1,3 bilhões de toneladas de comida são desperdiçados anualmente no mundo todo, representando aproximadamente um terço dos alimentos produzidos para consumo humano (FAO, 2019). O Brasil é um dos maiores produtores globais de *commodities* agrícolas e animais, que produzem grandes quantidades de resíduos e desperdício de recursos (Forster-Carneiro *et al.*, 2013). Neste contexto emerge a biorrefinaria que é definida pela Agência Internacional de Energia como o processamento sustentável de biomassa em um espectro de produtos de base biológica (alimentos, rações, produtos químicos, materiais) e bioenergia (biocombustíveis, energia e/ou calor). Biorrefinarias são chave para permitir a estratégia da economia circular e o uso de biomassa em larga escala, permitindo uma coprodução competitiva em termos de custo de ingredientes para alimentos animais, produtos de base biológica e bioenergia, combinados com impactos socioeconômicos e ambientais ideais (uso eficiente dos recursos, redução de emissões de GEE, etc.) (IEA Bioenergy, 2020).

Com o início da pandemia da COVID-19, a demanda e o consumo de produtos de prevenção, como desinfetantes para higienização das mãos, aumentaram. O que levou a uma forte escassez desses produtos (Jairoun; Al-Hemyari; Shahwan, 2020), desencadeando uma corrida para aumentar a produção do álcool gel. Foram também criadas iniciativas destinadas a propor métodos alternativos de fabricação de desinfetante para as mãos à base de álcool, incluindo o uso de diferentes fontes de etanol (Melo, 2020). A batata doce tem sido considerada uma matéria prima promissora para a produção de etanol, pois apresenta alto rendimento de amido por unidade de terra cultivada (Lareo; Ferrari, 2019).

A produção brasileira de batata-doce é a 16ª no ranking mundial, com uma produção de 776.285 toneladas em 2017 (FAOSTAT, 2017; IBGE, 2014). As perdas e desperdícios quantitativos globais de batata-doce são de 7% ao ano (FAO, 2019), que no Brasil equivaleria a aproximadamente 54.000 toneladas de batata-doce desperdiçadas anualmente. Estudos anteriores no grupo GIMSCOP (Grupo de Intensificação, Modelagem, Simulação, Controle e Otimização de Processos) desenvolveram e melhoraram o processo de utilização de resíduos de batata-doce na produção de etanol (Masiero *et al.*, 2012; Risso, 2014; Schweinberger *et al.*, 2019; Schweinberger *et al.*, 2016). A produção de etanol a partir de resíduos biológicos

contribui para a redução das emissões de efeito estufa e também leva ao desenvolvimento de novos modelos e oportunidades no setor agrícola e alimentar (Weber; Trierweiler; Trierweiler, 2020).

Nesse contexto, considerando a alta produtividade da batata-doce no Brasil e a demanda do mercado por desinfetante para higienização das mãos à base de álcool, existe uma excelente oportunidade para agregar valor ao resíduo e atender às necessidades do mercado. Portanto, o objetivo deste estudo é avaliar a viabilidade técnica e econômica de uma biorrefinaria a partir de resíduos de batata-doce para produzir etanol e desinfetante para a higienização das mãos dentro do conceito da economia circular.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 PRODUÇÃO DO ETANOL DE BATATA-DOCE

A produção de etanol por fermentação de biomassa amilácea vem sendo, desde 1970, foco de pesquisas que buscam aperfeiçoar a conversão destes materiais de uma maneira mais rápida e econômica (Costa, 2010).

O amido presente nas raízes, tubérculos e cereais deve ser convertido primeiramente em açúcar, para então ser submetido à fermentação. Borzani *et al.* (2001) relata as principais operações unitárias envolvidas na produção de etanol a partir de amiláceos. O processo ocorre por via fermentativa, que pode ser separado em quatro etapas: o pré-processamento, a hidrólise, a fermentação propriamente dita e a destilação do vinho. A hidrólise pode ainda ser dividida em duas etapas: liquefação e sacarificação. A matéria-prima é lavada para eliminação de impurezas para posterior fragmentação até que a pasta esteja na granulometria desejada. Em seguida, é feita a diluição do meio que varia de acordo com a concentração ideal para condições de processo estabelecidas. Na etapa de liquefação ocorre o fenômeno de gelatinização do amido. Com o aumento da temperatura da suspensão aquosa, ocorre o rompimento de pontes de hidrogênio que mantém o arranjo molecular dentro do grânulo do amido. Assim, é possível a difusão de enzimas em cadeias antes inacessíveis. De uma maneira geral, a temperatura de operação se situa entre 56°C e 77°C (Ciacco; Cruz, 2009). Especificamente para a bata-doce a temperatura de operação é de 90°C (Castro, 2015) ou 67°C – 75°C de acordo com Rocha *et al.*, (2010).

As moléculas de amido gelatinizadas são hidrolisadas a dextrinas devido à ação de enzimas termoestáveis, presentes nesta etapa, que quebram as ligações glicosídicas alfa (1-4) da cadeia linear do amido. As dextrinas são polissacarídeos solúveis, o que ocasiona a redução da viscosidade do meio. As dextrinas são hidrolisadas em glicose por enzimas sacarificantes que rompem as ligações alfa (1-6) das cadeias ramificadas do amido na etapa de sacarificação, que ocorre a temperaturas próximas de 60 °C (Srichuwong *et al.*, 2012).

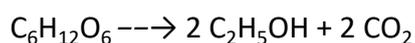
De acordo com Sánchez e Cardona (2008), o amido era tradicionalmente hidrolisado por ácidos, porém a especificidade das enzimas, as condições reacionais mais brandas e a ausência de reações secundárias as tornaram os catalisadores mais utilizados para este processo. A hidrólise ácida diminui o tempo para sacarificação do amido, porém causa corrosão de equipamentos, necessidade de correção de pH da solução açucarada, destruição

parcial dos açúcares e formação de açúcares não fermentescíveis (Feltran e Valle, 2008).

Na etapa da fermentação ocorre a transformação dos açúcares em etanol com liberação de gás carbônico na presença de organismos fermentativos. Fatores que influenciam o rendimento da reação são a temperatura, o pH, concentração de nutriente e de células, estes devem ser ajustados de acordo a garantir uma boa conversão em etanol. As leveduras, geralmente usadas no processo como microrganismo fermentador, crescem na faixa de temperatura de 30°C – 37°C. O pH ótimo para o metabolismo da levedura deve ser entre 4,0 e 4,5, além disso esta faixa ajuda a inibir ações bacterianas indesejáveis.

Após o período de fermentação, até 72h para hidrolisados de amido, o vinho, que é o líquido alcoólico resultante da fermentação, é então destilado, de modo a se obter a concentração desejada do álcool.

A equação simples que expressa a conversão de glicose em etanol é a seguinte:



Desta equação podemos calcular que o rendimento teórico é de 0,511 gramas de etanol para cada grama de glicose consumida. Este rendimento não pode ser obtido na prática, já que parte da fonte de carbono é utilizada para a síntese e manutenção das células e produção de subprodutos, tais como glicerol, ácido acético, ácido láctico e ácido succínico. Todos estes compostos competem entre si pela mesma fonte de carbono, o açúcar. Em condições ideais, 90 a 95% do rendimento teórico pode ser alcançado (Drapcho *et al.*, 2008).

Durante a fermentação outros compostos além do etanol são formados. Alguns são originários de metabolismos secundários da levedura e outros, devido à contaminação dos mostos (Weschenfelder, 2011).

O álcool etílico hidratado, do ponto de vista químico, não apresenta diferença quanto às matérias-primas utilizadas, como cana-de-açúcar, cereais, beterraba, mandioca e batata-doce. As diferenças estão restritas às impurezas que acompanham o álcool, que são características de cada matéria-prima (Bringhenti, 2005).

Por exemplo, o destilado de cana de açúcar, uma complexa mistura aquosa, que contém inúmeras substâncias além de álcool e água, que podem ser agrupadas entre álcoois superiores, etil-ésteres, aldeídos, cetonas e ácidos orgânicos. Mesmo representando menos de 1 % de todos os componentes, estas substâncias são largamente responsáveis pelas propriedades como odor e sabor (NONATO *et al.*, 2001).

Bringhenti *et al.*, (2007), estudando a produção de álcool a partir de resíduos amiláceos constataram a presença de aldeídos como furfuraldeído e formaldeído em concentrações na ordem de 0,01 mg/litro e 0,004 mg/litro. Não constataram a formação de alcoóis superiores, metanol, glicerol e ácidos orgânicos. Dessa forma é possível concluir que o álcool proveniente de fontes amiláceas é de melhor qualidade para fins farmacêuticos, por ter menos substâncias secundárias na sua composição.

2.2 HISTÓRIA DO ÁLCOOL GEL

O álcool é utilizado como antisséptico pelo menos desde o final do século XIX, porém a origem exata do álcool gel é incerta. A versão popularizada da história indica Lupe Hernandez, uma estudante de enfermagem em Bakersfield, Califórnia, em 1966, como a inventora do álcool gel. Ela teria feito a invenção para que os funcionários do hospital pudessem utilizá-la em situações onde não disponibilizariam de tempo para a lavagem convencional com água e sabão (THE GUARDIAN, 2012).

A historiadora americana Joyce Bedi (2020) começou recentemente uma pesquisa para averiguar a veracidade da história popularizada de Lupe Hernandez. Ela começou por pesquisar por patentes com o nome Lupe Hernandez e suas variações, porém sem sucesso. As únicas patentes da época para "Hand Sanitizer", como é chamado o álcool gel nos EUA (no Reino Unido "Hand Sanitiser"), são de Lincoln Stevenson e Warren W. Nelson, ambos dispositivos mecânicos para limpar mãos em forma de caixas e destinados à indústria. Bedi (2020) encontrou uma patente de 1936 para uma nova aplicação para a pele. Era um produto à base de álcool, destinado para massagens e outros fins terapêuticos. A patente americana mais antiga para o álcool gel como conhecemos data de 1990, como invento de Andrew S. Lee. A historiadora também visitou o Bakersfield College, onde Lupe Hernandez teria sido estudante de enfermagem, mas até o momento não encontrou nenhuma evidência sobre a sua existência.

Segundo o site da companhia alemã Hartmann Group, Sterilium, seu produto, foi o primeiro sanitizador de mãos à base de álcool comercial, chegou às prateleiras dos mercados europeus em 1965, era composto por glicerina e por 75% etanol.

2.3 RECEITAS PARA PRODUÇÃO DE ANTISSEPTICOS A BASE DE ÁLCOOL

Em virtude da emergência de saúde pública internacional relacionada ao vírus SARS-

CoV2, causador da Covid 19, diversos procedimentos foram estabelecidos visando facilitar o acesso pela população a produtos auxiliares na prevenção do contágio. A ANVISA liberou provisoriamente fabricantes de medicamentos, saneantes, cosméticos e farmácias, para produzir antissépticos alcoólicos sem prévia autorização da Anvisa. Além disso, a organização mundial da saúde (OMS) divulgou receitas e guias para a produção dos antissépticos alcoólicos (ANVISA, 2020; OMS, 2020).

Tabela 2.1. Receitas álcool antisséptico. Fonte: OMS (2020).

REAGENTES PARA A FORMULAÇÃO 1:	REAGENTES PARA A FORMULAÇÃO 2:
Etanol 96%	Álcool isopropílico 99,8%
Peróxido de hidrogênio 3%	Peróxido de hidrogênio 3%
Glicerol 98%	Glicerol 98%
Água fria destilada ou fervida estéril	Água fria destilada ou fervida estéril

Segundo a Organização Mundial da Saúde (Tabela 2.1), as substâncias necessárias para produção do antisséptico a base de álcool são: álcool etílico 96% v/v ou álcool isopropílico 99,8% v/v, peróxido de hidrogênio 3%, glicerol 98% e água purificada.

Preparação passo a passo de 10 litros de antisséptico, segundo a organização mundial da saúde:

1º) 8333mL de álcool etílico 96% v/v é derramado no grande frasco ou tanque até a marca graduada;

2º) 417mL de peróxido de hidrogênio 3% são adicionados usando o cilindro de medição;

3º) 145mL de glicerol 98% é adicionado usando um cilindro de medição. Como o glicerol é muito viscoso e adere à parede do cilindro de medição, deve-se lavar o cilindro com água fervida estéril ou destilada a frio e depois esvaziado no frasco / tanque;

4º) o frasco/tanque é então completado até a marca de 10 litros com água destilada estéril ou fervida fria;

5º) a tampa é colocada no tanque o mais rápido possível após a preparação, a fim de evitar a evaporação;

6º) a solução deve ser misturada agitando suavemente ou usando uma pá;

7º) por último deve-se dividir a solução em seus recipientes finais (de 500 ou 100 mL) e colocadas em quarentena por 72h antes do uso. Garantindo assim que os esporos

presentes no álcool ou nas garrafas sejam destruídos.

Para a produção de álcool gel segundo o Formulário Nacional Da Farmacopeia Brasileira (Tabela 2.2) deve-se misturar 6200 g de álcool etílico 96°GL com 3771 g de água purificada. Dispersar 28,37 g de carbopol na solução sob agitação. Por fim deve-se ajustar o pH entre 5,0 e 7,0 com solução de trietanolamina 50 % (p/v), para obter a consistência adequada. O produto deve ser armazenado em recipiente adequado, de plástico, bem fechado, protegido da luz e a temperatura inferior a 25°C.

Tabela 2.2. Receita álcool gel. Fonte: Farmacopeia (2016).

Componentes	Quantidade
Álcool etílico 96 °GL	75,73 g
Carbômero 980	0,5 g
Solução de trietanolamina a 50% (p/v)	qs
Água purificada qsp	100 g

2.4 PRINCIPAIS INGREDIENTES

2.4.1 Espessantes

Os espessantes modificam a textura e ajudam a estabilizar loções e cremes, além de criar uma ampla variedade de géis. Apesar de todos cumprirem a mesma função em loções, cremes ou géis, cada um tem propriedades únicas e podem mudar a aparência e a percepção tátil do produto. Os tipos de espessantes incluem (Romanowski, 2014):

- *Espessantes lipídicos*

São compostos lipofílicos. Funcionam transmitindo sua natural viscosidade à fórmula. São mais utilizados em cremes e loções. Algumas substâncias comumente utilizadas são álcool cetílico, álcool estearílico e ácido esteárico.

- *Espessantes naturais*

Vários espessantes são encontrados na natureza ou são derivados imediatos. São polímeros que funcionam absorvendo água e inchando, assim aumentando a viscosidade do meio. Derivados da celulose como a hidroxietil celulose são frequentemente utilizados em líquidos de limpeza pessoal, como shampoos. Outros incluem goma xantana e goma guar (Romanowski, 2014).

- *Espessantes minerais*

Espessantes minerais têm a capacidade de absorver água ou óleos, aumentando assim a viscosidade do meio. Materiais neste grupo incluem sílica, bentonita e silicato de magnésio e alumínio (Romanowski, 2014).

- *Espessantes sintéticos*

Os espessantes sintéticos são os mais versáteis dentre todos. O carbopol é o principal espessante utilizado para produção de álcool gel, trata-se de um nome comercial para polímeros de ácido acrílico. Ele tem uma percepção tátil ideal superior a outros espessantes que são mais "grudentos". Além disso, possui uma coloração ideal, que é cristalina e clara. Os polímeros de ácido acrílico são solúveis em meio aquoso em pH neutro devido a ionização dos grupos carboxila presentes nas cadeias laterais. Além da cadeia principal de polímero do ácido acrílico o carbopol possui ramificações de divinil glicol ou de polímeros de ésteres. Os carbopois rapidamente absorvem água, se tornam hidratados e inchados, aumentando até mil vezes o seu volume inicial. Também não são tóxicos e nem irritantes (Van Der Walle, 2011).

2.4.2 Neutralizantes

O principal neutralizante utilizado na produção de álcool gel é a trietanolamina, um composto que é tanto uma amina como um triol (compostos com três grupos de função álcool). É um composto sem cor quando puro, porém algumas amostras tem coloração amarelada devido às impurezas (Ullmann *et al.*, 1985).

O polímero de carbopol, quando disperso na água forma uma dispersão aquosa com pH em torno de três. Neste estágio a molécula de carbopol está enrolada e sua capacidade espessante é limitada. Na medida em que se adiciona a base ocorre o esticamento do polímero do carbopol, devido à neutralização dos grupos carboxílicos. Permitindo assim o inchamento do polímero por absorção de moléculas de H₂O e seu consequente ganho de volume, tornando a solução viscosa.

2.4.3 Álcool

É sabido que vários álcoois tem efeito antimicrobiano, porém os mais utilizados são o álcool etílico, álcool isopropílico e n-propanol (principalmente na Europa). Álcoois exibem rápida e abrangente atividade antimicrobiana contra bactérias, vírus e fungos, porém não são esporicidas. Por não serem esporicidas os álcoois não são recomendados para esterilização, porém são amplamente utilizados como desinfetantes de superfícies e antissépticos para pele. Em geral o álcool isopropílico é considerado levemente mais efetivo contra bactérias e o álcool etílico contra vírus. Geralmente a atividade antimicrobiana dos álcoois é significativamente menor em concentrações abaixo de 50% e é ótima entre 60 e 90%. A eficácia do álcool misturado com água como antimicrobiano é provavelmente devida ao efeito destrutivo à membrana celular e da rápida desnaturação de proteínas que causa interferências no metabolismo (Mcdonnell; Russell, 1999).

2.4.4 Glicerol

O glicerol é uma substância composta de uma cadeia de três carbonos, cada ligado a um grupo OH. O glicerol é um umectante, ou seja, ele tem a capacidade de atrair e prender moléculas de água, conservando umidade. Por esta propriedade ele é utilizado em diversos cosméticos, condicionadores, sabões, alimentos e outros produtos comuns (Stout; Mckessor, 2012). É utilizado tanto em algumas receitas de álcool gel e também na receita de sanitizador de mãos da Organização Mundial da Saúde. Sua propriedade umectante não deixa que a pele

se torne seca pelo contato com o álcool (OMS, 2020).

2.4.5 Peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é considerado um bom germicida, tendo efeito bactericida, virucida, fungicida e esporicida. O peróxido de hidrogênio age produzindo o radical livre hidroxil (.OH) que é capaz de atacar membranas lipídicas, DNA e outros componentes celulares importantes. Alguns organismos são capazes de produzir a catalase, enzima que pode proteger as células, hidrolizando o peróxido de hidrogênio em água e oxigênio. Esta defesa, porém é adaptada apenas para pequenas concentrações de peróxido de hidrogênio, que pode ocorrer naturalmente por vias metabólicas, não sendo efetivo contra as maiores concentrações presentes em desinfetantes (Rutala; Weber, 2004). No sanitizador proposto pela OMS o peróxido tem a função de esterilizar os compartimentos, destruindo principalmente esporos que o álcool não é capaz de destruir (OMS, 2020).

2.5 CARACTERIZAÇÃO DA BATATA-DOCE

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é uma espécie de elevado valor econômico 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, 2008).

Mais de 95% da colheita de batata doce é realizada em países em desenvolvimento, onde é o quinto plantio mais importante em termos de toneladas produzidas. São mais de 130 milhões de toneladas produzidas por ano, tendo a China como responsável por cerca de 80% da produção mundial. Cerca da metade da produção asiática é utilizada para alimentação animal, com o remanescente sendo majoritariamente utilizado para alimentação humana. As fazendas africanas produzem apenas 7 milhões de toneladas anuais, sendo sua principal utilização o consumo humano. Na América latina, onde se originou a batata doce, são produzidos 1,9 milhões de toneladas anualmente (Crop Trust, 2020).

A produção brasileira de batata doce em 2019 foi de 805 mil toneladas, com uma área plantada de 57 mil hectares, obtendo um rendimento médio de cerca de 14 toneladas por hectare. Apenas o estado do Rio Grande do Sul foi responsável por 175 mil toneladas

(22% da produção nacional), cultivados numa área de 12 mil hectares, obtendo um rendimento médio de 13,7 toneladas por hectare (IBGE, 2020).

A batata-doce é um alimento energético. Na Tabela 2.3 é possível ver que ao ser colhida, a batata-doce apresenta cerca de 30% de matéria seca que contém em média 85% de carboidratos, cujo componente principal é o amido. Comparada com outras estruturas vegetais amiláceas, possui maior teor de matéria seca, carboidratos, lipídios, cálcio e fibras que a batata, mais carboidratos e lipídios que o inhame e mais proteína que a mandioca. (EMBRAPA, 2008).

Tabela 2.1. Composição média de 100 g de matéria fresca de batata-doce, mandioca, batata e inhame. Fonte: (Woolfe, 1992).

Quantidade					
Componente	Unidade	Batata-doce	Mandioca	Batata	Inhame
Umidade	%	70	63	78	72
Carboidratos totais	g	26,1	32,4	18,5	23,1
Proteína	g	1,5	1	2,1	1,7
Lipídios	g	0,3	0,3	0,1	0,2
Cálcio	mg	32	39	9	35
Fósforo	mg	39	41	50	65
Ferro	mg	0,7	1,1	0,8	1,2
Fibras digeríveis	g	3,9	4,4	2,1	4
Energia	kcal	111	141	80	103

3. Materiais e Métodos

3.1 ESTIMATIVA DE CUSTOS DE PRODUÇÃO A PARTIR DO ETANOL DE BATATA-DOCE

Tomando como base a análise econômica realizada por (Weber, 2017) da produção de etanol hidratado a partir da batata-doce em micro usinas no estado do Rio Grande do Sul, foi possível avaliar o custo final do etanol hidratado. Somando os custos para produção do etanol hidratado levantado pelo trabalho citado, com os custos da segunda etapa para produção de álcool gel, foi possível estimar o custo final para uma unidade de produção do mesmo.

3.1.1 Processo

No processo base concebido por Schweinberger (2016) para produção de etanol, batatas-doce não comercializadas foram coletadas de mercados locais. Foram realizadas análises para determinação de açúcares totais e açúcares redutores. Os resíduos de batata doce foram lavados, picados e aquecidos até 76 °C. Após, elas foram resfriadas e esmagadas. À batata-doce moída foi adicionado o agente antibiótico, as enzimas e as leveduras. O pH foi ajustado para 4 com uma solução tampão de ácido cítrico e citrato de sódio. A mistura foi fermentada no agitador. A levedura utilizada foi a *Saccharomyces cerevisiae* da fornecedora LNF Latin America. A enzima de hidrólise utilizada foi a Stargen 002, uma mistura comercial produzida pela DuPont, contendo os fungos *Aspergillus kawachi* e *Trichoderma reesei*, que secretam as enzimas. Foi utilizada ainda uma enzima para redução da viscosidade do meio e cloridrato de tetraciclina (3,4 g/L), um antibiótico. A hidrólise e a fermentação simultânea foram realizadas a 34 °C por 19 h. Por fim, o fermentado é levado à coluna de destilação para atingir a concentração de 96 % (v/v) em etanol. Foi considerado que o processo de destilação sofreu alteração operacional para produzir etanol 70 % (m/m), portanto ao invés de produzir 1000 L/dia (96 % (v/v)) passou a produzir cerca de 1248 L (70 % (m/m)). Como o álcool gel tem uma densidade de 0,8641 g/cm³ estimamos uma produção diária de álcool gel de 1139,88 L ou 2279,76 frascos de 500 mL.

O processo de produção de álcool gel pode ser descrito como uma simples mistura em batelada. O etanol 70 % produzido na microusina é bombeado para o tanque misturador com aquecimento e 750 L de capacidade, e aquecido a 70°C. São adicionados carbopol 980, responsável pela viscosidade geleificação, e trietilonamina, uma base responsável pela

neutralização da dispersão (o carbopol atinge máxima viscosidade somente em pH 6-7). Receitas variam para as quantidades de carbopol, dependendo da consistência desejada para o gel, geralmente ficando entre 0,5-1,5 % (m/m). Como o pH influencia muito na viscosidade o operador pode definir o ponto final com o controle da dose da base. Testes de viscosidade e espalhamento são realizados para garantir a qualidade, assim como testes periódicos da concentração de etanol. O processo de mistura ocorre duas vezes ao dia, devido ao volume do misturador, e demora ao todo 3 h. O álcool gel é levado por bomba até a linha de envase, onde é envasado. O processo de envase dura em torno de 1h:15min para a demanda diária e ocorre à temperatura ambiente. Por fim o produto é rotulado em um equipamento específico, processo que demora em torno de 1h:45min, e está pronto para comercialização.

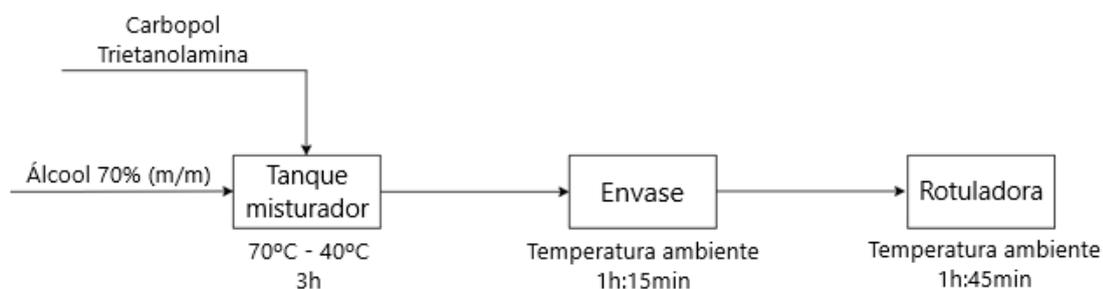


Figura 3.1. Processo produção álcool gel.

3.1.2 Investimento inicial

O investimento inicial estimado é de R\$ 629.650,00 como é especificado na Tabela 3.1, sendo que a parcela referente somente à produção de álcool gel é de R\$ 194.600,00, o que representa 30,91 % do total. Estes incluem um tanque misturador com aquecimento, duas bombas, uma envasadora e uma rotuladora.

3.1.3 Custos de produção

Os custos da batata-doce residual foram calculados tendo como base os custos da produção agrícola e a logística da biorrefinaria. Foi considerada como referência uma batata-doce com 30 % de amido em massa. Destilação foi conduzida até 96 % (v/v) no caso do etanol combustível e até 77 % (v/v) (ou 70 % (w/w)) para uso na formulação de álcool gel. A microssina de etanol tem capacidade para 1000L diários de etanol 96 % e de 1342 L para o álcool base do álcool gel. Os custos variáveis envolvidos na obtenção do etanol estão

relacionados à produção agrícola e ao processamento das matérias primas na unidade de produção.

Tabela 3.1. Investimento inicial. Fonte: (Weber, 2020).

Equipamento	Preço Unitário (R\$)	Ud.	Total
Trator de 80 CV	71.500,00	1	71.500,00
Esteira transportadora	4.400,00	2	8.800,00
Balança digital	3.300,00	1	3.300,00
Lavador e descascador	11.880,00	1	11.880,00
Bomba de água de lavagem	550,00	1	550,00
Moedor martelo	9.900,00	1	9.900,00
Rosca sem fim para material triturado	1.650,00	1	1.650,00
Dornas de fermentação	2.200,00	5	11.000,00
Agitador	1.320,00	5	6.600,00
Bomba para recirculação	1.320,00	5	6.600,00
Unidade de destilação	104.500,00	1	104.500,00
Sistema de Resfriamento	4.950,00	1	4.950,00
Caldeira (4kgf/cm ²)	27.500,00	1	27.500,00
Bomba de etanol para reservatório	1.320,00	1	1.320,00
Reservatório	9.900,00	1	9.900,00
Bomba de etanol para misturador	1.300,00	1	1.300,00
Misturador com aquecimento	28.000,00	1	28.000,00
Bomba de álcool gel para envasadora	1.300,00	1	1.300,00
Envasadora	140.000,00	1	140.000,00
Rotuladora	24.000,00	1	24.000,00
Sistema de aplicação de vinhaça	44.000,00	1	44.000,00
Açude para armazenagem de vinhaça	18.700,00	1	18.700,00
Galpão	92.400,00	1	92.400,00
TOTAL			629.650,00

Weber (2017) estimou os insumos agrícolas adotando as mesmas quantidades utilizadas pelas Usinas Sociais Inteligentes (USI), que produz batata-doce para produção de etanol em São Vicente do Sul, RS. Quanto aos custos decorrentes do manejo das culturas, os coeficientes técnicos (hora/máquina e homem/dia) foram definidos por (Masiero, 2012) com base na literatura e entrevistas realizadas com profissionais da área.

Em (Weber, 2017) se estimou os custos diários da micro-usina de etanol em R\$2985,98, detalhado na Tabela 3.2:

Tabela 3.2. Custos diários para produção de etanol. Fonte: (Weber, 2017).

Insumos	Etanol				
	Quantidade		Custo		Total
Batata-doce	5701,6	kg	0,06216	R\$/kg	R\$ 354,41
Trabalhadores	3	trabalhador	69,894825	R\$/trabalhador.dia	R\$ 209,68
Energia elétrica	128,3	kWh	0,51507	R\$/kWh	R\$ 66,08
Água	29,58	m ³	7,25	R\$/m ³	R\$ 214,46
Enzima hidrólise	0,001	L/kg batata-doce	31,7	R\$/L	R\$ 180,74
Enzima redução viscosidade	0,0001	L/kg batata-doce	158,3	R\$/L	R\$ 90,26
Levedura	0,0033	kg/kg batata-doce	64,5	R\$/kg	R\$ 1.213,59
Agente antibiótico	0,0002833	kg/kg batata-doce	349	R\$/kg	R\$ 563,73
Lenha	2,2	m ³	42,29	R\$/m ³	R\$ 93,04

Além dos 1248 L diários de etanol 70 %, também foram utilizados na formulação 3,287 kg de carbopol e 9100 mL de trietanolamina. O número de frascos de 500 mL utilizados foi de 2279. Também foram considerados os custos com os frascos de envasamento de 500 mL e rótulos. Os custos com energia elétrica estão relacionados com os consumos diários de cada equipamento utilizado no processo. Energia proveniente da queima de madeira de eucalipto é utilizada na destilação, aquecimento da batata-doce e aquecimento do tanque misturador. A diferença nos valores de energia é referente à energia utilizada nos equipamentos de mistura, engarrafamento e rotulamento dos frascos de álcool gel, etapas que não são necessárias na produção de etanol. O salário mínimo brasileiro é de 1045 reais mensais, foi considerado mais 33,77 % devido aos custos e benefícios obrigatórios. Foram acrescentados mais dois colaboradores para a produção de álcool gel, ficando um responsável pelo misturador e outro responsável pelo envase e rotulagem. Os detalhes são apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3. Custos diários para produção de álcool gel. Fonte: (Weber, 2020).

Insumos	Álcool Gel				
	Quantidade		Custo		Total
Batata-doce	5701,6	kg	0,06216	R\$/kg	R\$ 354,41
Trabalhadores	5	trabalhador	69,894825	R\$/trabalhador.dia	R\$ 349,47
Energia elétrica	140,02	kWh	0,51507	R\$/kWh	R\$ 72,12
Água	29,58	m ³	7,25	R\$/m ³	R\$ 214,46
Enzima hidrólise	0,001	L/kg batata-doce	31,7	R\$/L	R\$ 180,74
Enzima redução viscosidade	0,0001	L/kg batata-doce	158,3	R\$/L	R\$ 90,26
Levedura	0,0033	kg/kg batata-doce	64,5	R\$/kg	R\$ 1.213,59
Agente antibiótico	0,0002833	kg/kg batata-doce	349	R\$/kg	R\$ 563,73
Lenha	2,2	m ³	42,29	R\$/m ³	R\$ 93,04
Garrafas	2	unidade/L álcool gel	0,89	R\$/unidade	R\$ 2.028,99
Rótulos	2	unidade/L álcool gel	0,09	R\$/unidade	R\$ 205,18
Carbopol	0,0028836	kg/L álcool gel	195	R\$/kg	R\$ 640,97
Trietanolamina	0,0079833	L/L álcool gel	103,32	R\$/L	R\$ 940,21
Total					R\$ 6.947,15

3.2 ESTIMATIVA DE MERCADO

3.2.1 Mercado internacional

O mercado global de desinfetantes foi avaliado em 2019 em USD 2,7 bilhões, e é esperado um crescimento composto anual de 22,6% de 2020 até 2027. São esperadas mudanças pela preferência de produtos de limpeza convenientes, que influenciará o mercado. Além disso, a recente pandemia de COVID-19 no começo de 2020 estimulou o mercado de desinfetantes de mãos. A demanda por desinfetantes de mãos está ultrapassando a oferta tanto via online quanto no comércio tradicional no mundo inteiro. O surto reforçou a importância da regular desinfecção de mãos e hábitos de limpeza entre consumidores e é um dos fatores proeminentes de influência no mercado (Grand View Research, 2020). Ainda de acordo com a pesquisa realizada pela Grand View Research (2020), existe uma preferência de 77% das pessoas pesquisada pela empresa pelo uso de desinfetantes de mãos, enquanto 23% disseram não utilizar o produto.

O aumento da conscientização para desinfecção de mãos está ganhando proeminência como uma medida importante para restringir a ocorrência de infecções. Por tanto, desinfetantes de mãos são o elemento mais importante na higiene pessoal, atraindo pessoas para seu consumo. Além disso, governos promovem o uso de produtos para higiene das mãos, para que se aumente a consciência e também para evitar problemas de saúde entre a população. A organização mundial da saúde também tem iniciativas para o aumento da consciência sobre limpeza das mãos e os riscos associados à falta de higiene (Grand View Research, 2020).

O segmento em gel de desinfetantes domina o segmento com 49% do mercado global em 2019. A disponibilidade fácil do produto e o acesso mais amplo a esse tipo de desinfetante para as mãos estão impulsionando o crescimento do segmento no mercado nos últimos anos. Além disso, a inclusão de diferentes fragrâncias impulsiona o crescimento do segmento no mercado. Por exemplo, em 2017, o Himalaya Wellness lançou novos desinfetantes que estão disponíveis nas fragâncias de frutas, incluindo morango, maçã verde, lichia e laranja.

3.2.2 Mercado nacional

O mercado brasileiro de desinfetante para as mãos deve crescer a uma taxa impressionante até 2025, como pode ser visto na Figura 3.2. O mercado brasileiro de desinfetante para as mãos é impulsionado pela crescente conscientização sobre saúde e sanitização da população. Além disso, o surto repentino e a propagação da pandemia de COVID-19, com o Brasil sendo o terceiro maior país em números totais de casos, atrás apenas de Estados Unidos e Índia (Wang; Tang; Wei, 2020), deve impulsionar o crescimento do mercado até 2025. Isso levou à compra em pânico de desinfetantes para as mãos, provocando sua escassez. Além disso, o governo aumentou o financiamento e solicitou aos principais participantes que aumentassem a produção, influenciando positivamente o crescimento do mercado. A Ambev S.A, por exemplo, converteu uma de suas unidades de cervejaria para produzir meio milhão de garrafas desinfetantes para hospitais públicos combaterem a pandemia (TechSci Research, 2020).

O mercado brasileiro de desinfetante para as mãos é segmentado com base no tipo de produto, canal de distribuição, usuário final, empresa e região.

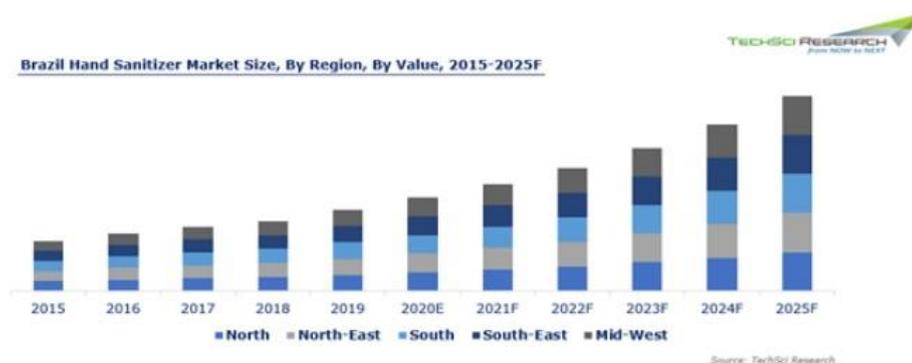


Figura 3.2. Mercado brasileiro de álcool gel. Fonte: (TechSci Research, 2020).

Com base no tipo de produto, o mercado pode ser classificado em gel, líquido, spray e espuma. Entre eles, espera-se que o segmento à base de gel domine o mercado, uma vez

que são aquosos, por isso se espalham facilmente na mão e penetram no interior da pele para matar germes. Além disso, a fácil disponibilidade do produto e em diferentes fragrâncias e embalagens impulsiona ainda mais o crescimento segmentar. Com base no canal de distribuição, o mercado pode ser fragmentado em farmácias, departamentos / lojas de conveniência, hipermercado / supermercado, online e outros. Desses, espera-se que o segmento de hipermercados / supermercados domine o mercado, pois fornece uma ampla gama de opções de produtos e preços. Além disso, eles também fornecem acesso rápido ao produto (TechSci Research, 2020).

Os principais players que operam no mercado brasileiro de desinfetantes para as mãos incluem Reckitt Benckiser (Brasil) LTDA, 3M do Brasil Ltda, Procter Gamble do Brasil Ltda, GOJO Industries, Inc., Henkel AG, Unilever Brasil, Bayer Healthcare, Johnson Johnson Brasil, GlaxoSmithKline Brasil Ltda, Kutol. As principais empresas estão desenvolvendo tecnologias avançadas e lançando novos produtos para se manterem competitivas no mercado. Outras estratégias competitivas incluem fusões e aquisições (TechSci Research, 2020).

4. Análise Econômica

4.1 CENÁRIOS AVALIADOS

Na análise econômica foram considerados cinco cenários, que variam entre as quantidades produzidas de etanol e álcool gel. No primeiro cenário foi considerado mercado saturado de álcool gel, sendo toda produção apenas de etanol, com 80% vendido e 20% destinada a uso interno. No segundo cenário foi considerado 20% da produção como álcool gel, 60% como etanol para venda e 20% para consumo próprio. No terceiro cenário foi considerado 40% da produção como álcool gel, 40% como etanol para venda e 20% para consumo próprio. No quarto cenário foi considerado 60% da produção como álcool gel, 20% de etanol para venda e 20% de etanol para consumo próprio. No quinto e último cenário foi considerado 80% da produção como álcool gel e 20% de produção de etanol para consumo interno. Estes 20% de consumo interno é destinado para ajudar a suprir a demanda energética das micro-usinas. Como pode ser visto na Figura 4.1:

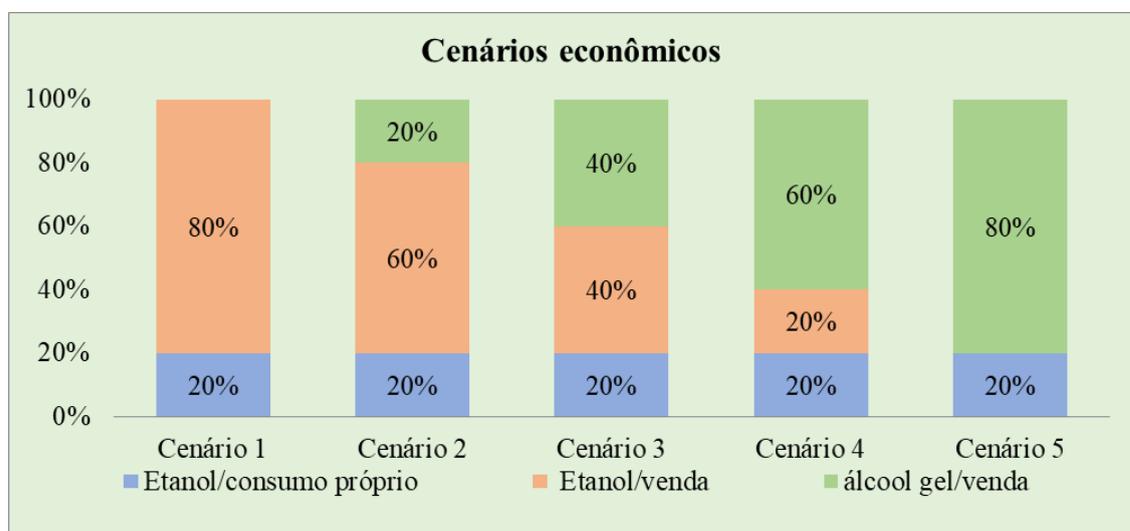


Figura 4.1 Cenários econômicos.

4.2 CONSIDERAÇÕES

Para esta análise foram feitas as seguintes considerações:

- Investimento inicial de R\$ 629.650,00;
- Fluxo de caixa de 10 anos, sendo a construção da unidade considerada antes do primeiro ano;

- c) 8h de operação diária, totalizando 40 horas semanais;
- d) 100% do investimento inicial é financiado e o investidor disponibilizaria mais R\$ 160.000,00 em caixa;
- e) A taxa de juros adotada foi de 8% por ano com carência no primeiro ano e pagamento em 5 anos;
- f) Depreciação de 20% para veículos, 10% para maquinário e 4% para construções;
- g) O custo de manutenção é uma percentagem anual do investimento em equipamentos: 1% e acrescido de 1% a cada ano;

Para análise de investimento foram calculados o payback descontado, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR). O VPL é definido como o somatório dos fluxos de caixa líquidos divididos por $(1+r)$ elevado na n , $VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+r)^t}$. Se VPL é maior que 0, então o projeto é aceitável, se VPL é menor que 0, então o projeto é rejeitável. Se, do contrário, VPL é igual a 0, então a decisão é indiferente. O cálculo da TIR significa calcular o "r" para que a equação descrita do VPL seja igual a zero, assim $0 = \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+r)^t}$. O "r" que satisfaz a equação é denominado TIR e a atratividade do investimento é analisada comparando o TIR com uma taxa mínima de atratividade escolhida com base em retornos conservadores ou outro retorno à disposição do investidor.

Para o processo de simulação econômica, com base nos resultados experimentais de Schweinberger (2016), foram assumidos rendimentos de 95 % para os processos de fermentação e destilação. Além disso, uma batata-doce com 30 % do teor total de amido foi assumida como referência. O custo total de todos os insumos em R\$ e sua contribuição percentual sobre o custo total da produção de etanol e álcool gel na microusina é apresentado na Tabela 4.1.

O custo diário total para a produção de álcool gel é de R\$ 6.947,15. Este valor é maior do que o valor de produção do etanol, que é de R\$ 2985,98, principalmente pelos custos de engarrafamento. Outro fator é o custo relacionado com os dois colaboradores a mais empregados no processo do álcool gel. Percentualmente o maior custo na produção de álcool gel é o próprio custo de produção do etanol, que corresponde a 43 % do total seguido dos gastos com embalagem e rotulagem que somam 32 %. Outro custo relevante é o com o carbopol, que corresponde com 9,23% do total.

Tabela 4.1. Custos diários produção álcool gel. Fonte: (Weber, 2020).

Matéria-Prima	Etanol		Álcool gel	
	R\$	%	R\$	%
Batata-doce	354,41	11,87	354,41	5,10
Colaboradores	209,68	7,02	349,47	5,03
Energia elétrica	66,08	2,21	72,12	1,04
Água	214,46	7,18	214,46	3,09
Enzima de hidrólise	180,74	6,05	180,74	2,60
Enzima para redução de viscosidade	90,26	3,02	90,26	1,30
Levedura	1.213,59	40,64	1.213,59	17,47
Antibiótico	563,73	18,88	563,73	8,11
Lenha	93,04	3,12	93,04	1,34
Garrafas (0.5L)	-	-	2.028,99	29,21
Rótulo	-	-	205,18	2,95
Carbômero	-	-	640,97	9,23
Trietanolamina	-	-	940,21	13,53
Total	R\$ 2985,98	100%	R\$ 6.947,15	100%

A avaliação econômica do investimento foi analisada em cada cenário com os indicadores VPL, TIR e payback descontado considerando um período de dez anos de operação. A taxa mínima de atratividade considerada foi de 10 %. Para o cálculo de faturamento foi considerado um preço de venda para o frasco de 500 mL de álcool gel de R\$ 7,00. Já para o preço do etanol foi considerado um preço de R\$ 1,62 por litro, obtido pela média dos últimos três anos no estado do Rio Grande do Sul. Estes preços foram determinados de acordo com as médias de mercado no período em que este trabalho foi realizado. Foi considerado que toda a produção foi vendida.

Considerando a flutuabilidade dos preços do etanol e do álcool gel no mercado ao longo dos anos e buscando descobrir o ponto mínimo de viabilidade, foi avaliada a influência da variação dos preços de venda do etanol e do álcool gel no VPL e no TIR para cada cenário. Como em cada caso o percentual de venda do álcool gel varia e quanto maior este maior o retorno foi necessário estipular diferentes intervalos de preço para análise em cada cenário. Os cenários avaliados foram os cenários intermediários (2, 3, 4), pois estes são os mais prováveis porque consideram a venda tanto de etanol quanto de álcool gel. Os intervalos considerados para o cenário dois foram de R\$ 2,50 até R\$ 5,50 para o etanol e de R\$ 6,50 até R\$ 9,50 para o álcool gel. Para o cenário três o intervalo foi de R\$ 1,00 até R\$ 4,00 para o etanol e R\$ 5,00 até R\$ 8,00 para o álcool gel. No 4º cenário o intervalo para o etanol foi de

R\$ 0,50 até R\$ 3,50 e para o álcool gel foi de R\$ 3,50 até R\$ 6,50. Cada preço neste intervalo gerou um valor de VPL e outro de TIR, formando assim dois gráficos do tipo $f(x,y)=z$.

4.3 RESULTADOS

Quando VPL é maior que 0 e TIR maior que a taxa mínima de retorno, o projeto deve ser considerado economicamente atrativo. Portanto entre os cinco cenários estudados, apenas os cenários 3, 4 e 5 são considerados economicamente atrativos. Os cenários 1, 2 e 3 apresentam VPL e TIR negativos, indicando que estes cenários apresentariam perdas econômicas. Apesar do etanol ser produzido utilizando um resíduo os seus custos ainda são altos, tornando o processo economicamente inviável. Isto ocorre no cenário 1. Aqui deve-se observar que não há tanta significância neste fato, pois se está considerando os investimentos da produção do álcool gel, enquanto o retorno provém apenas das vendas de etanol. Já no cenário dois, onde o álcool gel é vendido, os resultados melhoram, porém ainda continuam inviáveis economicamente. O cenário começa a ser positivos no quarto cenário, onde 60 % da produção é de álcool gel. O cenário quatro atingiu payback de 1,83. Este valor indica o tempo em anos necessários para que se recupere o valor do investimento inicial. O melhor cenário que apresentou os maiores valores de TIR (56 %) e VPL (R\$ 4.068.449,94) foi o cenário cinco, com também o menor tempo de retorno do investimento, 0,90 anos. Portanto quanto maior a produção de álcool gel maior o retorno econômico do projeto. O resultado da análise dos investimentos é apresentado na Tabela 4.2:

Tabela 4.2. Indicadores econômicos.

	VPL	TIR	Payback
Cenário 1	R\$ -5.121.916,99	-	-
Cenário 2	R\$ -2.824.325,26	-	-
Cenário 3	R\$ -526.733,53	-	-
Cenário 4	R\$ 2.196.744,30	35%	1,83
Cenário 5	R\$ 4.068.449,94	56%	0,90

Os gráficos de VPL e TIR estimados para o cenário dois são apresentados abaixo:

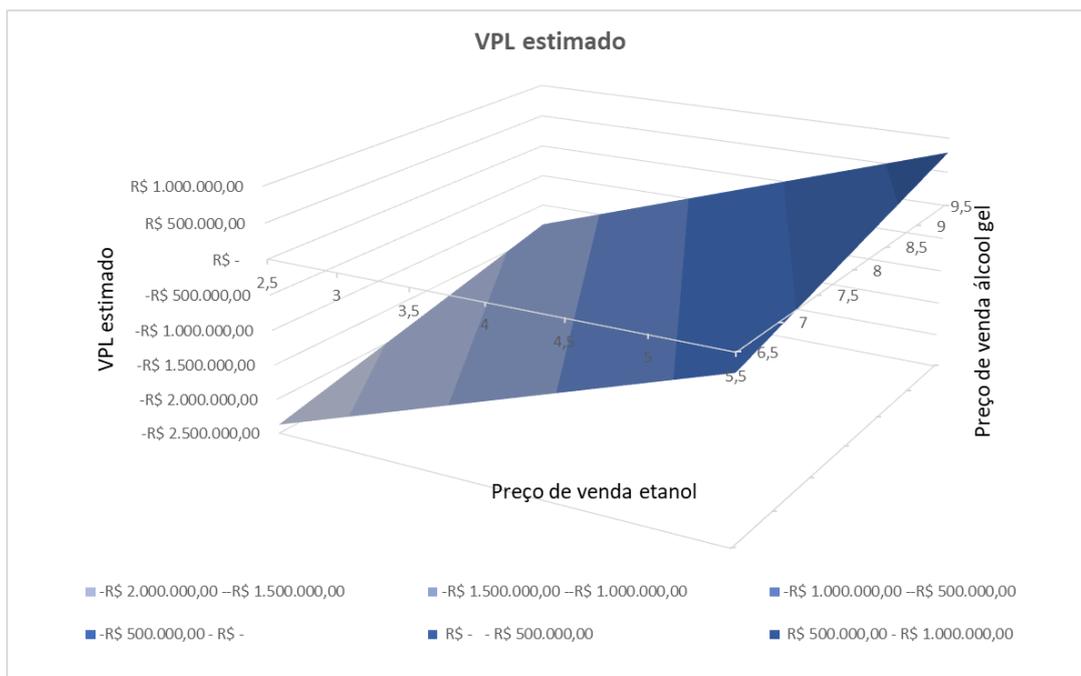


Figura 4.2. VPL estimado do segundo cenário.

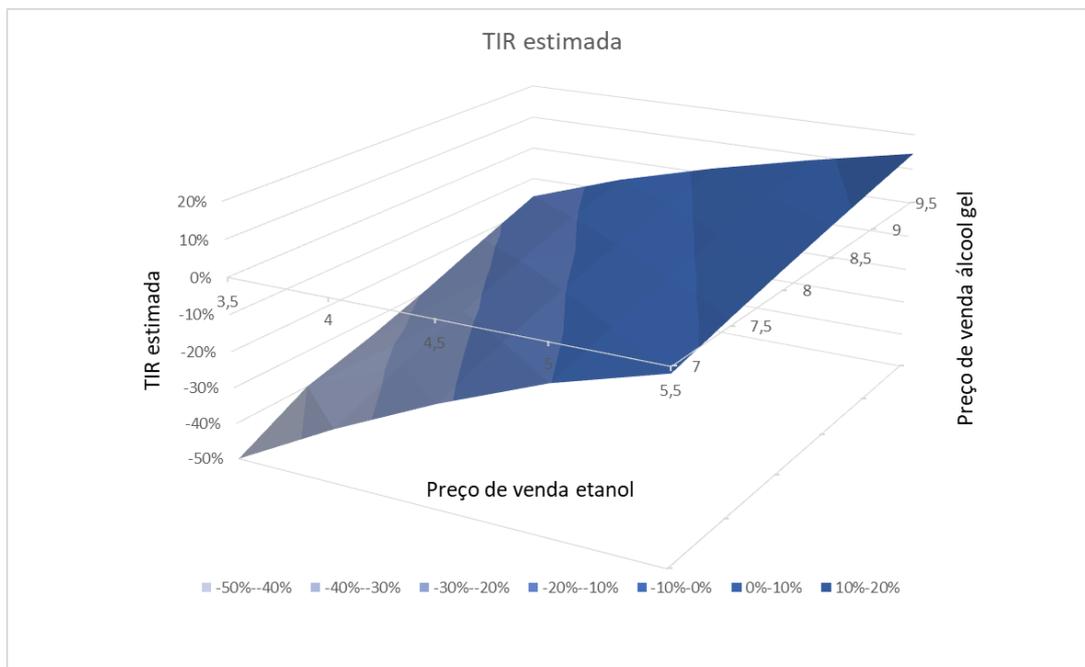


Figura 4.3. TIR estimado do segundo cenário.

O objetivo de gerar estes gráficos é poder mostrar a partir de quais preços de venda o cenário se torna viável e economicamente atrativo. Para isso se utilizou valores de venda que variam em torno da média de mercado. Como esperado, quanto maiores os preços de

venda do produto, maior o VPL e o TIR. Para que no segundo cenário o projeto seja economicamente viável são necessários preços de venda de etanol e álcool gel acima da média praticada pelo mercado atualmente (estimados em R\$ 1,62 para o etanol e R\$ 7,00 para o álcool gel).

Analisando a Figura 4.1 podemos perceber que acima do preço de venda do etanol de R\$ 5,50 e de R\$ 7,25 para álcool gel o projeto tem $VPL > 0$ para qualquer preço de venda do álcool gel e, portanto o projeto é economicamente viável. Abaixo do preço de venda de R\$ 4,50 para o etanol o projeto se torna inviável ($VPL < 0$) independente do preço de venda do álcool gel no intervalo avaliado. O projeto se torna economicamente atrativo a partir de uma taxa de retorno superior a 10 % o que corresponde a preços de venda combinados de no mínimo de R\$ 5,50; R\$ 8,75 ou de R\$ 5,25; R\$ 9,50 de etanol e álcool gel respectivamente, como é possível ver no gráfico do TIR estimado.

Os gráficos de VPL e TIR estimados para o cenário três são apresentados abaixo:

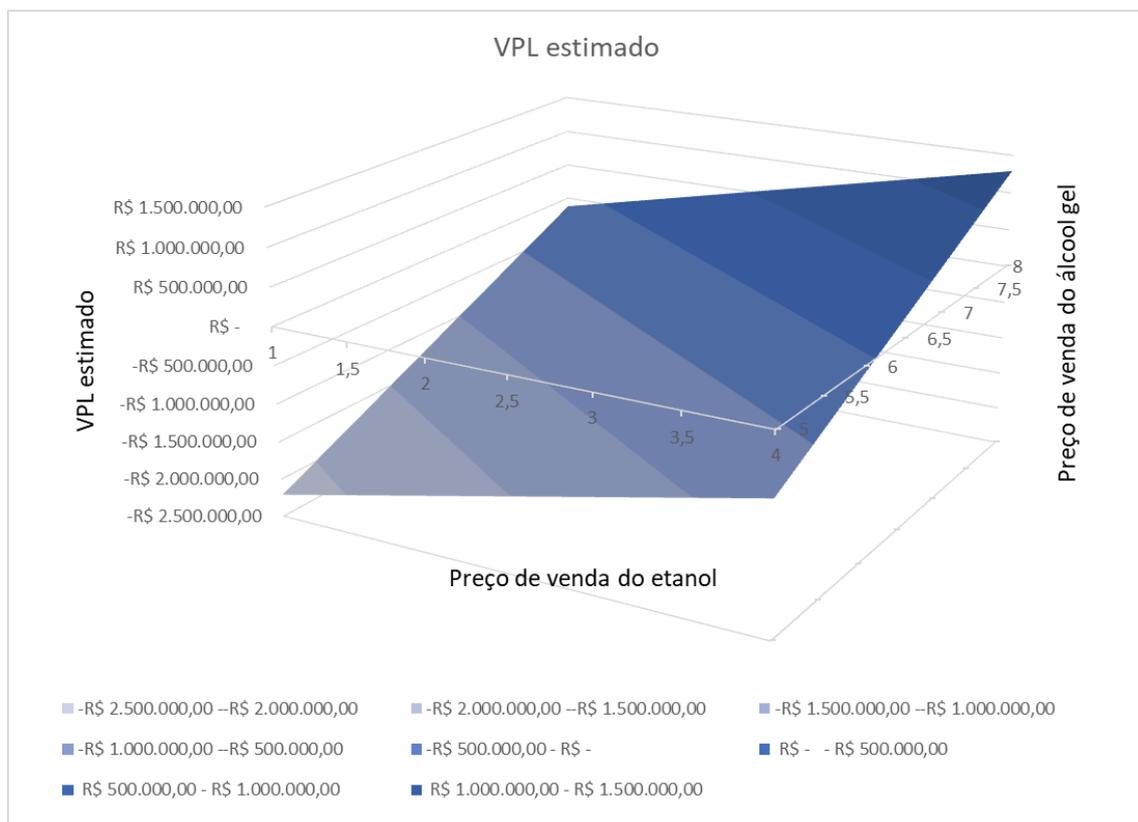


Figura 4.4. VPL estimado do terceiro cenário.

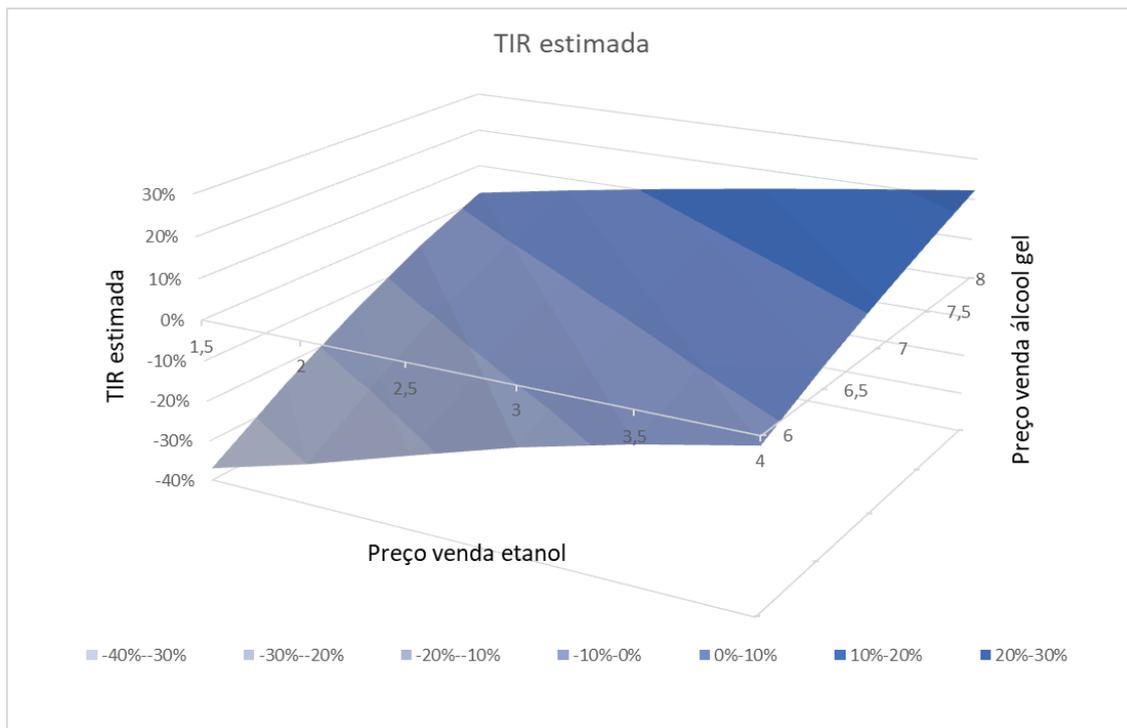


Figura 4.5. TIR estimado do terceiro cenário.

Como esperado por este cenário apresentar um maior percentual de venda de álcool gel que é o produto com maior valor, os preços necessários para que a operação seja economicamente viável e atrativa são menores. Por isso para capturar melhor os efeitos foram utilizados intervalos menores de preços de venda para ambos os produtos. Analisando o gráfico do VPL estimado podemos observar que o processo se torna economicamente viável ($VPL > 0$) neste cenário a partir da reta que liga os pontos (R\$ 1,40; R\$ 8,00) e (R\$ 4,00; R\$ 6,20), sendo o primeiro número referente ao preço do etanol e o segundo referente ao preço do álcool gel. Esta reta é justamente a intercessão do gráfico $z=f(x,y)$ com $z=0$ onde $z=VPL$. O processo se torna economicamente atrativo quando $TIR > 10\%$, no gráfico da TIR estimada é possível observar que isto ocorre a partir da combinação de valores maiores que a reta que liga os seguintes pontos, (R\$ 2,50; R\$ 8,00) e (R\$ 4,00; R\$ 6,90).

Os gráficos de VPL e TIR estimados para o cenário quatro são apresentados abaixo:

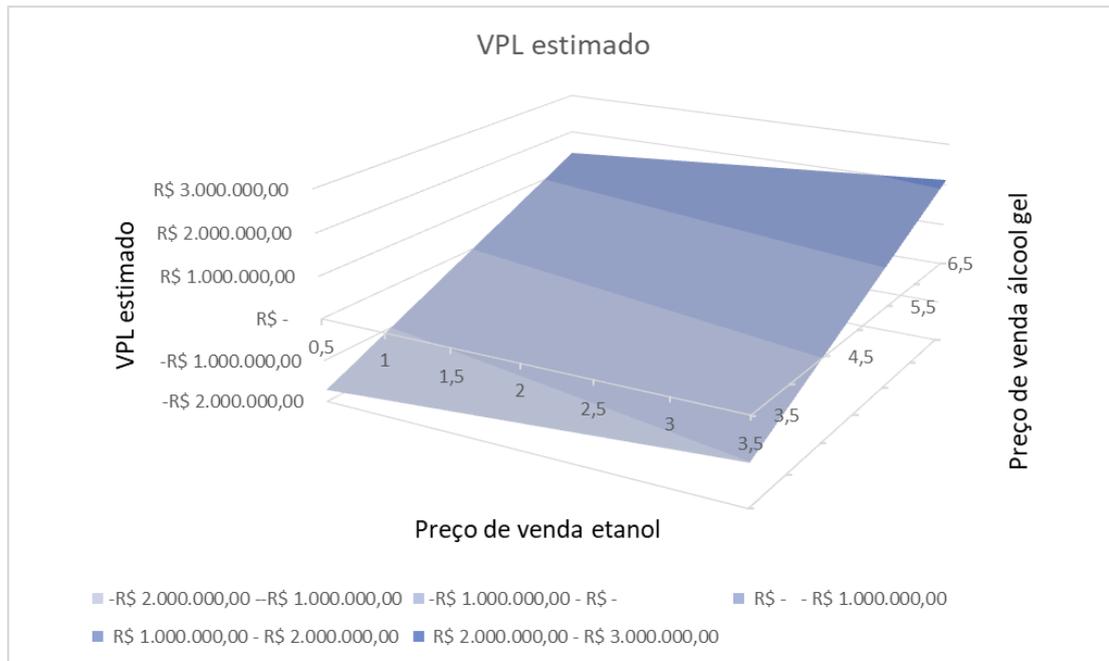


Figura 4.6. VPL estimado do 4º cenário.

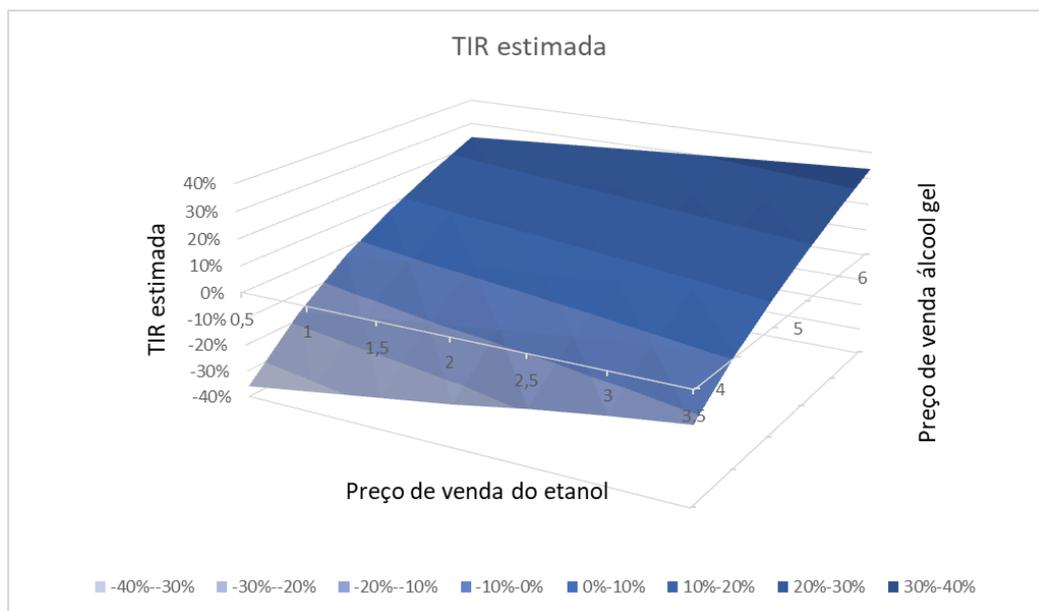


Figura 4.7. TIR estimados do 4º cenário.

Como no caso anterior os intervalos de preços foram ajustados para baixo para que se possa observar onde o VPL seja igual à zero, ou seja, na iminência de se tornar economicamente viável. Neste cenário o processo se torna economicamente viável ($VPL > 0$) a partir de preços maiores que a reta que liga os pontos (R\$ 0,50; R\$ 4,40) e (R\$ 3,50; R\$ 3,95) visto no gráfico do VPL estimado. Já a atratividade econômica ($TIR > 10\%$) é obtida a partir da reta que liga os pontos (R\$ 0,50; R\$ 5,00) e (R\$ 3,5; R\$ 4,50) no gráfico da TIR estimada.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

O objetivo de avaliação técnica e econômica do processo de produção do álcool gel a partir de batata doce foi alcançado mostrando resultados promissores.

Foram avaliados cinco cenários diferentes, variando a porcentagem de produção de cada produto. O cenário mais lucrativo foi o de maior produção de álcool gel. Por outro lado, os cenários com maior produção de etanol se mostraram economicamente inviáveis. O melhor cenário (80 % de álcool gel) apresentou VPL de R\$ 4.068.449,94, TIR de 56 % e payback descontado de 0,90 anos. O VPL e a TIR estimados a partir de variações nos preços de venda apresentaram resultados esperados para cada cenário, sendo os primeiros cenários os mais dependentes de preços acima da média de mercado para viabilizar o processo e os últimos necessitando de preços abaixo da média de mercado. As estimativas de VPL e TIR cumprem o objetivo de auxiliar os produtores a prever seus retornos de acordo com os preços de venda de cada produto que estão sujeitos a variações ao longo dos anos. Além disso a análise de sensibilidade mostrou que o cenário 2 precisa vender os produtos por preços muito acima da média do mercado para se tornar viável economicamente e o cenário 4 apresenta boa margem de preços para se manter viável economicamente.

A produção diária de 1139 L de álcool gel pode ajudar a suprir a demanda de mercado por desinfetantes de mãos na atual pandemia de COVID-19 e em futuras crises. Além disso o uso de etanol manufaturado a partir de batata-doce não utilizada diminui impactos ambientais relacionados ao despojo desse resíduo em aterros, que incluem ocupação física e emissão de gases de efeito estufa.

Para trabalhos futuros é sugerido a investigação de substâncias presentes na batata-doce para a substituição do carbopol comercial, aumentando assim tanto a viabilidade do processo quanto a sua sustentabilidade ambiental.

6. Referências Bibliográficas

5 INICIATIVAS QUE SURPREENDERAM NA PREVENÇÃO CONTRA O COVID-19 - CASA E JARDIM | CURIOSIDADES. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://revistacasaejardim.globo.com/Curiosidades/noticia/2020/03/5-iniciativas-que-surpreenderam-na-prevencao-contr-o-covid-19.html>. Acesso em: 19 out. 2020.

ANVISA. **Medidas adotadas pelo Governo Federal no combate ao coronavírus - 31 de março — Português (Brasil)**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2020/abril/medidas-adotadas-pelo-governo-federal-no-combate-ao-coronavirus-31-de-marco>. Acesso em: 22 out. 2020.

BEDI, Joyce. **Lupe Hernandez and the Invention of Hand Sanitizer | Lemelson Center for the Study of Invention and Innovation**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://invention.si.edu/lupe-hernandez-and-invention-hand-sanitizer>. Acesso em: 21 out. 2020.

BRINGHENTI, Lizandra. **QUALIDADE DO ÁLCOOL PRODUZIDO A PARTIR DE RESÍDUOS AMILÁCEOS**. x, 72 f. : il. color., grafs., tabs. f. 2005. - Universidade Estadual Paulista (UNESP), [s. l.], 2005. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90459>. Acesso em: 6 nov. 2020.

BRINGHENTI, Lizandra; CABELLO, Claudio; URBANO, Luiz Henrique. Alcoholic fermentation of starchy hidrolisated substrate with sugar cane residue. **Ciencia e Agrotecnologia**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 429–432, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-70542007000200024>. Acesso em: 6 nov. 2020.

CASTRO, L. A. S. **Artigo: etanol de batata-doce, uma realidade | Grupo Cultivar**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/artigo-etanol-de-batata-doce-uma-realidade>. Acesso em: 20 out. 2020.

COSTA, M.R. **Estudo comparativo das hidrólises ácida e enzimática de matérias-primas amiláceas visando a obtenção de etanol**. 109 f. 2010. - Universidade Federal de Alagoas, [s. l.], 2010.

CRUZ, C. F Ciacco; R. **Fabricação de amido e sua utilização**. [S. l.: s. n.], 2009.

DRAPCHO, C. M.; NHUAN, N. P. ; WALKER, T. H. **Biofuels Engineering Process**. 1ªed. Nova

lorque: McGraw-Hill, 2008.

EMBRAPA. **Batata-doce (Ipomoea batatas) - Composição e uso.** [S. l.], 2008. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/apresentacao.html. Acesso em: 22 out. 2020.

FAOSTAT. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 20 out. 2020.

FELTRAN, J.C; VALLE, T. R. **Bata-doce (Ipomoea batatas (L) Lam): Matéria-prima alternativa para produção de etanol.** São Paulo, Brasil: Instituto de Economia Agrícola, 2008.

FORSTER-CARNEIRO, T. *et al.* Biorefinery study of availability of agriculture residues and wastes for integrated biorefineries in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 77, p. 78–88, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.05.007>

GRANDVIEWRESEARCH. **Hand Sanitizer Market Size, Share | Industry Report, 2020-2027.** [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/hand-sanitizer-market>. Acesso em: 9 out. 2020.

HAND SANITISERS: SAVED BY THE GEL? | HYGIENE | THE GUARDIAN. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.theguardian.com/society/2012/may/13/do-we-really-need-hand-sanitisers>. Acesso em: 21 out. 2020.

I E A B I O E N E R G Y : E X C O : 2 0 2 0 : 0 2 UNDER THE IEA FRAMEWORK FOR INTERNATIONAL ENERGY TECHNOLOGY COOPERATION THE EXECUTIVE COMMITTEE OF EACH TECHNOLOGY COLLABORATION PROGRAMME (TCP) MUST PRODUCE AN ANNUAL REPORT FOR IEA. . [S. l.: s. n.], [s. d.].

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Brasil | Pesquisa | Produção Agrícola - Lavoura Temporária | Batata-doce.** [S. l.], 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10233>. Acesso em: 23 out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. De Geografia E Estatística - Ibge. **Produção da Pecuária Municipal**, [s. l.], v. 39, p. 1–63, 2011. Disponível em: <https://doi.org/ISSN 0101-4234>

JAIROUN, Ammar Abdulrahman; AL-HEMYARI, Sabaa Saleh; SHAHWAN, Moyad. **The**

pandemic of COVID-19 and its implications for the purity and authenticity of alcohol-based hand sanitizers: The health risks associated with falsified sanitizers and recommendations for regulatory and public health bodies. [S. l.]: Elsevier Inc., 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2020.04.014>

LAREO, Claudia; FERRARI, Mario D. Sweet Potato as a Bioenergy Crop for Fuel Ethanol Production: Perspectives and Challenges. *In: BIOETHANOL PRODUCTION FROM FOOD CROPS.* [S. l.]: Elsevier, 2019. p. 115–147. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813766-6.00007-2>

MAIS DE 80% DO ÁLCOOL EM GEL DO PAÍS NÃO COMBATEM COVID-19, DIZ ESTUDO. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/mais-de-80-do-alcool-em-gel-do-pais-nao-combatem-covid-19-diz-estudo/>. Acesso em: 4 nov. 2020.

MASIERO, Sara Scomazzon. **MICROUSINAS DE ETANOL DE BATATA-DOCE: VIABILIDADE ECONÔMICA E TÉCNICA.** 2012. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/75879>. Acesso em: 9 out. 2020.

MCDONNELL, Gerald; RUSSELL, A. Denver. **Antiseptics and disinfectants: Activity, action, and resistance.** [S. l.]: American Society for Microbiology, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/cmr.12.1.147>. Acesso em: 22 out. 2020.

NONATO, E. A. *et al.* A headspace solid-phase microextraction method for the determination of some secondary compounds of Brazilian sugar cane spirits by gas chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 49, n. 8, p. 3533–3539, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf000896r>. Acesso em: 6 nov. 2020.

OMS. **GUIDE TO LOCAL PRODUCTION: WHO-RECOMMENDED HANDRUB FORMULATIONS.** [S. l.: s. n.], 2020.

PERDAS E DESPERDÍCIOS DE ALIMENTOS NA AMÉRICA LATINA E NO CARIBE | FAO. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>. Acesso em: 16 out. 2020.

RISSO, Santos. U Niversidade F Ederal Do R lo G Rande Do S UI P Rograma De P Ós -G Raduação Em E Ngenharia Q Uímica E Tanol De B Atata - Doce : O Timização Do P Ré - E Nzimática P Rograma De P Ós -G Raduação Em E Ngenharia Q Uímica E Tanol De B Atata - Doce : O Timizaçã. [s. l.], 2014.

ROCHA, Thaís de Souza; CARNEIRO, Ana Paula de Almeida; FRANCO, Celia Maria Landi. Effect of enzymatic hydrolysis on some physicochemical properties of root and tuber granular starches. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 544–551, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612010000200039>

ROMANOWSKI, PERRY. **Thickening Agents for Cosmetic Formulations - Chemists Corner**. [S. l.], 2014. Disponível em: <https://chemistscorner.com/thickening-agents-for-cosmetic-formulations/>. Acesso em: 22 out. 2020.

RUTALA, William A.; WEBER, David J. **Disinfection and sterilization in health care facilities: What clinicians need to know**. [S. l.]: Oxford Academic, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/423182>. Acesso em: 22 out. 2020.

SÁNCHEZ, Óscar J.; CARDONA, Carlos A. **Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks**. [S. l.]: Elsevier, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.013>

SCHWEINBERGER MARTINS, Cristiane. **INOVAÇÃO E OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE BATATA-DOCE**. 2016. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/143930>. Acesso em: 9 out. 2020.

SCHWEINBERGER, Cristiane M.; TRIERWEILER, Jorge O.; TRIERWEILER, Luciane F. A simple equation for Total Reducing Sugars (TRS) estimation on sweet potato and ethanol yield potential. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 33–41, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20190361s20170404>

SRICHUWONG, Sathaporn *et al.* Sweet potato having a low temperature-gelatinizing starch as a promising feedstock for bioethanol production. **Biomass and Bioenergy**, [s. l.], v. 39, p. 120–127, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.12.023>

STOUT, Edward I.; MCKESSOR, Angie. Glycerin-Based Hydrogel for Infection Control. **Advances in Wound Care**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 48–51, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/wound.2011.0288>. Acesso em: 22 out. 2020.

TECHSCIRESEARCH. **Hand Sanitizers Market 2025 Size, Share, Growth, Trend & Forecast | TechSci Research**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.techsciresearch.com/report/hand-sanitizer-market/4485.html>. Acesso em: 23

out. 2020.

TRUST, Crop. **Yam - Crop Trust**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.croptrust.org/crop/sweet-potato/>. Acesso em: 22 out. 2020.

ULLMANN, Fritz *et al.* **Ullmann's Encyclopedia of industrial chemistry**. [S. l.]: VCH Publishers, 1985. *E-book*.

VAN DER WALLE, Chris. **Peptide and Protein Delivery**. [S. l.]: Elsevier Inc., 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/C2010-0-64887-5>

W. BORZANI; E. AQUARONE; W SCHMIDELL. **Biotecnologia industrial - Fundamentos**. 1ºed. São Paulo: Ltda, Edgar Blucher, 2001.

WANG, Weier; TANG, Jianming; WEI, Fangqiang. Updated understanding of the outbreak of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) in Wuhan, China. **Journal of Medical Virology**, [s. l.], v. 92, n. 4, p. 441–447, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jmv.25689>

WEBER, Caroline Trevisan. View of A circular economy model for ethanol and alcohol-based hand sanitizer from sweet potato waste in the context of COVID-19. **Brazilian Journal of Operations & Production Managemant**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://bjopm.emnuvens.com.br/bjopm/article/view/1025/941>. Acesso em: 23 out. 2020.

WEBER TREVISAN, Caroline. **PRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE DESTILADOS DE BATATA-DOCE**. 2017. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2017.

WEBER, Caroline Trevisan; TRIERWEILER, Luciane Ferreira; TRIERWEILER, Jorge Otávio. Food waste biorefinery advocating circular economy: Bioethanol and distilled beverage from sweet potato. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 268, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121788>

WESCHENFELDER, Susane Cristina. **APLICAÇÃO DO CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES NA DETERMINAÇÃO DO CUSTO DE PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DO SORGO SACARINO EM PEQUENA UNIDADE DE PRODUÇÃO**. 2011. - Universidade Federal de Santa Maria, [s. l.], 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/8229>. Acesso em: 6 nov. 2020.

WOOLFE, Jennifer A. **Sweet Potato: An Untapped Food Resource**. [S. l.], 1992. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt->

BR&lr=&id=_MWmIDzNMSYC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Woolfe+(1992)&ots=z_E7Nz_i9E&sig=JpC_LRzzzHW7jLP_B5DkMTrVTNw#v=onepage&q=Woolfe (1992)&f=false. Acesso em: 23 out. 2020.