

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

FABIO MASSAO MAEDA
VINICIUS PEROSA

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁLCOOIS A PARTIR DO RESÍDUO DA
BATATA PROVENIENTE DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2019

FABIO MASSAO MAEDA

VINICIUS PEROSA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁLCOOIS A PARTIR DO RESÍDUO DA
BATATA PROVENIENTE DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Luis Alberto Chavez Ayala.

Coorientador: Heitor Suyama

PONTA GROSSA

2019



Ministério da Educação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Ponta Grossa
Departamento Acadêmico de Engenharia Química



TERMO DE APROVAÇÃO

Produção e Caracterização de Álcoois a Partir do Resíduo da Batata Proveniente da Indústria Alimentícia

por

Fabio Massao Maeda e Vinicius Perosa

Monografia apresentada no dia 05 de abril de 2019 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Ciro Mauricio Zimmermann
(UTFPR)

Prof.^a Dr.^a Sabrina Ávila Rodrigues
(UTFPR)

Prof.^o Me. Luis Alberto Chavez Ayala
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dr.^a Juliana de Paula Martins
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

A folha de aprovação assinada encontra-se na coordenação do curso

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades.

À UTFPR-PG, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram o crescimento pessoal e profissional, em busca da formação em Bacharel em Engenharia Química.

Ao nosso orientador Luis Alberto Chavez Ayala, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Ao nosso coorientador Heitor Suyama, por todo o suporte e informação concedida a nós na elaboração deste trabalho.

Aos professores Alessandra Cristine Novak Sydney e Eduardo Bittencourt Sydney, responsáveis pelo laboratório de fermentações D-003 da UTFPR-PG, por disponibilizar o uso deste e auxiliar em tudo que foi necessário.

Aos nossos pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

RESUMO

MAEDA, Fabio Massao; PEROSA, Vinicius. **Produção e caracterização de álcoois a partir do resíduo da batata proveniente da indústria alimentícia**. 2019. 45p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

Com o crescente aumento da população global, há aumento no consumo de alimentos e, conseqüentemente, maior geração de resíduos alimentares. A batata é a terceira cultura alimentar mais importante no mundo e gera como principal resíduo a casca da mesma, a qual possui parte do corpo da batata aderida a ela. Álcoois são produzidos a partir da ação fermentativa de leveduras, que utilizam como matéria-prima para o processo os açúcares redutores. O presente trabalho tem como objetivo a produção de álcoois a partir do resíduo de batata da indústria alimentícia, através da hidrólise para liberação de açúcares redutores e posterior fermentação com leveduras. A hidrólise foi realizada utilizando soluções com diferentes concentrações de ácido clorídrico com foco em obter o maior nível de açúcares redutores hidrolisados do amido da batata e do material lignocelulósico da casca. A levedura utilizada foi a *Saccharomyces Cerevisiae*, presente nos dois modelos utilizados, de levedura seca instantânea Fleischmann comercial e a levedura de cerveja do tipo ale Safale S-04. Os resultados de volume de produção dos álcoois foram analisados em cromatógrafo gasoso. O processo de produção de álcoois foi considerado viável, visto que o resíduo não possuía utilidade para a indústria alimentícia e o volume de etanol obtido nos melhores resultados foram, em média de 3g/100ml, mostrando uma possibilidade para utilização desse resíduo. Contudo, não se obteve uma conclusão concisa quanto à viabilidade econômica do processo.

PALAVRAS-CHAVE: Batata. Álcoois. Hidrólise. Fermentação.

ABSTRACT

MAEDA, Fabio Massao; PEROSA, Vinicius. **Production and characterization of alcohols from potato residue of the food industry**. 2019. 45p. Undergraduate final project (Chemical Engineering) - Federal Technological University of Paraná – Ponta Grossa, 2019.

With the increasing of the global population, there is an increase in food consumption and, consequently, a greater generation of food waste. Potato is the third most important food crop in the world and generates as main residue its bark, which contains part of the potato itself adhered to it. Alcohols are produced from the fermentative process of yeasts, those who use the reducing sugars as raw material for the process. The present work aims to add value to the potato residue of the food industry, through the hydrolysis to produce reducing sugars and subsequent fermentation with yeasts, producing alcohols. The hydrolysis was carried out using solutions with different concentrations of hydrochloric acid focused on obtaining the highest level of hydrolyzed reducing sugars of the potato starch and the lignocellulosic material of the potato peel. The yeast used was *Saccharomyces cerevisiae*, present in the two models used, commercial Fleischmann instant dry yeast and beer yeast model ale Safale S-04. The results of volume produced of the alcohols were analyzed by gas chromatograph. The alcohol production process was considered viable, since the residue had no use for the food industry and the volume of ethanol obtained in the best results were on average 3g/100ml, showing a possibility of use for this residue. However, a concise conclusion on the economic viability of the process has not been obtained.

Keywords: Potato. Alcohols. Hidrolysis. Fermentation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Batata-inglesa (1 ^a , 2 ^a e 3 ^a safra)	17
Tabela 2 – Composição química da casca de batata e da batata inteira.	18
Tabela 3 – Comparação entre hidrólise ácida e hidrólise enzimática	22
Tabela 4 – Principais fatores que influenciam a hidrólise enzimática da celulose e sua consequência (marcadas de 1-5) na hidrólise e na modelagem do processo. ...	23
Tabela 5 – Dados em média triplicata da hidrólise ácida com diferentes concentrações de HCl	34
Tabela 6 – Amostras de hidrolisado.....	35
Tabela 7 – Dados obtidos na fermentação.	37
Tabela 8 – Dados médios da duplicata obtidos no cromatógrafo.	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação da amilose (A) e da amilopectina (B)	19
Figura 2 – Fluxograma de produção de etanol segunda geração	21
Figura 3 – Hidrólise da Celulose.....	22
Figura 4 – Fluxograma etapa dos estudos	26
Figura 5 – Amostras recebidas.....	27
Figura 6 – Estufa utilizada na fermentação	29
Figura 7 – Reação de Fehling	30
Figura 8 – Sistema do cromatógrafo gasoso	31
Figura 9 – Modelo do cromatógrafo.....	31
Figura 10 – Esquema para a fermentação	36
Figura 11 – Solução antes do aquecimento	37
Figura 12 – Solução após o aquecimento	38
Figura 13 – Solução de hidrolisado, coloração avermelhada e presença de açúcar redutor	38
Figura 14 – Solução de hidrolisado, contendo apenas um precipitado vermelho, indicando pouca presença de açúcar redutor no meio.....	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. OBJETIVO GERAL:	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1. ETANOL	13
3.2. ETANOL DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO	14
3.3. BATATA	15
3.3.1 Amido	18
3.4. PRODUÇÃO DO ETANOL 2G	20
3.4.1. Pré-tratamento	21
3.4.2. Hidrólise	22
3.4.2.1. Hidrólise ácida	22
3.4.2.2. Hidrólise enzimática	23
3.4.3. Fermentação	24
3.4.4. Destilação	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1. PREPARO DA MATÉRIA PRIMA	27
4.2. DETERMINAÇÃO DE UMIDADE	27
4.3. HIDRÓLISE	28
4.3.1. Hidrólise Ácida	28
4.4. FERMENTAÇÃO DE HIDROLISADOS	28
4.5. TESTE DE FEHLING	29
4.6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	30
4.6.1. Caracterização dos Álcoois	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 Determinação de umidade	34
5.2 Hidrólise ácida	34
5.3 Fermentação	35
6. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento crescente da população mundial, a importância na produção e consumo sustentável de alimentos vem crescendo. Em um mundo com escassez de recursos naturais, a redução de perdas e desperdício de alimentos é de prioridade global (EMBRAPA, 2016). Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), cerca de 30% do que é produzido anualmente é perdido ou desperdiçado, representando cerca de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos.

A batata é a terceira cultura alimentar mais importante do planeta, com uma produção mundial anual que supera 330 milhões de toneladas. No Brasil, sua produção anual gira em torno de 3,5 milhões de toneladas. Porém, a maior parte do que é produzido é comercializado *in natura*, sendo apenas 10% do total destinado ao processamento industrial (EMBRAPA, 2016). Como principal subproduto do processamento, tem-se a casca da batata.

O problema com a gestão das cascas de batata causa certa preocupação nas indústrias de batata da Europa, visto que a casca da batata tem valor praticamente nulo ao cultivo de plantas. A casca de batata, no entanto, possui quantidades suficientes de amido, celulose, hemicelulose, lignina e açúcares fermentescíveis para ser utilizada na produção de etanol. (ARAPOGLOU, 2010). No processo de descascamento a vapor, utilizado no processo industrial da batata, como realizado na empresa Vapza, o resíduo acaba contendo, além da casca, uma grande quantidade do amido dessa.

Para realizar a produção de etanol, é necessária a fermentação de açúcares através da ação de leveduras como a *Saccharomyces cerevisiae*. A fim de que o resíduo de batata seja uma matéria-prima de produção do mesmo, esta deve passar pelo processo de hidrólise, o qual torna possível a obtenção desses açúcares, para então ser fermentada. Ao fim desse processo, realiza-se a destilação para obter o líquido separado dos materiais sólidos.

Contudo, não se sabe quais tipos de álcoois serão produzidos nesse processo fermentativo. Para descobrir a composição do líquido obtido ao final do processo, este deve ser submetido a análise de cromatografia gasosa, o qual irá indicar a presença e a quantia de cada tipo álcool e outros compostos na mistura.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar formas de utilizar os resíduos da batata provenientes da indústria alimentícia Vapza¹, localizada em Castro – Paraná, para a produção e caracterização de álcoois, visando diminuir o desperdício e agregar valor ao resíduo.

¹ Presente no mercado desde 1995, a Vapza produz alimentos cozidos a vapor e embalados a vácuo. A empresa oferece mais de 40 produtos voltados para varejo e Food Service, entre eles: Carne Seca, Frango Desfiado, Batata, Canjica e Mandioca. A empresa possui uma infraestrutura de 8.900 m², com capacidade instalada para a produção de mais de 10 mil toneladas de alimento por ano. Disponível em: <<http://vapza.com.br/sobre/>>. Acesso em: 12 maio 2018.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL:

- Produzir álcoois a partir do resíduo de batata.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Estudar e realizar a hidrólise do resíduo;
- Realizar a fermentação alcoólica do resíduo;
- Analisar os parâmetros da fermentação;
- Caracterizar, qualitativa e quantitativamente, os álcoois produzidos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. ETANOL

O mundo vem apresentando uma grande preocupação com o meio ambiente, na busca por soluções que reduzam os danos ao ecossistema. Essas investigações por novas soluções são imprescindíveis, “pois a má utilização dos recursos naturais e o uso excessivo dos combustíveis fósseis vêm danificando o meio-ambiente e contribuindo para o aumento do efeito estufa” (MERLIN, 2009, p.29).

O etanol é definido como “combustível obtido por processos petroquímicos, carboquímicos e através de biomassa” (BNDS; CGEE, 2008 apud AGUIAR, 2017, p. 6). O biocombustível apresenta vantagens em relação aos combustíveis provenientes do petróleo, dentre elas, o alto teor de oxigênio e combustão menos poluente.

Visando diminuir os problemas ambientais, o etanol é uma alternativa encontrada para solucionar a questão da utilização de combustíveis fósseis, visto que ele “é uma fonte renovável de energia e reduz as emissões de dióxido de carbono” (PACHECO, 2001, p.1). Tal afirmação também se baseia em virtude da escassez, do constante aumento dos preços dos combustíveis fósseis e dos danos que a sua utilização acarreta ao meio ambiente.

De acordo com a Aliança Global de Combustíveis Renováveis (GRFA), no ano de 2017, a projeção mundial da produção do etanol foi de quase 100 bilhões de litros². Este dado mostra a competitividade do etanol e a importância do mesmo no cenário dos combustíveis no cenário, no que se refere à diminuição da emissão de gases poluentes.

Historicamente, “no início do século XX, ocorreram as primeiras ações de introdução do etanol na matriz energética brasileira” (LEITE; CORTEZ, 2007, p. 61). O país iniciou em meados de 1920, um teste em um automóvel adaptado para funcionar com álcool etílico hidratado³. Porém, foi a partir dos anos 1970 – com a crise do petróleo – que, criou o Programa Nacional do Álcool (Proálcool).

² **Aliança:** produção mundial de etanol deve atingir quase 100 bilhões de litros. Disponível em: <<https://istoe.com.br/alianca-producao-mundial-de-etanol-deve-atingir-quase-100-bilhoes-de-litros/>> Acesso em: 27 maio 2018.

³ **Ford 1925, o primeiro carro a álcool.** Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/23206/ford-1925-primeiro-carro-alcool/>>. Acesso em: 23 maio 2018.

Segundo Rean Orivalde Merlin (2009), o Proálcool tinha o objetivo de aumentar a produção do etanol para atender a demanda do mercado, e substituir o uso de combustíveis fósseis, no qual houve aumento da produção agrícola e aumento no número de destilarias.

Contudo, foi a partir do século XXI, que o Brasil conseguiu ocupar uma significativa contribuição com o etanol.

o Brasil estava com o setor sucroalcooleiro muito forte, e com os veículos flex, o setor voltou a se expandir. Aliado a isso, o aumento do preço do petróleo e a grande redução de custos de produção do composto, o mesmo tornou-se altamente competitivo em relação à gasolina. (LEITE; CORTEZ, 2007, p. 62)

No entanto, é necessário buscar novas rotas de produção do composto, com o intuito de aproveitar melhor as matérias-primas e aumentar a produtividade. “a partir de 2010, os ganhos em produtividade foram pequenos. Sendo assim, para que o Brasil continue sendo um grande produtor de etanol, se faz necessário buscar a viabilidade da produção de etanol de segunda geração” (GIMENEZ et.al, 2018, p. 1).

De acordo com Diego Nyko et. al. ainda que há uma preocupação em torno:

do esgotamento da produtividade das rotas de conversão tradicionais, o aumento da oferta de biocombustíveis passaria, necessariamente, pela ampliação da utilização de terras, o que implicaria maior pressão sobre coberturas florestais nativas e inflação no preço de alimentos. (NYCO et al. 2010, p. 8).

A viabilidade do etanol de segunda geração, além das contribuições já citadas anteriormente, é uma alternativa para o aumento de produção sem a utilização de mais área plantada, além de dar utilidade a alguns resíduos descartados no meio ambiente.

3.2. ETANOL DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO

No cenário atual, há duas formas de produção de etanol: o de primeira e o de segunda geração, na qual o de primeira geração é amplamente mais utilizado e o de segunda está ganhando cada vez mais espaço, devido à utilização de resíduos e da biomassa.

De acordo com CARVALHO et. al (2013, p.7) os “Combustíveis de primeira geração são (...) produzidos a partir de amido, óleo vegetal, gordura animal ou açúcar.

O biocombustível provém da cana-de-açúcar, beterraba doce, trigo, mandioca e milho”.

Já o etanol de segunda geração, corresponde ao álcool extraído das fibras de um vegetal, que no caso da cana-de-açúcar – maior vegetal utilizado para produção de álcool no Brasil – “é obtido através do processamento do bagaço após a extração do caldo ou da palha” (LORENZI, 2017, p. 2). Além da utilização do resíduo da cana, têm sido estudada a obtenção do biocombustível com as mais diversas matérias primas, como casca de tubérculos, caroços de frutas, subprodutos de vegetais, dentre outros.

A partir das afirmações acima, podemos relatar que:

somente a metade presente no caldo pode ser aproveitada atualmente com os métodos tradicionais de produção de etanol, que simplesmente extraem e fermentam o caldo (primeira geração). Por meio de um processo chamado de hidrólise (...) o bagaço e a palha tornam-se aproveitáveis, produzindo-se mais etanol (segunda geração) a partir deste caldo hidrolisado. (SEABRA, 2008 apud LORENZI, 2017, p. 2-3)

Deste modo, o etanol de segunda geração é uma alternativa para o uso da biomassa, produzindo etanol a partir de lignocelulose, obtidos em resíduos de origem vegetal, mesmo que as tecnologias para essa produção ainda estejam sendo aprimoradas (PACHECO, 2001).

Evidencia-se ainda que diversas matérias primas lignocelulósicas têm sido analisadas para produzir etanol, tais como palha de milho, de trigo e de arroz, resíduos de cana-de-açúcar, e no Brasil, o foco tem sido nos resíduos de cana-de-açúcar (MILANEZ, et al, 2015).

3.3. BATATA

Conforme, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) a batata (*Solanum tuberosum* L.)

é a terceira cultura alimentar mais importante do planeta, e a primeira *commodity* não grão. Estima-se que mais de um bilhão de pessoas consomem batata diariamente no mundo. Sua produção mundial anual supera 330 milhões de toneladas (...) a maior parte da produção do país é comercializada *in natura*, sendo destinados 10% ao processamento

industrial, como pré-frita congelada, *chips* e batata palha, evidenciando o baixo uso industrial no Brasil⁴.

Concorda-se com Cardoso et al. que “a batata é a hortaliça mais plantada no Brasil, com grande expansão (...) O crescente incremento na produção é uma resposta frente à alta demanda de batata para o consumo in natura e processada” (2007, p. 1730-1731).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) “a produtividade brasileira aumentou cerca de 30% nos últimos dez anos, em resposta a melhores técnicas de cultivo e maior qualidade das sementes⁵”. Isto destaca a relevância do vegetal no país, e a grande oportunidade de uso da casca do mesmo para a obtenção de álcool, devido às altas quantidades geradas.

Abaixo, a tabela 1, expõe o histórico de produção da hortaliça no Brasil, tendo como comparativo, o Estado do Paraná.

⁴ **Sistema e produção da batata:** Introdução e importância econômica. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao1f6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8803&p_r_p_-996514994_topicoId=1301>. Acesso em: 26 maio 2018.

⁵ Ibid. s/p.

Tabela 1– Batata-inglesa (1ª, 2ª e 3ª safra)⁶

ANOS	Brasil			Paraná			Comparativo	
	Área (ha)	Produção (t)	Rendimento (kg/ha)	Área (ha)	Produção (t)	Rendimento (kg/ha)	% PR/BR	Colocação PR/BR
1990	157.759	2.219.097	14.066	41.285	616.498	14.933	27,78	1ª
1991	160.953	2.264.852	14.072	41.645	653.824	15.700	28,87	1ª
1992	173.185	2.432.073	14.043	44.049	671.013	15.233	27,59	1ª
1993	162.063	2.367.571	14.609	40.658	619.034	15.225	26,15	1ª
1994	171.853	2.488.461	14.480	45.069	643.865	14.286	25,87	1ª
1995	176.767	2.692.234	15.230	43.909	628.401	14.311	23,34	2ª
1996	163.072	2.406.386	14.757	48.742	726.282	14.901	30,18	2ª
1997	174.830	2.670.493	15.275	45.399	665.840	14.666	24,93	2ª
1998	177.972	2.784.181	15.644	43.510	571.854	13.143	20,54	3ª
1999	176.481	2.904.950	16.460	41.931	615.832	14.687	21,20	3ª
2000	151.731	2.606.932	17.181	36.107	631.730	17.496	24,23	3ª
2001	153.974	2.848.624	18.501	32.062	582.440	18.166	20,45	3ª
2002	161.124	3.126.411	19.404	32.991	582.709	17.663	18,64	3ª
2003	151.850	3.089.016	20.343	30.509	608.731	19.953	19,71	2ª
2004	142.704	3.047.083	21.352	29.595	586.463	19.816	19,25	3ª
2005	142.219	3.130.174	22.010	27.513	529.977	19.263	16,93	3ª
2006	140.826	3.151.721	22.380	28.239	585.310	20.727	18,57	3ª
2007	147.719	3.550.511	24.036	27.546	615.563	22.347	17,34	3ª
2008	144.916	3.676.938	25.373	27.704	680.641	24.568	18,51	3ª
2009	138.692	3.443.712	24.830	27.874	624.992	22.422	18,15	3ª
2010	137.044	3.547.510	25.886	29.615	735.663	24.841	20,74	2ª
2011	149.212	3.917.234	26.253	31.175	793.754	25.461	20,26	2ª
2012	135.970	3.731.798	27.446	28.730	769.322	26.778	20,62	3ª
2013	128.056	3.553.772	27.752	27.475	717.415	26.112	20,19	2ª
2014	132.058	3.689.836	27.941	30.041	832.428	27.710	22,56	2ª
2015	131.931	3.867.681	29.316	30.607	835.884	27.310	21,61	2ª

Fonte: MA/SUPLAN-EAGRI (1970/1972), IBGE (Prod. Agrícola Municipal); SEAB/DERAL.

Apesar da sua elevada produção, a cultura apresenta altos índices de perdas e desperdícios. Isso ocorre devido ao manejo inadequado na lavoura, danos mecânicos e muito tempo entre a produção e o consumo. (SFAGRO, 2016). Podem-se também ser consideradas perdas os tubérculos menores e/ou mal formados e os que são danificados durante o transporte.

Quanto à sua composição nutricional, a “batata é composta por 80% de água, aproximadamente 16% de carboidratos, na sua grande maioria, amido. Tem-se entre 1 a 2% de fibra concentrada na casca, e entre 0,1 a 0,7% de açúcares simples⁷”. O tubérculo “contém carboidratos, proteínas de alta qualidade, vitaminas e sais minerais,

⁶ GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Área e Produção Agrícola no Estado do Paraná e comparativo com o Brasil**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>>. Acesso em: 08 junho 2018.

⁷ **A cultura da batata: Composição nutricional**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalicas/batata/composicao-nutricional>>. Acesso em: 27 maio 2018.

dentre elas, vitamina C e algumas do complexo B. Além disso, ela é uma boa fonte de ferro, fósforo, magnésio e potássio” (FERNANDES, 2006, p.1). Contudo, a maior parte dos nutrientes do tubérculo, encontra-se em sua casca, que na grande maioria das vezes não é aproveitada da melhor forma. “Estima-se que, no Brasil, sejam descartadas mais de 300 mil toneladas de cascas de batata por ano.” (Idem, 2006, p. 1).

Nas tabelas a seguir, tem-se a composição química do tubérculo e da sua casca, para cada 100g.

Tabela 2 – Composição química da casca de batata e da batata inteira

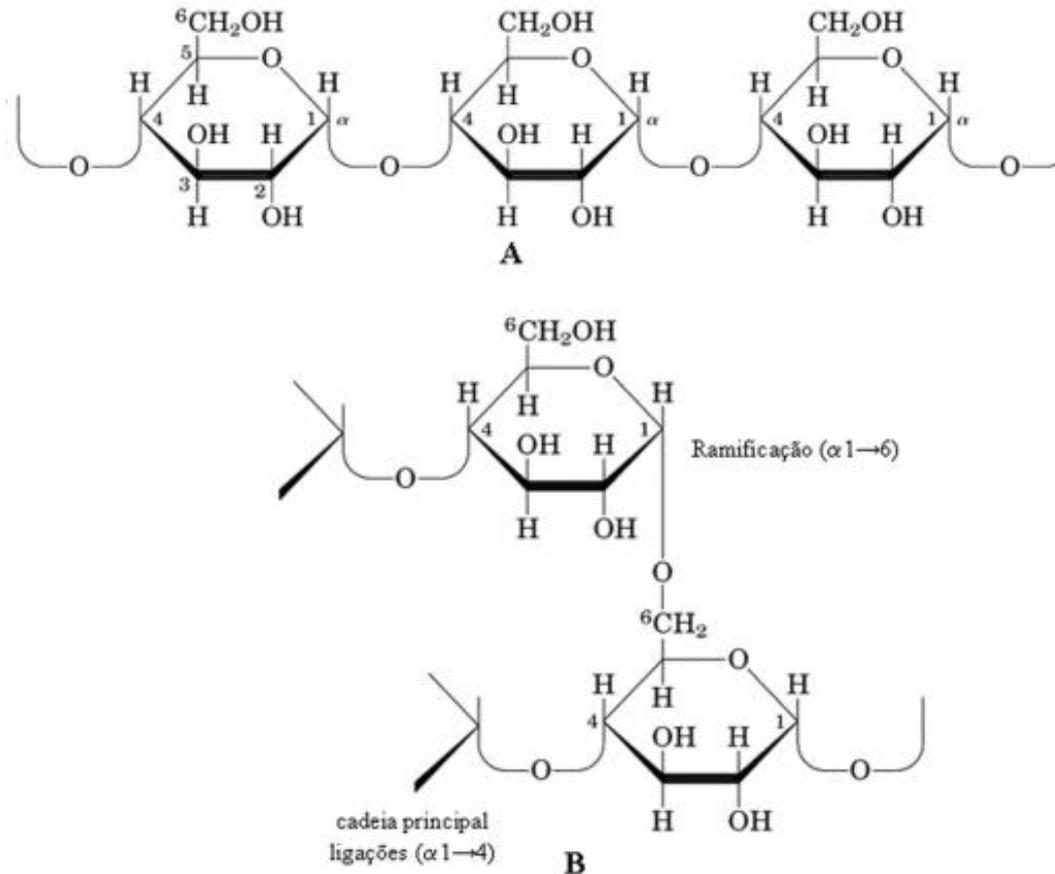
	Composição da casca da batata	Composição da batata
Umidade	83,3 - 85,1	82,09
Carboidratos	8,7 - 12,4	14,7
Gordura	0,1 - 0,4	Teor reduzido
Amido	7,8	7,8
Proteínas	1,2 - 2,3	1,8
Cinzas	0,9 - 1,6	0,6

FONTE: SEPELEV; GALOBURDA, 2015, p. 131; UNICAMP, 2011, p.30. Adaptado e traduzido pelos autores.

3.3.1 Amido

Amido é composto por dois tipos de polímeros de glicose: amilose e amilopectina, as quais se diferem na ramificação da cadeia (FRANCISCO JR, 2008). As mesmas possuem cadeias onde as unidades de glicose se unem através de ligações ($\alpha 1 \rightarrow \alpha 4$), mas a amilopectina apresenta ramificações com ligações glicosídicas ($\alpha 1 \rightarrow \alpha 6$). Na figura abaixo, tem-se as representações das cadeias destes polímeros.

Figura 1 – Representação da amilose (A) e da amilopectina (B)



FONTE: FRANCISCO JR, 2008, p. 10.

Uda et al. (2008) alegam que o amido é o componente mais abundante processado pela célula vegetal. Trata-se de um polissacarídeo de reserva, formado por uma molécula essencialmente linear, amilose, e um polímero ramificado, amilopectina. Sua estrutura varia conforme as espécies, sendo usado também para identificação de cada uma delas.

Ainda de acordo com Uda et al. (2008) podemos alegar que as proporções dessas estruturas resultam em grânulos de amido com propriedades físico-químicas e funcionais diferentes, afetando sua utilização e aplicações industriais.

Santana (2007) afirma que a produção de etanol a partir do amido ocorre através do processo de hidrólise. Nesse processo de hidrólise de matérias-primas amiláceas, o amido se transforma em açúcar, com hidrólise ácida ou enzimática.

Como aponta ZANIN (2000, apud TORRES et al., 2002, p. 2), amido não é diretamente fermentável, sendo necessário realizar a hidrólise das cadeias para a obtenção de glicose. Neste processo, é necessário água e agentes químicos e enzimáticos para rompimento das ligações glicosídicas, como aponta:

O processo de hidrólise enzimática consiste nas etapas de liquefação e sacarificação. No primeiro, os grânulos de amido são dispersos em solução aquosa, aquecidos e hidrolisados parcial e de modo irreversível, em temperaturas que variam conforme o amido. (TORRES et al., 2002, p.2)

Torres (2002) ainda aponta que após a solução de maltodextrina é hidrolisada em glicose por uma enzima desramificante, que atua sobre as ligações glicosídicas alfa-1,6 da amilopectina, resultando na solução de sacarídeos de baixo peso molecular como glicose e maltose.

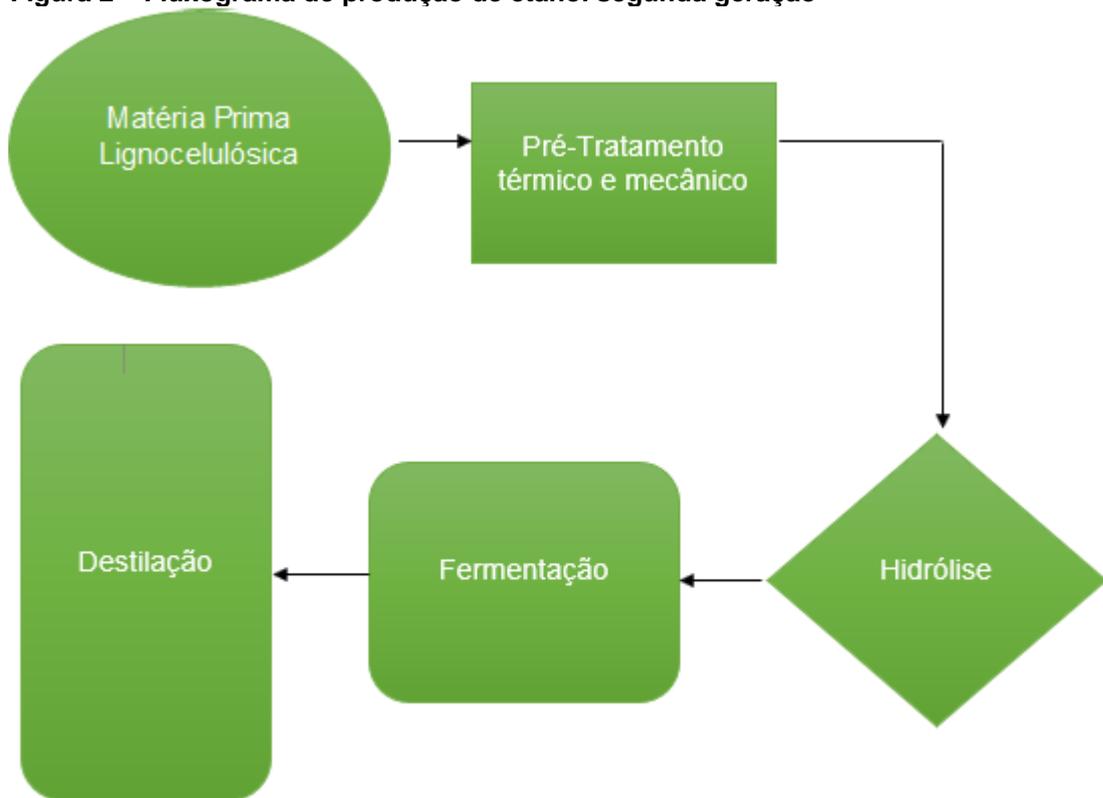
Contudo, convém relatar que a hidrólise ácida acontece quando uma amostra rica em amido é tratada com ácido, a temperaturas inferiores às de gelatinização (30-60°C), durante uma ou mais horas de reação, com a formação de D-glucose ou dextrose. Ademais, esse tipo de hidrólise depende da consistência do grânulo, temperatura, duração da hidrólise e acidez do meio. (MUCCILO, 2009 apud SCALADA, 2013, p.27).

Portanto, a hidrólise ácida tem papel importante no desenvolvimento de tecnologias limpas e surge como opção com a disposição final dos resíduos sólidos. (Hijazin et al. 2010, p. 91),

3.4. PRODUÇÃO DO ETANOL 2G

Pode-se separar a produção do etanol segunda geração em quatro etapas: pré-tratamento, hidrólise, fermentação e destilação. A figura a seguir apresenta o fluxograma de produção de etanol de segunda geração.

Figura 2 – Fluxograma de produção de etanol segunda geração



FONTE: Autoria própria.

3.4.1. Pré-tratamento

É o primeiro processo a ser realizado na matéria lignocelulósica. O material lignocelulósico é composto basicamente de três polímeros: celulose, hemicelulose e lignina (AGBOR et al., 2011). O objetivo deste processo é aumentar a área superficial (porosidade) dos materiais envolvidos, quebrar as estruturas celulósicas, evitar a formação de compostos inibidores do processo e remover as ligninas e as hemiceluloses, permitindo o acesso das enzimas ao material. Isso fará com que, posteriormente, a hidrólise seja facilitada e mais eficiente (HECTOR, 2009). A eficácia desse depende diretamente da separação ou fracionamento dos componentes lignocelulósicos e seu custo operacional (AGBOR et al., 2011).

Alguns exemplos de pré-tratamento: químico (ácido diluído, alcalino), físico-químico (tratamento com vapor e catalisador ácido/alcalino), biológico (enzimas e microorganismos), entre outros (GALBE, 2012).

3.4.2. Hidrólise

O princípio desse processo é quebrar as macromoléculas de celuloses e hemiceluloses em glicoses, que é o produto em foco, e subprodutos tais como as pentoses e hexoses, as quais serão ou não utilizadas no processo fermentativo. Os tipos de hidrólise utilizadas são: hidrólise ácida e hidrólise enzimática (PEREIRA et al., 2017). A seguir a tabela 3 apresenta, um comparativo entre esses tipos de hidrólise.

Tabela 3 – Comparação entre hidrólise ácida e hidrólise enzimática

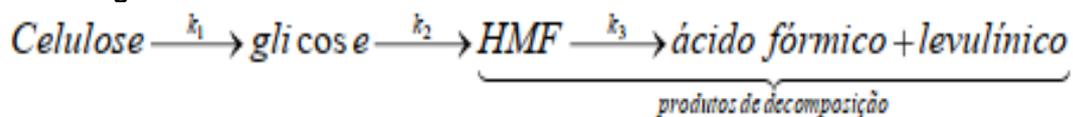
Comparação de variáveis	Hidrólise ácida	Hidrólise enzimática
Condições amenas de hidrólise	Não	Sim
Altos rendimentos de hidrólise	Não	Sim
Produção de inibidores durante a hidrólise	Não	Sim
Formação de inibidores como subproduto	Sim	Não
Baixo custo de catalisadores	Sim	Não
Baixo tempo de hidrólise	Sim	Não

Fonte: TAHERZADEH et al., 2007.

3.4.2.1. Hidrólise ácida

No processo de hidrólise ácida, o produto a ser hidrolisado é a celulose. Essa hidrólise pode ser realizada utilizando de ácido concentrado (concentração de ácido maior do que 5% m/v) ou de ácido diluído (concentração de ácido menor do que 5% m/v). Os ácidos mais comumente utilizados são o ácido clorídrico e o ácido sulfúrico. Consegue-se representar a hidrólise ácida da celulose através de um esquema, envolvendo uma série de reações, onde estão presentes: glicose, hidroximetilfurfural (HMF), ácido fórmico e levulínico, como representado a seguir (GURGEL, 2010).

Figura 3 – Hidrólise da Celulose.



Fonte: GURGEL, 2010.

O principal motivo da utilização da hidrólise com ácido diluído são os resultados que podem ser obtidos com um menor custo operacional, devido à menor

empregabilidade de ácido no meio. Como a concentração de ácido é baixa, acarreta em uma menor corrosividade, o que faz com que o custo com matérias primas e equipamentos seja também diminuído (GURGEL, 2010).

3.4.2.2. Hidrólise enzimática

O material lignocelulósico é hidrolisado a glicose, através do emprego de enzimas celulolíticas no meio. Para isso, devem ser analisados os seguintes parâmetros: pH, temperatura, concentração enzimática, tempo de sacarificação, entre outros (RABELO, 2010).

Alguns dos fatores estruturais que afetam diretamente a hidrólise enzimática são a área superficial e a cristalinidade do material, pois se relacionam com a taxa inicial da hidrólise (RABELO, 2010). Esses fatores são previamente melhorados para essa parte do processo na etapa de pré-tratamento. Podemos observar melhor esses vários fatores na tabela a seguir:

Tabela 4 – Principais fatores que influenciam a hidrólise enzimática da celulose e sua consequência (marcadas de 1-5) na hidrólise e na modelagem do processo

	1	2	3	4	5
Fatores relacionados ao substrato					
Cristalinidade da celulose	x			x	
Grau de polimerização (DP)		x			
Disponibilidade/acessibilidade da área superficial	x	x	x	x	X
Organização estrutural (macro ou microestrutura)			x	x	
Tamanho de partícula			x	x	
Porosidade			x	x	X
Presença de lignina e hemicelulose	x			x	X
Fatores relacionados à enzima					
Natureza do sistema enzimático empregado (EG, CBH, BG)	x	x	x	x	X
Tamanho relativo das enzimas				x	
Concentração da enzima	x	x	x	x	
Adsorção	x	x	x	x	X
Sinergismo	x	x		x	
Inibição do produto final				x	X
Desativação mecânica					X
Inativação térmica					X
Irreversibilidade de ligação com a lignina				x	X

- 1: Aumento aparente da cristalinidade do substrato durante toda a hidrólise;
 - 2: Diminuição do DP;
 - 3: Mudanças contínuas na acessibilidade de superfície, e topologia da superfície (corrosão de superfície);
 - 4: Mudanças contínuas na digestibilidade do substrato;
 - 5: Diminuição da concentração de enzima ativa;
- EG:** Endoglicanase; **CBH:** Celobiohidrolase; **BG:** β -glicosidase.

FONTE: ANDERSEN, 2007.

3.4.3. Fermentação

Se trata do processo bioquímico no qual ocorre a transformação dos açúcares em álcoois e outros subprodutos através da ação de leveduras. A levedura mais destacada para esse processo, historicamente, é a *Saccharomyces cerevisiae*. A quantidade de etanol produzido é diretamente proporcional à quantidade de açúcares presentes no meio. (ANDRADE, 2014). Há basicamente dois tipos de fermentação que ocorrem nesse caso: a fermentação do material lignocelulósico e a fermentação dos carboidratos, ambos provindos da etapa de hidrólise (MARTINS et al., 2014).

Os subprodutos formados são aldeídos, ácidos e ésteres. Embora presentes em quantidades não significativamente altas, ainda assim participam da determinação da qualidade do produto final (LENIA, 1975).

A fermentação de pentoses, no entanto, é pouco viabilizada no processo, devido ao baixo rendimento no qual as leveduras fornecem em relação à fermentatividade utilizando deste composto. Para isso, melhorias estão sendo estudadas nas leveduras para possibilitar essa fermentação de pentose a etanol (REBELO, 2010).

3.4.4. Destilação

Consiste na etapa em que a mistura de líquidos obtidos da fermentação é purificada e separada em componentes puros, utilizando da diferença de volatilidade, realizando sucessivas vaporizações e condensações em uma coluna de destilação (RASOVSKY, 2009).

As colunas de destilação são formadas por vários níveis denominados bandejas ou pratos. Neles ocorre a destilação de vapores sucessiva e ascendente,

passando de prato em prato até atingir o último estágio. O responsável por aquecer os líquidos é o refeedor, que está localizado na base da coluna. Considerando os fenômenos de transferência de massa e calor, o teor alcoólico do líquido cresce na medida em que vai ascendendo. Ou seja, quanto mais no topo da coluna, maior a concentração de compostos voláteis e maior o teor alcoólico (KETZER, 2013).

3.5. CARACTERIZAÇÃO

São formados compostos voláteis além do álcool etílico no processo de fermentação do mosto. Parte desses sofrem transformações estruturais ou mudam de proporção durante o processo de destilação. (ALMEIDA et al., 1973). Sabendo disso, tem-se a necessidade de identificar qual a composição do líquido final obtido.

A cromatografia vem sendo utilizada desde o século passado como técnica analítica, a qual está adquirindo aperfeiçoamentos com o decorrer do tempo. Originalmente, era utilizada para separar compostos corados, de onde vem o nome. Porém, com o avanço tecnológico, as técnicas atuais conseguem separar compostos que nem sempre apresentam coloração (GONÇALVES, 2001).

Dentre as categorias de cromatografia, existe a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), que utiliza colunas fechadas com partículas finíssimas. Essas partículas proporcionam separações eficientes, a altas pressões, forçando a passagem do solvente e assim, diminuindo o tempo necessário para a análise (HARRIS, 2005).

Também há a cromatografia gasosa, que funciona através da volatilização de amostra em um local com entrada aquecida (injetor), ocorrendo a separação dos componentes em uma coluna preparada especialmente e a detecção de cada componente ocorre por um detector (CIOLA, 1985 apud SOUZA, 2006, p.30).

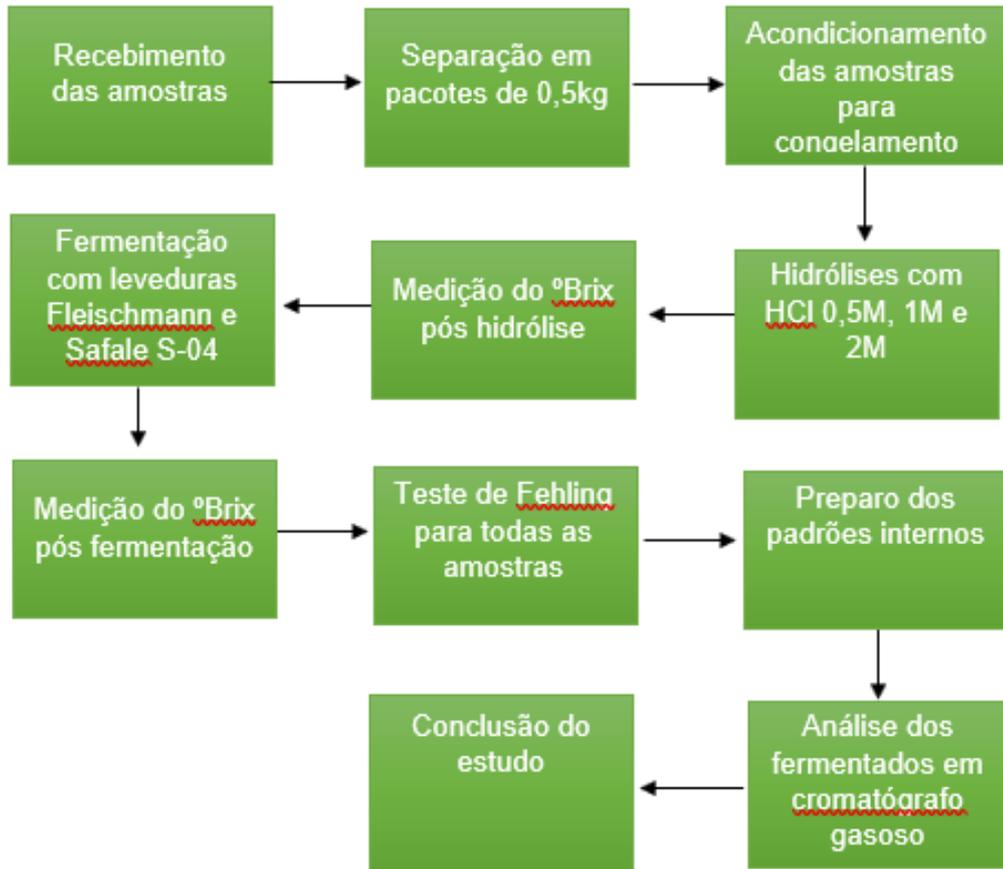
4. MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra analisada foi de resíduo de batata (*Solanum tuberosum*), proveniente da Indústria Vapza, localizada em Castro, no estado do Paraná. Essa amostra foi caracterizada por meio de análises físico-químicas, as quais serão descritas posteriormente.

Esse resíduo foi tratado pelo método de hidrólise ácida, a qual foi possível obter e analisar o rendimento na conversão do amido e material lignocelulósico presente em açúcares fermentescíveis.

O seguinte estudo desenvolveu-se conforme o fluxograma a seguir:

Figura 4 – Fluxograma etapa dos estudos



FONTE: Autoria própria.

4.1. PREPARO DA MATÉRIA PRIMA

Inicialmente, o resíduo do tubérculo foi recebido em pacotes fechados e previamente pesados. A retirada da matéria prima para as análises foi através de amostragem por homogeneização. Os mesmos foram submetidos a congelamento em freezer, mantendo as amostras a uma temperatura inferior a 0 graus para que pudessem ser mantidos por mais tempo em condições para realizar as análises.

Figura 5 – Amostras recebidas



FONTE: Autoria própria.

4.2. DETERMINAÇÃO DE UMIDADE

Mediu-se o teor de umidade das amostras, realizado em triplicata, submetendo estas à estufa a uma temperatura de 80 °C durante 24h para a retirada total de umidade das mesmas. Posteriormente, foram retiradas e esfriadas em dessecador. Com isso, pôde-se obter o percentual seco e úmido, através da diferença de massa da amostra antes e depois da secagem.

4.3. HIDRÓLISE

4.3.1. Hidrólise Ácida

Para realizar a hidrólise ácida, foram pesados aproximadamente 40g de amostra em erlenmeyeres de 250 ml. Com isso, foram testadas diferentes concentrações de solução de HCl e analisado o tempo ótimo para a hidrólise. A temperatura para a hidrólise foi de 90°C, superior à temperatura de gelatinização, devido à amostra ser parcialmente gelatinizada, pois sofreu tratamento térmico acima de 60°C durante o processo de descascamento a vapor. As soluções foram retiradas em intervalos constantes de 30 minutos, começando em 0 e retirando a última em 90 minutos, levando em consideração o grau Brix final obtido. Utilizando a técnica de refratometria, utilizando um refratômetro portátil de modelo TE697-SZ, disponível no laboratório de fermentações D-003 da UTFPR-PG, se obtém a medida em graus Brix, que é a unidade referente a cada grama de açúcar em 100 mL de solução.

A solução de amido e material lignocelulósico hidrolisada foi neutralizada com hidróxido de sódio (NaOH) 1M até atingir pH entre 4 e 5, congelada e preparada como meio fermentativo à levedura.

4.4. FERMENTAÇÃO DE HIDROLISADOS

Foram utilizadas as amostras de hidrolisados com HCl 0,5M e 1M, a fim de comparar qual das concentrações daria melhor resultado na etapa de fermentação, em relação ao volume de álcoois produzidos.

A fermentação foi realizada através da utilização da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, presente no fermento biológico instantâneo comercial da marca Fleischmann obtido em pacotes de 10g e presente também na levedura de cerveja tipo ale de modelo Safale S-04 fornecida pela empresa Koch Bier, localizada no município de Ponta Grossa – PR. A levedura de *Saccharomyces cerevisiae* é a mais amplamente utilizada em processos fermentativos.

Para realizar a fermentação, foram utilizados erlenmeyers de 250 mL, previamente sanitizados utilizando álcool 70%. Foi medido 100mL de cada amostra hidrolisada e adicionados aproximadamente 3g de levedura previamente hidratada em 20mL de água destilada a 40 °C, de marca Fleischmann Seca Instantânea e Safale S-

04 diretamente a cada uma das amostras de hidrolisado. A massa de levedura fica, então, numa relação massa por volume (m/v) de 2,5%. Após a adição das mesmas, homogeneizou-se o meio e com o auxílio de tampões, encaixou-se os airlocks no sistema, para mantê-las fermentando em estufa a 30 °C durante 48 horas, conforme imagem a seguir.

Figura 6 – Estufa utilizada na fermentação



FONTE: Autoria própria.

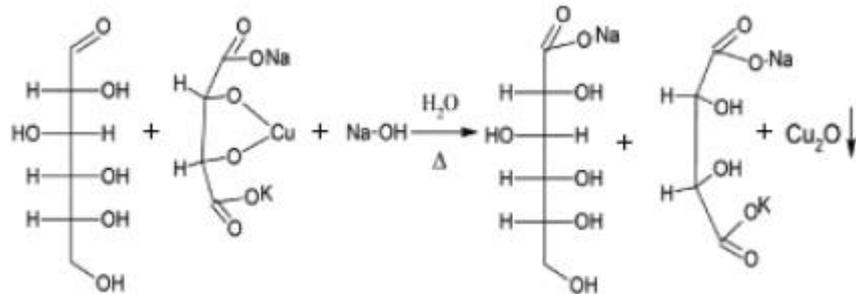
O consumo de açúcares no processo fermentativo foi avaliado por teste de Fehling antes e após o seu término, com objetivo de analisar se todo o açúcar no meio fora consumido.

4.5. TESTE DE FEHLING

Com o intuito de analisar o teor de açúcares redutores totais, utilizou-se o teste de Fehling. O método se baseia que os sais cúpricos, em solução tartárica alcalina (solução de Fehling), podem ser reduzidos a quente por aldoses ou cetoses, se transformando em sais cuprosos vermelhos, que se precipitam, perdendo a cor original azul. O tartarato, na união com o cobre, impede a formação do hidróxido cúprico insolúvel e, como critério de positividade da reação, ocorre a formação de

óxido cuproso vermelho precipitado (TAVARES et al., 2010). Na figura abaixo, tem-se a reação de Fehling.

Figura 7 - Reação de Fehling



Fonte: TAVARES et al, 2010.

Para realizá-lo, foram utilizados 10 tubos de ensaios, contendo amostras de hidrolisado e amostras de fermentado, sendo 4 de hidrolisados e 6 de fermentados. Nesses, eram adicionados 1 mL da solução de Fehling A, 1 mL da solução de Fehling B e 1 mL da amostra. Submeteu-se ao aquecimento cada um desses tubos, em banho maria a aproximadamente 90 °C.

4.6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A fim de analisar os rendimentos, foram analisados o volume de álcool produzido em função da quantidade de amostra utilizada.

4.6.1. Caracterização dos Álcoois

Para analisar o teor alcoólico da amostra, foi utilizado do cromatógrafo gasoso de modelo YL 6100GC, da marca Allcrom, presente no laboratório C005 da UTFPR-PG.

Utilizando de padrões internos de álcool metílico e álcool etílico, foi possível identificar a concentração de cada um desses presentes na amostra.

Figura 8 – Sistema do cromatógrafo gasoso



FONTE: Autoria própria.

Figura 9 – Modelo do cromatógrafo



FONTE: Autoria própria.

As condições do cromatógrafo eram:

- Forno: manteve-se a 40 °C por 5 minutos, elevando 25 °C por minuto até atingir 220 °C, ficando a 1,8 min nessa temperatura. O tempo total é de 14 minutos.
- Gás de arraste: N₂, com inserção de 2 mL/min.
- Coluna: ZB-WAX com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro e 0,25 µm de espessura do fio.
- Temperatura do injetor: 200°C, com split de 1 para 2.
- Detector FID: 230 °C
- Condicionamento das amostras: 60 °C com agitação, durante 10 minutos.
- Injeção de amostra: 100 µL na coluna.

As soluções a serem analisadas foram preparadas utilizando 5 mL da solução fermentada, 1g de sulfato de sódio anidro P.A., 1 mL de solução padrão de metileno.

Os padrões internos foram feitos com 5 mL de solução padrão de etanol, 1 mL de solução padrão de metileno e também 1g de sulfato de sódio anidro P.A.

As soluções padrões de etileno e metileno continham 1,5 g/100mL e 2,29g/100mL cada, respectivamente.

Para realizar as análises, era passada no cromatógrafo primeiro um padrão, 5 amostras, outro padrão interno e por fim, a última amostra.

Amet – Área de metanol.

Aet – Área de etanol.

Utilizando a fórmula:

$$C_{et} = C_{etp} \cdot \frac{H}{h} \cdot \frac{i}{I}$$

$$C_{met} = C_{metp} \cdot \frac{I}{i} \cdot \frac{h}{H}$$

Onde C_{et} – Concentração de etanol da amostra (g/100mL).

C_{etp} – Concentração de etanol do padrão (g/100mL).

C_{met} – Concentração de metanol da amostra (g/100mL).

C_{metp} – Concentração de metanol do padrão (g/100mL).

H – Área de etanol da amostra.

h – Área de etanol do padrão.

i – Área de metanol da amostra.

l – Área de metanol do padrão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Determinação de umidade

A determinação de umidade da matéria-prima foi realizada em triplicata. Obteve-se como média o teor de peso seco 11,87% e teor de umidade 88,13%. Conforme a NEPA (Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação), a umidade da batata brasileira é de 82,9%. O material utilizado no experimento é um resíduo de batata de um processo industrial de descascamento via vapor, o que esclarece o aumento do teor de umidade em comparação ao valor utilizado como base. (UNICAMP, 2011).

5.2 Hidrólise ácida

Na tabela seguinte, encontram-se os dados obtidos na média da triplicata com diferentes concentrações de HCl, o tempo de hidrólise, o ° Brix sem ajuste de pH (pH~2) e após ajuste de pH (pH 4~5).

Tabela 5 – Dados em média triplicata da hidrólise ácida com diferentes concentrações de HCl

Amostra	Peso (g)	Concentração (mol/L)	Tempo de hidrólise (min)	°Brix sem ajuste de pH	°Brix com ajuste de pH
A	40,026	0,5	0	2,8	3,8
			30	4,2	
			60	4,5	
			90	4,5	
B	40,003	1,0	0	4	4,1
			30	5	
			60	5,4	
			90	5,5	
C	40,365	2,0	0	8	4,5
			30	9,3	
			60	10,2	
			90	-	

FONTE: Autoria Própria.

Como desejava-se obter a maior hidrólise possível para uma maior concentração de açúcares na amostra, optou-se por utilizar a solução ácida de HCl de concentração 2 mols/L e o tempo ótimo é de 60 minutos.

Apesar de as amostras preparadas com HCl 2M terem tido melhor resultado em relação ao nível de açúcares pré neutralização, após a neutralização, a diferença no nível de açúcares em relação às amostras preparadas com a solução de ácido clorídrico 1 mol/L era pequena.

Isso é explicado pelo conceito de grau Brix, onde a refração da luz é influenciada diretamente pela concentração de açúcar da solução. Como a solução ácida é neutralizada utilizando de outra solução básica de NaOH 1M, o volume do todo ao adicionar-se base aumenta, conseqüentemente, diminuindo a concentração de açúcares.

Além disso, realizando a hidrólise com a solução mais concentrada, houve dificuldade na etapa fermentação desses açúcares por meio das leveduras, provavelmente pela formação de inibidores no processo da hidrólise. Por isso, optou-se pela utilização apenas do HCl 1M para a hidrólise das mesmas.

Com isso, fez-se mais amostras de hidrolisado, como segue:

Tabela 6 – Amostras de hidrolisado

Amostra	Concentração	°Brix sem ajuste de pH	°Brix com ajuste de pH
1H	1,0M	6,9	4,5
2H	1,0M	6,7	4,4
3H	0,5M	4,1	3,1
4H	0,5M	4,5	3,3
5H	1,0M	5,4	4,1
6H	1,0M	5,3	4,1

FONTE: Autoria própria.

5.3 Fermentação

Como os valores de °Brix não foram reduzidos significativamente, tendo uma variação de aproximadamente 0,1 partindo de 4,8 para 4,7, descartou-se a possibilidade de adição direta da levedura ao mosto e decidiu-se hidrata-las previamente, antes de adicionar as mesmas ao mosto.

Fez-se então necessária a hidratação das leveduras antes de acrescentá-las ao mosto a ser fermentado. Obteve-se levedura de cerveja tipo ale de modelo Safale S-04 fornecida pela empresa Koch Bier, localizada no município de Ponta Grossa – PR. Para realizar a hidratação destas, pesava-se aproximadamente 2g da levedura selecionada e colocava-se esta em um erlenmeyer de 250 mL contendo 20 mL de água destilada, previamente aquecida a 40 °C, mantendo a hidratação por 20 minutos. Após esse processo, a solução com água e levedura era acrescentada ao meio a ser fermentado. O esquema ficava conforme a imagem a seguir.

Figura 10 – Esquema para a fermentação



FONTE: Autória própria.

Os testes foram realizados utilizando diferentes concentrações de solução ácida e os dois modelos de levedura, comercial de pão Fleischmann e levedura de cerveja Ale Safale S-04.

Tabela 7 – Dados obtidos na fermentação.

Amostra	Levedura	Concentração	°Brix pré inóculo	°Brix inoculado	°Brix pós fermentação
1F	Fleischmann	1M	4,5	4	3,7
2F	Safale S-04	1M	4,4	3,9	3,3
3F	Fleischmann	0.5M	3,5	3,1	2,8
4F	Safale S-04	0.5M	3,8	3,3	2,9
5F	Safale S-04	1M	4,1	4	3,3
6F	Safale S-04	1M	4,1	4	3,4

FONTE: Aatoria própria.

5.4 Teste de Fehling

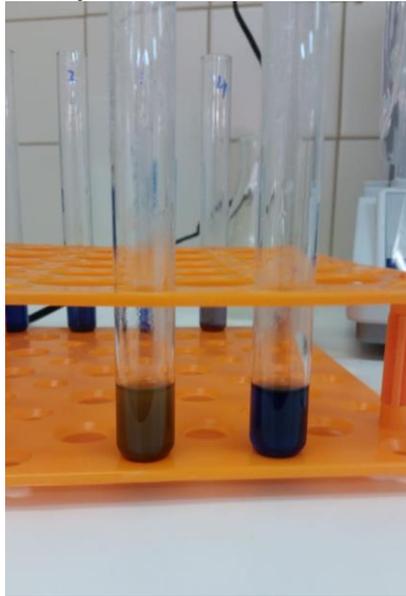
Inicialmente, a solução possuía coloração azulada devido à solução de Fehling. Caso apresentasse coloração vermelha após aquecimento, indicava a presença de açúcar redutor, precipitando o cobre.

Figura 11 – Solução antes do aquecimento



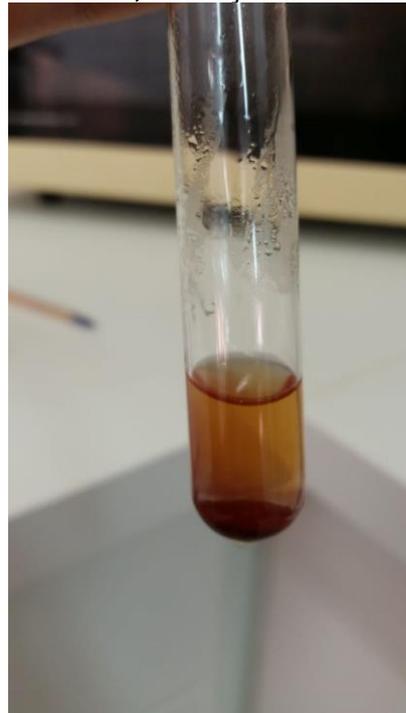
FONTE: Aatoria própria.

Figura 12 – Solução após o aquecimento



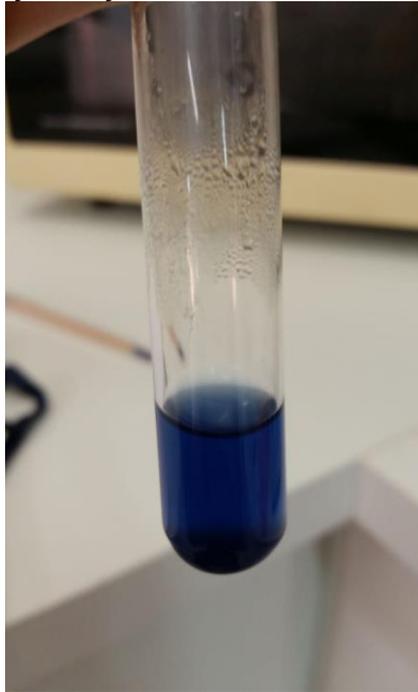
FONTE: Autoria própria.

Figura 13 – Solução de hidrolisado, coloração avermelhada e presença de açúcar redutor



FONTE: Autoria própria.

Figura 14 – Solução de hidrolisado, contendo apenas um precipitado vermelho, indicando pouca presença de açúcar redutor no meio



FONTE: A autoria própria.

No fim, todas as soluções que apenas tinham hidrolisado apresentaram coloração vermelha total e todas as soluções que já haviam fermentado apresentaram apenas o corpo de fundo vermelho. A partir disso, podemos afirmar que nem todos os açúcares presentes na amostra foram convertidos em álcool e, como sugestão para trabalhos futuros, a busca de metodologias mais eficientes quanto à conversão do mesmo.

5.5 Cromatografia Gasosa

Obteve-se os seguintes valores referentes à média da duplicata para concentração de etanol e metanol:

Tabela 8 – Dados médios da duplicata obtidos no cromatógrafo

AMOSTRA	Área de metanol (mV.s)	Área de etanol (mV.s)	Conc. metanol (g/100mL)	Conc. etanol (g/100mL)
1F	401,97	772,29	0,88	3,10
2F	391,69	562,14	1,25	2,32
3F	433,35	295,18	2,90	1,61
4F	421,22	419,32	1,91	1,61
5F	451,99	1031,11	0,70	3,69
6F	388,38	809,28	0,79	3,21
Padrão	384,08	340,33	2,19	1,43

FONTE: Autoria própria.

Através dos dados da tabela acima, afirma-se que os melhores resultados de etanol se obtiveram aproximadamente 3,33 g/100mL de etanol e próximo de 0,8 g/100mL para metanol. Devido à concentração de etanol ser elevada em relação à de metanol, esse pode ser um processo interessante a ser utilizado, visto que a matéria-prima utilizada é basicamente descartada por parte da indústria.

Levando em consideração apenas da massa utilizada de 40g, nas condições de ácido e levedura de melhores resultados nos experimentos, e do mosto produzido de aproximadamente 200 mL, a produção de etanol para essas 40g gira em torno de 4,5g, o que em uma tonelada de matéria-prima resultaria em uma massa de 112,5 kg, sendo algo possível de ser estudado. A cana de açúcar, a cada tonelada, produz entre 85 e 95 litros, porém sua viabilização é maior devido ao custo do processo e ao processamento dos seus resíduos.

Como sugestão para trabalhos futuros, a utilização da metodologia de Lane-Eynon seria interessante, para a determinação de açúcares redutores e açúcares redutores totais, sendo possível saber, quantitativamente, se a hidrólise foi eficiente ou não.

Os melhores resultados encontrados no trabalho realizado foram utilizando HCl 1M, 60 minutos de tempo de hidrólise a 90 °C e levedura de cerveja Safale S-04.

6. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos mostraram que utilizando o resíduo de batata proveniente da indústria alimentícia foi possível a produção de álcoois, utilizando a hidrólise ácida com HCl na concentração de 1M por 60 minutos a 90 °C, com leveduras do tipo Safale S-04 e tempo de fermentação de 48 horas para obtenção do melhor rendimento.

Para os trabalhos futuros a serem realizados no mesmo segmento, recomenda-se utilização de leveduras semelhantes à utilizada Safale S-04 ou alguma levedura já conhecida e utilizada nas indústrias de bebidas alcoólicas. A concentração ácida para a hidrólise também deve possuir uma concentração relativamente baixa, como a utilizada no presente trabalho, de 1M.

É difícil ter certeza quanto à viabilidade financeira do projeto, devido a ser um projeto em pequena escala, visto que o custo para purificação dos produtos encontrados é alto e a dificuldade de achar possíveis compradores desse produto final. Porém, mesmo que não o seja, o fato de dar utilidade a um resíduo e agregar valor ao mesmo, gerando energia, tão necessária nos dias de hoje e reduzindo a poluição ambiental, já o torna extremamente válido.

GALBE, M.; ZACCHI, G. Pretreatment: The key to efficient utilization of lignocellulosic materials. **Biomass and Bioenergy**, v. 46, 2012, p. 70–78. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953412001626>>. Acesso em: 01 junho 2018.

GIMENEZ, Andres R. et al. O aumento da produtividade e a busca pela excelência na produção do etanol brasileiro: uma história de sucesso. **Research, Society and Development**, Espanha, v. 7, n. 2, 2018, p. 01-19. Disponível em: <<https://rsd.uni-fei.edu.br/index.php/rsd/article/view/270/239>>. Acesso em: 27 maio 2018.

GONÇALVES, Maria de Lurdes Sadler Simões. **Métodos instrumentais para análise de soluções: Análise Quantitativa**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

GURGEL, L. V. A. **Hidrólise ácida de bagaço de cana-de-açúcar: estudo cinético de sacarificação de celulose para produção de etanol**. 2011. 315 f. Tese (Doutorado em Físico-Química) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75131/tde-25032011-081629/pt-br.php>>. Acesso em: 02 junho 2018.

HECTOR, Ronald; HUGHES, Stephen; LIANG-LI, Xin. Developing Yeast Strains for Biomass-to-Ethanol Production. IN: **BIOMASS MAGAZINE**. Disponível em: <<http://biomassmagazine.com/articles/1533/developing-yeast-strains-for-biomass-to-ethanol-production>> Acesso em: 01 junho 2018.

HIJAZIN, Carlos A. H. et al. **Hidrólise ácida, alcalina e enzimática**. Revista Atitude. Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, Ano IV, n. 7, 2010. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/10/Hidr%C3%B3lise-%C3%A1cida-alcalina-e-enzim%C3%A1tica.pdf>>. Acesso em: 12 fevereiro 2018.

KETZER, F. **Modelagem, simulação e controle de uma coluna de destilação descontínua apropriada à produção de etanol em pequena escala**. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado do programa de pós-graduação em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7963/KETZER%2c%20FELIPE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 01 junho 2018.

LEITE, R. C.; CORTEZ, L. A. B. E. O Etanol Combustível no Brasil. In: BRASIL. Ministério das relações exteriores – MRE (Org.). **Biocombustíveis no Brasil: realidades e perspectivas**. Brasília: Arte Impressora Gráfica LTDA, 2007. p. 60-75.

LENIA, U. A. et al. **Tecnologia das Fermentações**. v.1. Editor Edgar Blucher Ltda, São Paulo, 1975.

LORENZI, Bruno Rossi. O etanol de segunda geração no Brasil: translações entre CT&I, energia e política. IN: **Simpósio Nacional de Ciência Tecnologia e Sociedade**. Brasília: ESOCITE.BR, 2017, p.1-21.

MALDONADE, Irani R. et al. Protocolo para determinação de açúcares redutores pelo método de Somogyi-Nelson. IN: **Comunicado técnico EMBRAPA**. Março, 2013. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/81814/1/cot-86.pdf>>. Acesso em: 01 junho 2018.

MARTINS, F. D. A. et al. A produção do etanol de segunda geração a partir do bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 2, n. 3, jul/dez, 2014, p. 5–16. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/38404/23514>>. Acesso em 02 junho 2018.

MERLIN, Orivalde Renann. **A importância do etanol brasileiro no cenário mundial**. 2009, 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Estágio Supervisionado do Curso de Comércio Exterior) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2009.

MILANEZ, A. Y. et al. De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar: uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 41, mar. 2015, p. 237-294. Disponível em: < <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4283>>. Acesso em: 20 maio 2018.

NYKO, Diego et. al. A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada. **BNDES Setorial**, Brasília, n. 32, 2010, p. 5-48. Disponível em: < <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2406>>. Acesso em: 28 de maio de 2018.

Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). **Corporate Document Repository**. Crop Prospects and Food Situation – Nº. 4, 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1062706/>>. Acesso em: 27 maio 2018.

PACHECO, Thályta Fraga. Produção de etanol: Primeira ou Segunda Geração? **Circular Técnica**, Brasília, abril/2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/886571/1/CITE04.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2018.

RABELO, S. C. **Avaliação e otimização de pré-tratamentos e hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração**. 2010, 414 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/266933>>. Acesso em: 22 maio 2018.

RASOVSKY, E. M. **Álcool: Destilarias, Instituto do Açúcar e do Álcool**. Rio de Janeiro: Coleção Canavieira, 2009.

SANTANA, Nívio B. **Eficiência da hidrólise de amido de mandioca por diferentes fontes de enzimas de rendimento da fermentação alcoólica para a produção de etanol**. 2007, 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 2007. Disponível em: <<http://revista.uninga.br/index.php/uninga/article/view/692/340>>. Acesso em: 02 janeiro 2019.

SCALADA, André L. **Pirodextrinas**: resultado da hidrólise ácida do amido. 2013, 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia de Química Industrial) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, 2013. Disponível em: <<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0711290821.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2018.

SEPELEV, I; GALOBURDA, R. **Industrial potato peel waste application in food production**: a review. Research for rural development, 2015, volume 1. Disponível em: <http://lufb.ltu.lv/conference/Research-for-Rural-Development/2015/LatviaResearchRuralDevel21st_volume1-130-136.pdf>. Acesso em: 20 janeiro 2019.

SFAGRO, Farming Brasil. **Basf apresenta soluções para reduzir desperdício de alimentos**. Disponível em: <<http://sfagro.uol.com.br/basf-apresenta-solucoes-para-reduzir-desperdicio-de-alimentos/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

SOUZA, M. D. C. A. DE. **Identificação, Quantificação E Comparação Das Sustancias Químicas Responsáveis Pelos Aromas Da Cachaça De Alambique E Do Rum Comercial Tratados Pelo Processo De Irradiação**. v. 5, 2006 Tese (Doutorado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) – Universidade de São Paulo, 2006.

TAVARES, J. T. de Q. et al. **Interferência do Ácido Ascórbico na Determinação de Açúcares Redutores pelo Método de Lane e Eynon**. Quím. Nova, São Paulo, v. 33, n.4, p.805-809, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422010000400008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 17 fevereiro 2019.

TORRES, Livia Maria et al. **Concentração de enzimas amilolíticas na hidrólise do amido de gengibre**. Ciência Rural, v.42, n.7, jul, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/2012nahead/a19212cr4211.pdf>>. Acesso em: 03 janeiro 2019.

UDA, Carla Fernanda, et al. **Extração e caracterização do grão de amido de batata, batata-doce e mandioca**. Revista Uningá, julho 2008. Disponível em: <<http://revista.uninga.br/index.php/uninga/article/view/692/340>> Acesso em: 10 janeiro 2019.

UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. Disponível em: <http://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf>. Acesso em: 20 janeiro 2019.