



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DO RESÍDUO  
INDUSTRIAL DE PALMITO PUPUNHA**

**Teon Marcos Cristino Rodrigues**

Goiânia  
2020

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DO RESÍDUO  
INDUSTRIAL DE PALMITO PUPUNHA**

**TEON MARCOS CRISTINO RODRIGUES**

Orientador (a): Me. Flávio Carvalho Marques

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos, como parte dos requisitos exigidos para a conclusão do curso.

Goiânia  
2020

RODRIGUES, TEON MARCOS CRISTINO.

Produção de etanol de segunda geração a partir do resíduo industrial de palmito pupunha / Teon Marcos Cristino Rodrigues. Goiânia: PUC-Goiás / Escola de Engenharia, 2020.

xi, 24f. : il.

Orientador: Flávio Carvalho Marques.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – PUC-Goiás, Escola de Engenharia, Graduação em Engenharia de Alimentos, 2020, 6p.

1. Biomassa. 2. Fermentação. 3. Hemicelulose. – TCC. II. Marques, Flávio Carvalho. II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Engenharia. Graduação em Engenharia de Alimentos. III. Produção de etanol de segunda geração a partir do resíduo industrial de palmito pupunha.

**PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DO RESÍDUO INDUSTRIAL DE PALMITO PUPUNHA**

**Teon Marcos Cristino Rodrigues**

Orientador (a): Me. Flávio Carvalho Marques

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos, como parte dos requisitos exigidos para a conclusão do curso.

**APROVADO em 26 / 11 / 2020**



---

Prof<sup>o</sup> Dr. Danns Pereira Barbosa,  
(PUC – Goiás).



---

Prof<sup>a</sup> Me. Lydia Tavares de Araujo Andrade,  
(Escola SENAI Vila Canaã).

**PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DO RESÍDUO INDUSTRIAL DE PALMITO PUPUNHA**



---

Prof<sup>o</sup> Me. Flávio Carvalho Marques,  
(PUC – Goiás).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu saúde e forças para superar todas as dificuldades que apareceram em meu caminho, sem me deixar desistir.

Ao meu pai José Marcos Rodrigues, que acreditou em mim e me ajudou a tornar este sonho possível, sem ele não estaria concluindo mais esta etapa.

Agradeço a Pontifícia Universidade Católica de Goiás pelo programa de bolsa, vestibular social, do qual fui privilegiado. Em especial ao programa de reconhecimento, mérito acadêmico, no qual fui agraciado com título *Magna cum laude*.

A minha companheira de estudo e namorada Bruna Carrijo dos Anjos, que nunca mediu esforços para me ajudar e apoiar, me incentivando em dar o meu melhor sempre. Muito obrigado por tudo.

Agradeço também a indústria citada neste trabalho por ter me concedido a oportunidade de desenvolver este estudo e ter me aperfeiçoado como profissional. Em especial ao Adalberto Barros de Lima, por ter sido um excelente gestor, sobretudo um exemplo de profissional a ser seguido, obrigado.

Aos professores da graduação, especialmente aos professores Luciana Casaletti e Danns Pereira Barbosa, que não transmitiram somente conhecimentos, mas também valores éticos e morais que levarei para a vida.

Ao professor Flávio Carvalho Marques, por ser um orientador ímpar e ter me guiado desde o início deste trabalho. Muito obrigado por seu apoio e confiança.

Às professoras Lydia Tavares de Araujo Andrade e a Fernanda Garcia Do Amaral, por participar desde o início do meu processo de aprendizagem com apoio, confiança e motivação.

E finalmente, mas não menos importante, aos meus amigos da graduação Luana, Paulla, Beatriz, Breno, Stephanie, Marcus, por terem feito parte desta caminhada comigo. Sem vocês essa jornada não teria o mesmo significado. Minha gratidão eterna.

## RESUMO

O amido é um dos polímeros encontrados com abundância no reino vegetal, devido a suas propriedades vem sendo estudado como uma alternativa de substituição para fontes de etanol de primeira geração. Atualmente tem se evidenciado a necessidade de novas matrizes de fontes renováveis para a produção de etanol. Devido a sua composição química, as cascas de palmito, assim como diversos outros resíduos agroindustriais, apresentam elevada concentração de carbono e nitrogênio, considerando as distintas atividades vinculadas à produção e à transformação de produtos agropecuários, podem servir como substrato para obtenção de etanol de segunda geração devido à grande quantidade de hemicelulose e celulose. O presente trabalho teve como objetivo produzir etanol de segunda geração por meio da fermentação dos resíduos de uma indústria beneficiadora de palmito pupunha. As etapas para produção do etanol foram à obtenção de biomassa, hidrólise enzimática, fermentação alcoólica, destilação e determinação do teor alcoólico através da metodologia descrita por Bezt e Nikelly, (1987). Os resultados mostraram que é possível a produção do biocombustível, contabilizando 2,63 litros de etanol por tonelada do resíduo de palmito pupunha. Assim, concluiu-se que o resíduo de palmito pupunha pode ser uma fonte renovável e sustentável para obtenção de etanol.

**Palavras-chave:** Biomassa; fermentação; hemicelulose.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Principais cortes do palmito pupunha.....	4
Figura 2: Ilustração esquemática da estrutura da biomassa lignocelulósica. ....	6
Figura 3: Via metabólica simples da alcoolização na levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . ....	10
Figura 4: Esquema de Fermentação Alcoólica do palmito pupunha .....	13
Figura 5: Aparelhagem de destilação Fracionada para obtenção de etanol. ....	14
Figura 6: Cromatogramas de soluções de referência etanol / água. Coluna: C1 8, 250 × 4,6 mm, 10 μm; fase móvel: 30:70 metanol / água, 0,3% MEK; injeção: 10 μL; detector: 280 nm, 0,10 AUFS. A = 10% de etanol, B = etanol a 5%, C = etanol a 0%. ....	16
Figura 7: Comparação de amostra não fermentada e amostra com 1 hora de fermentação.....	20
Figura 8: Volume da amostra triturada contendo água mais resíduo de palmito pupunha.....	22

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1:</b> Quantidade de resíduos gerados por semana em quilogramas.....	18
<b>Tabela 2:</b> Resultado da medição do teor de sólidos solúveis em °Brix.....	19
<b>Tabela 3:</b> Resultado do volume de destilado para cada amostra analisada.....	20
<b>Tabela 4:</b> Resultado da análise da quantidade de etanol contida no destilado.....	21



**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ATP – Adenosina Tri Fosfato

BIOEN – Programa de Pesquisa em Bioenergia

CNPEM – Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais

CTBE – Ciência e Tecnologia do Bioetanol

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

GL – Gay Lussac

GLP – Gás liquefeito de Propano

MEK – Metil Etil Cetona

UV – Ultra Violeta

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Palmito Pupunha</b>	<b>3</b>
2.1.1	<i>Indústrias de palmito pupunha</i>	3
2.1.2	<i>Resíduos industriais</i>	4
<b>2.2</b>	<b>Produção de etanol</b>	<b>5</b>
2.2.1	<i>Etanol de primeira geração</i>	5
2.2.2	<i>Etanol de segunda geração</i>	5
2.2.3	<i>Biomassas Lignocelulósicas</i>	6
2.2.4	<i>Hidrólise ácida e enzimática de carboidratos</i>	7
2.2.5	<i>Fermentação Alcoólica</i>	9
2.2.6	<i>Processo de destilação</i>	10
2.2.7	<i>Determinação e quantificação de grau alcoólico</i>	11
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Obtenção da biomassa lignocelulósica</b>	<b>12</b>
<b>3.2</b>	<b>Hidrólise enzimática</b>	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>Fermentação alcoólica</b>	<b>13</b>
<b>3.4</b>	<b>Destilação alcoólica</b>	<b>14</b>
<b>3.5</b>	<b>Determinação do teor alcoólico</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>LISTA DE INSUMOS</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>18</b>
<b>5.1</b>	<b>Resíduos com potencial para fermentação Alcoólica</b>	<b>18</b>
<b>5.2</b>	<b>Teor de Sólidos Solúveis.</b>	<b>18</b>
<b>5.3</b>	<b>Fermentação do resíduo hidrolisado</b>	<b>19</b>
<b>5.4</b>	<b>Destilação do fermentado</b>	<b>20</b>
<b>5.5</b>	<b>Quantificação do Teor Alcoólico</b>	<b>21</b>
<b>5.6</b>	<b>Discussão e comparação dos valores obtidos</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>26</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de palmito pupunha, essa produção tem se destacado como alternativa viável para preservar espécies nativas da Mata Atlântica e como fonte de renda para pequenos e médios produtores. A pupunha é uma palmeira originária da região amazônica que permite a extração do palmito de forma sustentável e econômica (MARTÍNEZ-GIRÓN; FIGUEROA-MOLANO; ORDÓÑEZ-SANTOS, 2017).

O processamento do palmito pupunha em conserva gera uma grande quantidade de resíduos sólidos, tais como as cascas, talo e as folhas. Devido a sua composição química, as cascas de palmito, assim como diversos outros resíduos agroindustriais, apresentam elevada concentração de carbono e nitrogênio, considerando as distintas atividades vinculadas à produção e à transformação de produtos agropecuários, podem servir como substrato para o cultivo de fungos comestíveis e etanol de segunda geração devido à grande quantidade de hemicelulose e celulose.

A produção de etanol de segunda geração envolve quatro etapas. Pré-tratamento para remover a lignina e as hemiceluloses, hidrólise da celulose para obtenção da glicose, fermentação do açúcar e destilação para a obtenção do etanol. Para melhorar a eficiência da hidrólise são realizados pré-tratamentos do material lignocelulósico, os quais podem ser físicos, químicos e/ou físico-químicos, objetivo do pré-tratamento é aumentar a área superficial acessível do material.

Segundo Schmitz, (2015) as matérias-primas de origem lignocelulósica contêm de 20% a 60% de celulose, que pode ser totalmente convertida à glicose por ação enzimática, após etapa de pré-tratamento para desorganização do complexo lignocelulósico, que são passíveis de processos hidrolíticos, disponibilizando açúcares que podem ser fermentados por leveduras fermentadoras de açúcares produzindo álcool etílico e gás carbônico (CO<sub>2</sub>), processo denominado fermentação alcoólica.

Na fermentação alcoólica, as duas moléculas de ácidos pirúvicos produzidos são convertidas em álcool etílico (também chamado de etanol), com a liberação de duas moléculas de CO<sub>2</sub> e a formação de duas moléculas de ATP. O álcool etílico por fim passa por processo de destilação que se baseia na diferença entre o ponto de ebulição da água (100°C) e do álcool (78,4°C). A mistura água e álcool apresenta ponto de ebulição variável em função do grau alcoólico.

Segundo a avaliação do pesquisador Bonomi, (2017) coordenador da divisão de inteligência de processos do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), do Centro Nacional de Pesquisa em Engenharia e Materiais (CNPEN), e membro da coordenação do Programa FAPESP de Pesquisa em Bioenergia (BIOEN), até 2025, o custo do etanol de segunda geração poderá cair para R\$ 0,75 por litro, podendo chegar, até 2030, a R\$ 0,52, uma vez que as

tecnologias utilizadas na produção de etanol de segunda geração já estarão estabelecidas no mercado, fazendo com que a produção do etanol celulósico passasse a ser uma tecnologia economicamente viável no Brasil.

É de extrema importância investir em fontes de energia renováveis, para isso é fundamental o estudo da produção de etanol de segunda geração de forma que esta se torne cada vez mais eficiente, com custos menores e com maiores rendimentos, viabilizando assim o uso desse tipo de combustíveis e tornar este acessível para uma maior parcela da sociedade.

O uso de biomassa para produção de etanol de segunda geração possibilita o uso de rejeitos industriais como cascas e folhas, por exemplo, que não servem para consumo humano e que é em alguns casos um problema para as indústrias em razão das grandes quantidades e destinação adequada, para produção de um produto com valor agregado. A produção de etanol utilizando os resíduos da própria planta industrial pode-se tornar uma forma de geração de renda para a indústria ou até mesmo ser utilizando como fonte energética pela mesma, minimizando o custo com recursos energéticos para a instituição ou até mesmo a tornando independente em relação ao uso de gases como o Gás liquefeito de petróleo (GLP), por exemplo.

Sendo assim este estudo tem como objetivo produzir etanol de segunda geração por meio da fermentação dos resíduos de uma indústria beneficiadora de palmito pupunha com duas quantidades distintas de fermento biológico comercial. Além dos objetivos específicos de determinar a quantidade de resíduos de palmito pupunha gerado pela indústria, que tem potencial para fermentação Alcoólica; determinar o Teor de Sólidos Solúveis; realizar a fermentação do resíduo hidrolisado; destilar o fermentado; quantificar o teor alcoólico e comparar o rendimento do etanol obtido a partir do resíduo de palmito versus o etanol de segunda geração obtido a partir do bagaço da cana-de-açúcar descrito na literatura.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Palmito Pupunha

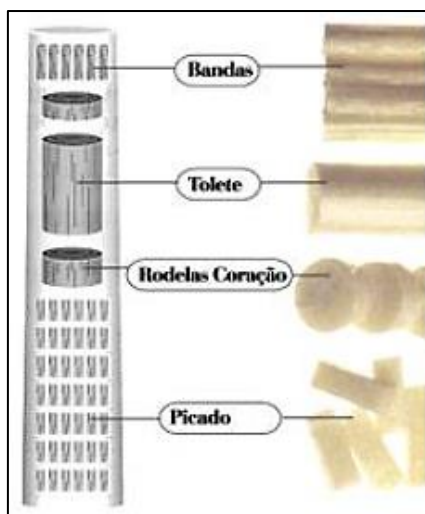
#### 2.1.1 *Indústrias de palmito pupunha*

Na última década, o agronegócio do palmito perdeu o caráter de atividade extrativa e clandestina devido às questões ambientais, exaustão das espécies nativas, exigências da Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA) e aumento do cultivo de espécies nativas e exóticas. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de palmito do mundo. De acordo com a Associação Brasileira de Indústrias de Alimentos (ABIA) (2019) o país exportou mais de 291 toneladas de palmito em 2018, volume que rendeu ao país o montante de US\$ 1,64 milhões, de acordo com dados da Secretaria de Política Agrícola, do Ministério da Agricultura (EMBRAPA, 2018; REVISTARURAL, 2019; BRASIL, 1999).

A Embrapa estima que o Brasil tenha em torno de 30 mil hectares de palmito plantados, sendo que 20 mil hectares são de pupunha. Há registro de grupos trabalhando com a nova palmeira em Santa Catarina, Paraná, Vale do Ribeira em São Paulo, Goiás e Bahia, entre outros (EMBRAPA, 2018).

A partir do palmito pupunha podem ser produzidos os seguintes produtos: “Tolete”: consiste da gema apical da palmeira e da região acima transversalmente cortada em pedaços de comprimento não superior a 95 mm; “Rodelas”: consiste da gema apical da palmeira e da região acima transversalmente cortada em rodelas de espessura não superior a 35 mm; “Estipe da palmeira”: consiste da região abaixo da gema apical da palmeira cortada em pedaços que podem ser ou não simétricos e uniformes em tamanho e forma; “Palmito picado”: consiste de pedaços da parte comestível da palmeira, situada acima e ou abaixo da gema apical, cortados nas mais diversas formas e tamanhos. “Bandas”: consiste de pedaços da parte comestível da palmeira, acima da gema apical, cortados transversalmente em pedaços (BRASIL, 1999), conforme a figura 1.

**Figura 1: Principais cortes do palmito pupunha**



**Fonte: Adaptado de UFRGS, 2001.**

### **2.1.2 Resíduos industriais**

De acordo com Brasil (2010) os resíduos sólidos são material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Resíduos são resultantes de diversas atividades como: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola. Os resíduos apresentam-se nos estados sólidos, gasoso e líquido. No Brasil, em 2018, foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, um aumento de pouco menos de 1% em relação ao ano anterior. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) calcula que um terço da produção de alimentos é perdido todos os anos (SOUSA, 2019; KAFRUNI, 2018).

O cultivo de palmeiras direcionado a produção de palmito em conserva é um elemento na economia do Brasil, movimentando-a. Contudo, apenas 2% do palmito são considerados como alimento, sendo o restante da planta um resíduo sólido agroindustrial, que na maioria das vezes fica disposto de forma inadequada no ambiente (ZENNI, HELM, BALLOD, 2018)

Segundo Viana (2016), o processo produtivo nas empresas agroindustriais, especialmente, das operações de transformação, com o intuito de obtenção do produto, gera quase que sempre, resíduos a serem utilizados posteriormente. Na indústria de palmito pupunha, o tolete de palmito só é aproveitado em 30%, ou seja, se a indústria recebe 1000 quilos de palmito, 700

quilos de resíduos são descartados, e são denominados resíduos sólidos (cascas e entrecasca do palmito) (MORGAN, 2012).

## **2.2 Produção de etanol**

### **2.2.1 Etanol de primeira geração**

Combustíveis de primeira geração incluem biodieseis e etanol e são produzidos a partir do processamento de amido, óleo vegetal, gordura animal ou açúcar. No caso do etanol de primeira geração, sua produção baseia-se no uso de cana-de-açúcar, beterraba, trigo, mandioca e milho (CARVALHO *et al.*, 2013).

A seleção da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção do etanol possui dois motivos principais: o rendimento energético, que é considerado satisfatório, e a própria realidade brasileira, pois o Brasil é um dos líderes de mercado e tecnologia dessa cultura (BERNARDO NETO, 2009).

Conforme já mencionado, o rendimento energético de etanol 1<sup>a</sup>G a partir do açúcar e é de aproximadamente apenas 30% do total de energia presente na planta, o que tem como justificativa o fato de que somente a sacarose é aproveitada como insumo para esse fim, sendo o bagaço e a palha da cana usada em outras atividades, por exemplo, cogeração de energia (BERNARDO NETO, 2009).

### **2.2.2 Etanol de segunda geração**

A produção de etanol de segunda geração, de forma geral, engloba quatro principais etapas: pré-tratamento da biomassa, hidrólise com produção de açúcares fermentescíveis, fermentação dos açúcares e, por fim, a separação do produto por destilação (ARAÚJO *et al.*, 2013).

Muitos produtos químicos industriais importantes ou combustíveis, tais como o etanol, hidrocarbonetos, cetonas e ácidos carboxílicos podem ser produzidos a partir da hidrólise de celulose e a subsequente fermentação de sacarídeos (GROSSI, 2015).

De acordo com MILANEZ *et al.* (2015), a obtenção de etanol de segunda geração no Brasil, uma vez concretizada, possui potencial para aumentar a produtividade em até 50% com relação à produção atual. Tal resultado é possível em razão da capacidade energética de materiais lignocelulósicos, que teoricamente permitem produzir, para cada 10 milhões de toneladas de biomassa seca, 600 milhões de galões de etanol, o que significa aproximadamente 227,12 L/tonelada, e isto considerando apenas a fração celulósica do material (SANTOS, 2012).

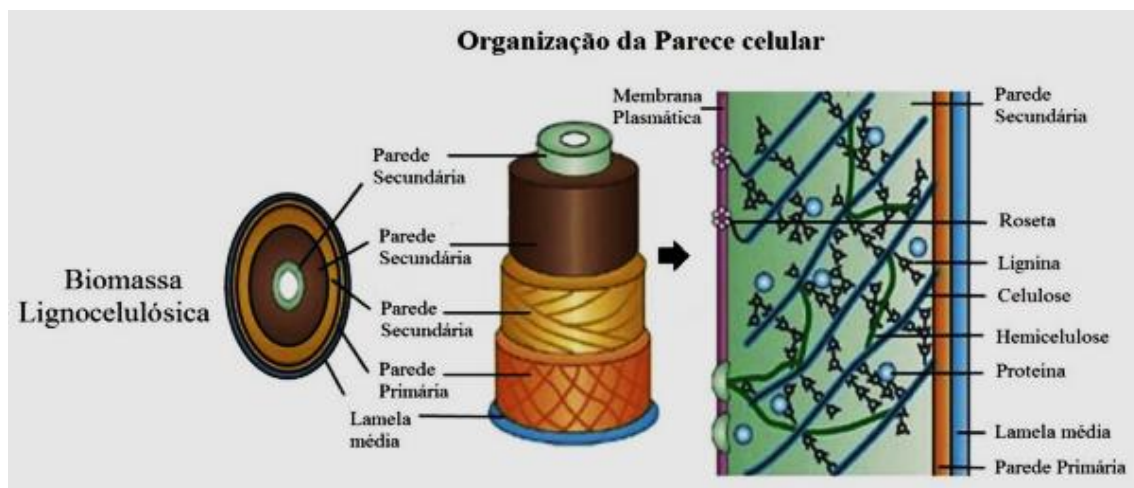
Mais especificamente para o bagaço de cana seco, o rendimento varia entre 158 L/tonelada e 335 L/tonelada (CARPIO; SOUZA, 2017). Em termos de comparação, o rendimento da cana-de-açúcar para a produção de etanol de primeira geração é de aproximadamente 90 L/tonelada, do milho de 460 L/tonelada e da beterraba a 100 L/tonelada (MANOCHIO, 2014).

Diferente da produção de etanol a partir de sacarose (1ª geração) que é um processo bem estabelecido atualmente, a produção de etanol a partir de biomassa lignocelulósica é um processo ainda em fase de aperfeiçoamento. A conversão de materiais lignocelulósicos em etanol apresenta obstáculos devido sua recalcitrância, que torna necessárias duas etapas adicionais em relação ao processo de produção de etanol de primeira geração: pré-tratamento e hidrólise enzimática (SOUZA, 2016 apud. SUN; CHENG, 2002).

### 2.2.3 Biomassas Lignocelulósicas

Do ponto de vista energético a biomassa é toda matéria orgânica, seja de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia (ANEEL, 2012). Em relação ao palmito pupunha a biomassa pode ser entendida com os resíduos de celulose, hemicelulose e lignina conforme pode ser observado na figura 2.

**Figura 2: Ilustração esquemática da estrutura da biomassa lignocelulósica.**



**Fonte: Adaptado de Menon; Rao., 2012.**

A celulose é um carboidrato que compreende a maior parte dos tecidos das paredes das células de plantas. Ela existe como fibras grandes, traqueóides e fibras da madeira. A celulose na madeira é associada com quantidades substanciais de lignina, hemicelulose e outras substâncias presentes em menor quantidade (MENON; RAO, 2012).



As Ligninas são polímeros derivados de unidades fenilpropanóides denominadas  $C_6C_3$  ou, simplesmente, unidades  $C_9$ , repetidas de formas irregulares, que têm sua origem na polimerização desidrogenaria do álcool coniferílico (SALIBA *et. al.*, 2001).

De acordo com Soares, (2020) as hemiceluloses são polissacarídeos não celulósicos da madeira. Junto com a celulose formam a fração da madeira conhecida como holocelulose. Estando presentes em outros vegetais principalmente em folhas de cereais, bagaço de cana-de-açúcar, bambu, entre outros. A hemicelulose é um complexo heteropolissacarídeo que consiste em cadeias ramificadas de açúcares, hexoses como  $\beta$ -D-glicose,  $\beta$ -D-manose e  $\alpha$ -D-galactose, e pentoses como  $\beta$ -D-xilose e  $\alpha$ -L-arabinose ligadas por ligações glicosídicas de diferentes tipos.

#### **2.2.4 Hidrólise ácida e enzimática de carboidratos**

As matérias-primas lignocelulósicas são as fontes renováveis mais abundantemente encontradas na natureza, sendo compreendidas, majoritariamente, pelos materiais agroindustriais, pelos resíduos urbanos e pelas madeiras de angiospermas e gimnospermas. A sacarificação da celulose pode ser conduzida de duas formas principais: por tratamento químico (utilizando-se ácido diluído ou concentrado) ou por rota enzimática, utilizando-se as celulasas (CASTRO; PEREIRA JR., 2010).

A hidrólise ácida com ácido clorídrico e sulfúrico tem sido utilizada a partir de amidos para produção de etanol a partir dos açúcares redutores produzidos. A redução ácida embora ainda seja muito utilizada, vem perdendo espaço para a modificação enzimática, que apresenta vantagens, como a especificidade das enzimas proporcionar a obtenção de produtos com propriedades químicas e físicas mais bem definidas e desvantagem o alto custo da enzima em relação aos ácidos. O Quadro 1 demonstra um comparativo entre a hidrólise ácida e enzimática (SEVERO *et al.* 2010; TASIĆ *et. al.* 2009).

**Quadro 1: Comparativo entre a hidrólise ácida e enzimática**

<b>Variável comparada</b>	<b>Hidrólise enzimática</b>	<b>Hidrólise com ácido diluído</b>
<b>Condições amenas de hidrólise</b>	Sim	Não
<b>Altos rendimentos de hidrólise</b>	Sim	Não
<b>Produção de inibidores durante a hidrólise</b>	Sim	Não
<b>Formação de inibidores como subproduto</b>	Não	Sim
<b>Baixo custo de catalisadores</b>	Não	Sim
<b>Baixo tempo de hidrólise</b>	Não	Sim

**Fonte: Adaptado de Carli, 2011.**

Pode-se dizer de uma maneira simples que a obtenção de etanol a partir de biomassa envolve duas etapas. A primeira consiste na hidrólise dos polissacarídeos, gerando mono e dissacarídeos. A segunda etapa envolve a fermentação dos monos e dissacarídeos em etanol. A hidrólise de celulose gera glicose e celobiose. Por outro lado, a hidrólise de ligninas e hemicelulose gera açúcares e subprodutos que muitas vezes inibem a fermentação microbiana, dificultando ou inviabilizando a produção de etanol (ODEGA; PETRI, 2010).

O processo de conversão da biomassa lignocelulósica em açúcares fermentáveis para a produção de etanol celulósico envolve quatro etapas entre elas está a destilação, que visa à separação de componentes de uma mistura, de acordo com a volatilidade relativa dos componentes, obtendo assim o etanol (SANTOS, COLODETTE, QUEIRO., 2013).

A hidrólise da celulose em seus monômeros constituintes é feita por um complexo de enzimas chamadas celulasas, que agem em sinergismo. Para a hidrólise enzimática, pelo menos três grupos de enzimas são necessários. As endoglicanases, que atacam regiões de baixa cristalinidade na fibra celulósica, as exoglicanases, que degradam ainda mais a molécula separando as unidades de celobiose e as  $\beta$ -glicosidades, que hidrolisam a celobiose para produzir glicose (FERREIRA, 2015).

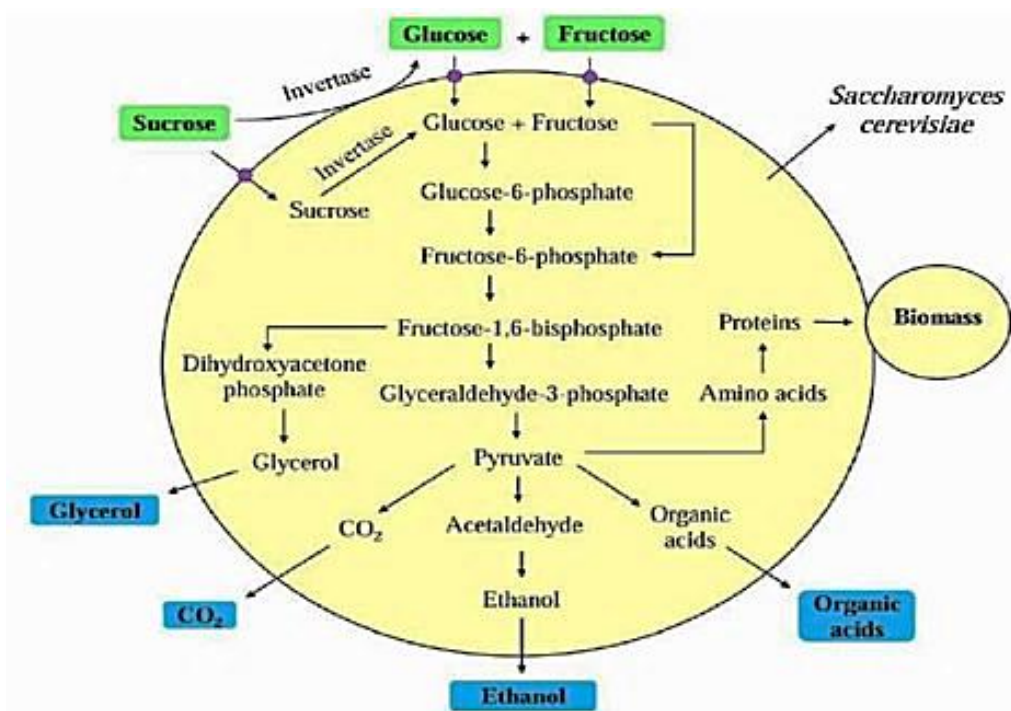
### 2.2.5 Fermentação Alcoólica

A principal forma de extração de etanol no Brasil é a partir do processo fermentativo da cana-de-açúcar, o que torna o Brasil o maior produtor mundial de cana. Sendo que durante a jornada histórica da geração de etanol um decreto foi criado determinando a mistura de álcool anidro à gasolina, sendo a fração de etanol anidro cerca de 30%, com esse decreto a busca por fontes de etanol que não competisse com a produção de alimentos se fez cada vez mais importante, uma vez que a demanda de etanol só aumentou a partir daquela data (MEDEIROS, 2019).

Na fermentação que ocorre a transformação dos açúcares em etanol, ou seja, do açúcar em álcool. Utiliza-se leveduras especiais para fermentação alcoólica, as *Saccharomyces uvarum*, *Saccharomyces cerevisiae*. No processo de transformação dos açúcares em etanol, há desprendimento de gás carbônico e de calor, portanto, é necessário que as dornas sejam fechadas para recuperar o álcool arrastado pelo gás carbônico e pelo uso de trocadores de calor para manter a temperatura nas condições ideais para as leveduras. A fermentação é regulada para 28°C a 30°C. O mosto fermentado é chamado de vinho. Esse vinho contém cerca de 9,5% de álcool. O tempo de fermentação é de 6 a 8 horas (LOPES, 2009).

A Figura 3 ilustra um esquema simplificado do caminho metabólico da fermentação alcoólica. Em primeiro lugar, a sacarose é convertida em glicose e frutose na reação de hidrólise catalisada pela enzima invertase. Consequentemente, glicose e frutose são convertidas em piruvato. Cada molécula de piruvato é convertida a acetaldeído em uma reação de descarboxilação através da ação da enzima Piruvato Descarboxilase que gera uma molécula de CO<sub>2</sub>. Esse acetaldeído é reduzido a etanol a partir da enzima álcool desidrogenase. A fermentação produz também biomassa celular e outros produtos como o glicerol e ácidos orgânico (RODRIGUES *et al.*, 2018).

**Figura 3: Via metabólica simples da alcoolização na levedura *Saccharomyces cerevisiae*.**



**Fonte: Adaptado de Rodrigues et. al., 2018.**

A transformação da matéria-prima em álcool é efetuada por microrganismos, usualmente as leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, por meio da fermentação alcoólica. O sucesso de um processo fermentativo depende de vários fatores, sendo um deles a forma de condução do processo, para isso é extremamente importante que se inocule no mosto uma quantidade de leveduras capaz de converter os açúcares em álcool e gás carbônico, dentro de determinadas condições. Este conjunto de microrganismos recebe o nome de pé-de-cuba ou simplesmente fermento (EMBRAPA, 2018).

### 2.2.6 Processo de destilação

Destilação é um processo de separação física baseado na diferença de volatilidade entre as substâncias a serem separadas, ou seja, principal objetivo da destilação é separar um dado volume de produtos presente em uma mistura em produtos com maior valor agregado (BATISTA, 2008). Mediante isso pode-se citar alguns tipos de destilação existentes: destilação simples, destilação fracionada, destilação a pressão reduzida e destilação com arraste de vapor.

Destilação simples é um método utilizado para separar os componentes de uma mistura homogênea (apresenta uma única fase) formada por um componente sólido dissolvido em um líquido. Já a destilação fracionada é o processo de separação onde se utiliza uma coluna de

fracionamento na qual é possível realizar a separação de diferentes componentes que apresentam diferentes pontos de ebulição, presentes em uma mistura (NAGATO et. al., 2013).

O processo de destilação extrativa é formado basicamente por duas colunas de destilação em série, denominadas colunas de destilação extrativa e coluna de recuperação, além de trocador de calor e bomba hidráulica. No processo de destilação extrativa também é utilizada uma coluna em que o agente extrativo é alimentado pela parte superior e o álcool a ser desidratado é alimentado na bandeja próximo à base. O extrator, nesse caso, é o monoetileno-glicol (MEG), o qual é capaz de absorver e arrastar a água para a base da coluna, enquanto os vapores de álcool anidro saem pela parte superior, onde o álcool é condensado e enviado para armazenamento nos reservatórios (ALVES et. al., 2014).

### ***2.2.7 Determinação e quantificação de grau alcoólico***

Alcoometria é a determinação do grau alcoólico de misturas alcoólicas. O título alcoométrico volumétrico de uma mistura de água e álcool é expresso pelo número de volume de etanol, à temperatura de 20 °C, contido em 100 volumes desta mistura à mesma temperatura. É expresso em % (V/V). O título alcoométrico ponderal é expresso pela relação entre a massa de etanol contida em uma mistura de água e etanol e a massa total desta (ANVISA, 2010).

A maneira de se quantificar o etanol industrial no momento da venda é em graus, denominado, teor alcoólico ou grau alcoólico. Esta indicação é quantificada pela relação entre a massa de uma substância em porcentagem em relação à massa da outra substância contida na solução. No caso do etanol, esta relação é associada à concentração de etanol e água. Esta unidade é também conhecida no Brasil, como grau Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM). No caso do etanol para venda em supermercado em embalagens pequenas para consumo doméstico, o valor do etanol é quantificado em Grau Gay-Lussac (°GL). Onde o °GL significa a concentração de álcool e água em porcentagem de volume (% v/v), pois, o que se deseja quantificar é o volume e não a massa (CARPINTIERI, 2014).

Segundo Bezt e Nikelly (1987) o teor alcoólico de uma determinada solução pode ser definido a partir de uma técnica de cromatograma de uma solução de etanol / água injetada em um sistema cromatográfico com metil etil cetona (MEK) como o agente de detecção. Onde o software mostra três picos, sendo que o primeiro pico é negativo e representa deficiência de MEK, o segundo pico é positivo e mostra a zona de etanol, já o terceiro pico determina o fim da análise onde o MEK presente já entrou em equilíbrio. Este teor alcoólico pode ser mentido em porcentagem.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Obtenção da biomassa lignocelulósica

O resíduo de palmito pupunha foi coletado na quarta-feira, dia 23 de setembro de 2020, durante o processo de descasque na indústria beneficiadora de palmito pupunha localizada em Aparecida de Goiânia no estado de Goiás, este resíduo foi armazenado em embalagem flexível de Nylon Poli com espessura de 12 micras, sobre refrigeração com a temperatura variando entre 02°C e 10°C até o dia seguinte, quinta-feira, dia 24 de setembro de 2020.

A refrigeração do resíduo foi entre 4°C até 12°C para que não houvesse crescimento de micro-organismos mesófilos e termófilos que pudesse deteriorar a amostra durante o período de armazenamento. A mesma foi transportada em saco hermeticamente fechado com pressão negativa e dentro de caixa isotérmica para evitar o crescimento de micro-organismos durante o processo de transporte até o laboratório.

No laboratório de química da PUC-GO localizado no Campus I, setor Universitário, o resíduo de palmito foi desembalado e fracionado em amostras com peso de 400 g para posterior homogeneização, pesado em balança semi-analítica da marca Gehaka BG2000, acondicionado no béquer de 1000 ml para prosseguir as etapas de pré-tratamento, Hidrólise Enzimática, fermentação, destilação e quantificação alcoólica.

#### 3.2 Hidrólise enzimática

Para a realização da hidrólise enzimática foi necessário realizar o pré-tratamento da amostra que consiste em triturar o resíduo de palmito pupunha com 600 ml de água no liquidificador na marca *Skymesen* LS03MBN que tem capacidade volumétrica de 3 litros durante 3 minutos. Posteriormente foi acondicionada em um béquer de 1000 ml a amostra obtida a partir da trituração, contendo um peso de 800 g.

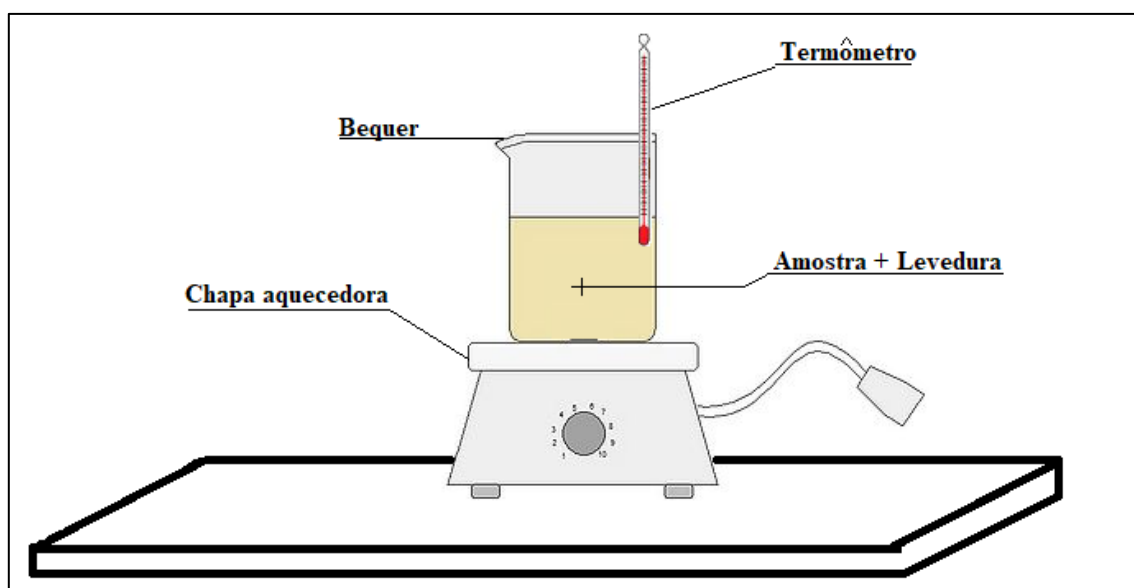
Foi adicionado 10 ml de solução de alfa-amilase com concentração igual a 0,5 % na amostra obtida a partir do pré-tratamento contida no béquer de 1000 ml, que permaneceu sobre aquecimento na temperatura de 38°C durante 30 minutos de acordo com a metodologia adaptada descrita por Odega e Petri, (2010). Posteriormente a amostra hidrolisada foi destinada a fermentação.

O brix da amostra foi verificado e anotado antes e após a reação da alfa-amilase, que foi observado com auxílio de um refratômetro da marca Importa que tem a escala variando de 0 a 30 °Brix com base unitária na temperatura de 20 °C.

### 3.3 Fermentação alcoólica

Durante a fermentação foi utilizado uma balança semi-analítica da marca Gehaka BG2000, uma chapa aquecedora, um béquer de 1000 ml, um termômetro de vidro da marca Incoterm com escala de -10°C até +110°C e filme pvc da marca ALPFILM PROTECT® que impedirá a contaminação por outros microorganismos. Foi montado como indicado na figura 4, aparelhagem para fermentação alcoólica da amostra de palmito pupunha. 800 g da amostra de palmito pupunha hidrolisado e fermento biológico seco instantâneo da marca FLEISCHMANN® valido até 26 de fevereiro de 2021, cuja composição é *Saccharomyces cerevisiae* (levedura) e emulsificante monoestearato de sorbitana. Sendo que foi adicionado 5 e 10 gramas deste fermento nas amostras.

**Figura 4: Esquema de Fermentação Alcoólica do palmito pupunha**



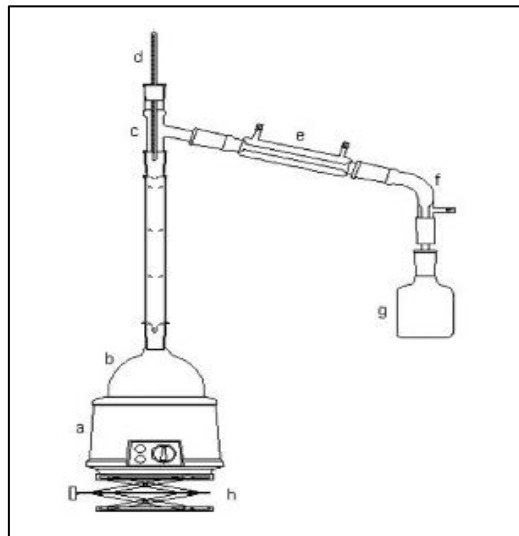
**Fonte: Autor.**

Após a montagem do processo de fermentação conforme a figura 4 foi adicionada no Béquer a amostra de pupunha hidrolisada e 10 g de fermento biológico seco instantâneo que permaneceu durante uma hora na temperatura entre 35°C até 38 °C conforme especificado nas instruções do rotulo do fermento biológico, após esse período a amostra ficou fermentando à temperatura ambiente durante uma semana.

### 3.4 Destilação alcoólica

Durante a etapa de destilação do mosto, que foi realizada logo após o processo de fermentação. Uma vez que o intuito é obter etanol, o aparelho de destilação continha duas colunas de fracionamento de Vigreux para otimizar a separação. Para realizar a destilação alcoólica foi utilizado aparelho de destilação fracionada, conforme Figura 5. O teor alcoólico do produto final foi medido para cálculo posterior de rendimento do processo.

**Figura 5: Aparelhagem de destilação Fracionada para obtenção de etanol.**



**Fonte: Adaptado de Peixoto *et. al.*, 2012.**

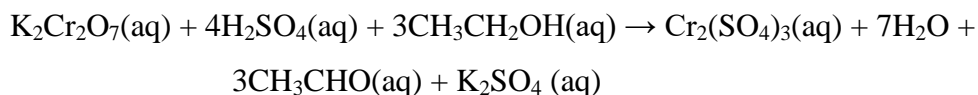
Após a fermentação, o mosto fermentado previamente filtrado através de um papel filtro, foi transferido para um balão de fundo redondo de 500 ml. A aparelhagem mostrada na Figura 5 foi montada. O recipiente que coletou o destilado foi previamente pesado. Em seguida, iniciou o aquecimento em manta aquecedora, a destilação foi finalizada quando a temperatura atingir 97 °C. Terminando o processo, foi determinada a massa de destilado e dele foi retirado uma alíquota de 10 ml com pipeta volumétrica e, determinando sua massa, foi obtida a densidade do destilado conforme metodologia descrita por Peixoto *et. al.*, 2012.

### 3.5 Determinação do teor alcoólico

As soluções padrão de etanol foram preparadas pela diluição do produto obtido pela fermentação em água destilada. As soluções de dicromato de potássio foram preparadas pela dissolução do sal em água destilada. As soluções de ácido sulfúrico foram preparadas pela diluição de ácido sulfúrico concentrado (18,0 mol/L), de pureza 95% em água destilada.



Para a determinação de etanol, foi empregada a reação de óxido-redução pela reação colorimétrica, na qual o cromo (VI) é reduzido a cromo (III) ou cromo (II) e o etanol é oxidado a aldeído acético, gerando mudança da cor amarelo-alaranjada para verde-azulada, conforme descrito na equação química:



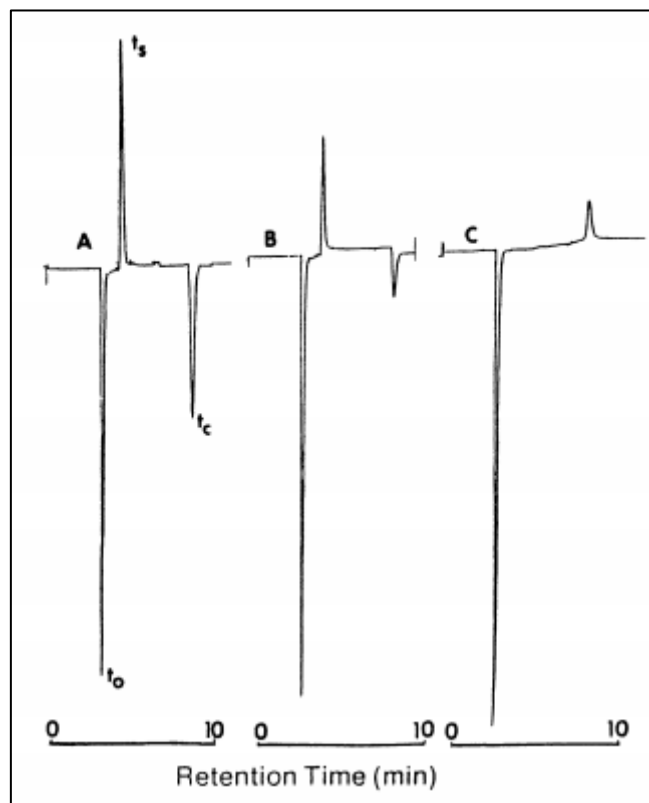
Inicialmente, foram realizados ensaios para escolha da concentração da solução de ácido sulfúrico e de dicromato de potássio que gerou um gradiente de cores. A solução de ácido sulfúrico foi testada na concentração de 4,5 mol/L. A solução de dicromato de potássio foi testada na concentração 0,075 mol/L. Ademais, para verificar o efeito do tempo sobre a resposta analítica, a reação será monitorada durante 20 min, em intervalos de 2 min. Todos os estudos serão realizados em triplicata (n=3).

Para ambos os estudos supracitados, a reação foi realizada diretamente nas cavidades da placa de porcelana, sendo utilizadas soluções de etanol nas seguintes concentrações: 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 55 % v/v.

Os volumes foram fixados em 100 µL de ácido, 300 µL de dicromato e 200 µL de solução de etanol. O branco analítico foi obtido pela substituição da solução de etanol por água destilada. Após a adição das soluções reagentes nas cavidades, o meio foi agitado com um bastão de vidro.

Como proposta alternativa para quantificação alcoólica, foi utilizado à metodologia descrita por Bezt e Nikelly, (1987) onde o presente estudo, propõe uma técnica de detecção indireta aplicada à determinação de etanol em álcool bebidas e soluções aquosas semelhantes. Os propósitos específicos deviam estudar os efeitos de várias variáveis na quantidade de etanol por esta técnica e para determinar as ótimas condições analíticas, precisão, linearidade e outras características do procedimento proposto. Em um caso típico, a injeção de um composto transparente de UV (neste caso, etanol) produz três picos,  $t_0$ ,  $t_s$  e  $t_c$ , correspondendo respectivamente ao tempo de retenção do modificador orgânico, o UV-transparente soluto (analito) e o agente de detecção. Esse pico, que pode ser positivo ou negativo em relação à linha de base, conforme a figura 6 pode-se fornecer muitas informações sobre a amostra injetada e o sistema cromatográfico em geral. Por exemplo, a direção e o tamanho dos picos dependem, entre outros fatores, das concentrações relativas e polaridades relativas do orgânico modificador, agente de detecção e analito injetado.

**Figura 6: Cromatogramas de soluções de referência etanol / água. Coluna: C18, 250 × 4,6 mm, 10 µm; fase móvel: 30:70 metanol / água, 0,3% MEK; injeção: 10 µL; detector: 280 nm, 0,10 AUFS. A = 10% de etanol, B = etanol a 5%, C = etanol a 0%.**



**Fonte: Adaptado de Bezt e Nikelly, 1987.**

Sendo assim, o volume de amostra usado na análise foi de 20 µL que foi medido por um loop conectado a uma válvula manual Valco de seis portas (Valco InstrumentsCo.). A coluna foi uma C18 da Fenomenex 250 × 4,6 mm com partículas de 5 µm. O comprimento de onda do detector UV-VIS foi definido em 280 nm. O cromatógrafo utilizado foi um Youngli inc. A fase móvel foi composta de uma mistura metanol: água na proporção de 30:70 sendo que 0,3 % desta solução foi composta de acetona como agente deslocador de etanol. As soluções padrão de etanol nas concentrações de 1, 3, 6, 8 e 10 % foram preparadas através da pipetagem de etanol a 95% em frascos de 50 mL e avolumados com água destilada.

A partir do teor de etanol e volume total do destilado determinou-se o volume de etanol presente. Usando este volume, e considerando a densidade do etanol puro, foi determinada a massa de etanol obtido que foi convertida em porcentagem alcoólica. Após a obtenção do teor alcoólico os valores obtidos foram comparados com os que foram descritos por Carpio e Souza (2017) para o bagaço da cana de açúcar.

Para determinar a quantidade de resíduos de palmito pupunha gerado pela indústria, que tem potencial para fermentação Alcoólica, será feito um levantamento da quantidade de resíduo útil produzido por semana multiplicado pela porcentagem de etanol gerado para um quilograma de resíduo, desta forma será obtida a capacidade de produção de etanol por semana.

#### 4 LISTA DE INSUMOS

- Resíduo de Palmito Pupunha;
- Enzima: Alfa-amilase;
- Levedura: *Saccharomyces cerevisiae*;
- Água destilada;
- Computador;
- Béquer;
- Bastão de vidro;
- Termômetro de mercúrio;
- Chapa aquecedora;
- Filme PVC;
- Balão volumétrico de fundo chato;
- Manta aquecedora;
- Condensador;
- Conexão de vidro tipo T;
- Rolha com furo central;
- Saco Plástico;
- Caixa Térmica;

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Resíduos com potencial para fermentação Alcoólica

Através de visitas in loco e pesando os resíduos durante uma semana em uma indústria de palmito pupunha foi obtido à tabela 1, onde constam os pesos de resíduos por dia e a quantidade de palmitos processados nos respectivos dias, vale ressaltar ainda que a coleta de dados foi realizada no dia normal de produção, compreendido entre os dias 05 de outubro a 11 de outubro no ano de 2020.

**Tabela 1: Quantidade de resíduos gerados por semana em quilogramas**

Dias	Palmitos processados (unid.)	Resíduos gerados (kg)
Segunda	1200unid.	144,00 kg
Terça	1350unid.	162,00 kg
Quarta	1600unid.	192,00 kg
Quinta	1250unid.	150,00 kg
Sexta	600unid.	72 kg
Sábado	-	-
Domingo	-	-
Total Semanal	6000 unid.	720 Kg

**Fonte: Autor.**

Através da tabela 1 pode-se perceber que durante o período de uma semana são gerados em torno de 720 quilogramas de resíduos de palmito pupunha com potencial para geração de etanol a partir do processamento de 6000 palmitos, dando uma razão igual a 0,12 kg de resíduo/unidade de palmito processado.

### 5.2 Teor de Sólidos Solúveis.

A tabela 2 mostra a quantidade de sólidos solúveis em °Brix das amostras de resíduo de palmito pupunha contendo 500 microlitros de alfa-amilase para 3 amostras que continha 5 gramas de fermento cada e para 3 amostras que continha 10 gramas de fermento cada, gerando uma média de teor de sólidos solúveis em °Brix para a triplicata com 5 gramas de fermento e para as amostras da triplicata da amostra com 10 gramas de fermento. Sendo que A representa a primeira amostras, B a segunda amostra e C a terceira amostra; 5 e 10 representa a quantidade de fermento. Dessa forma,

são formadas as seguintes codificações: A5, B5, C5 e A10, B10, C10 para as amostras, conforme apresentado na tabela 2.

**Tabela 2: Resultado da medição do teor de sólidos solúveis em °Brix**

Amostras	Teor de sólidos solúveis (°Brix)	Amostras	Teor de sólidos solúveis (°Brix)
A 5	2,50°Brix	A 10	3,00 °Brix
B 5	2,60 °Brix	B 10	2,90 °Brix
C 5	3,00 °Brix	C 10	3,00 °Brix
Média	2,70 °Brix	Média	2,97 °Brix

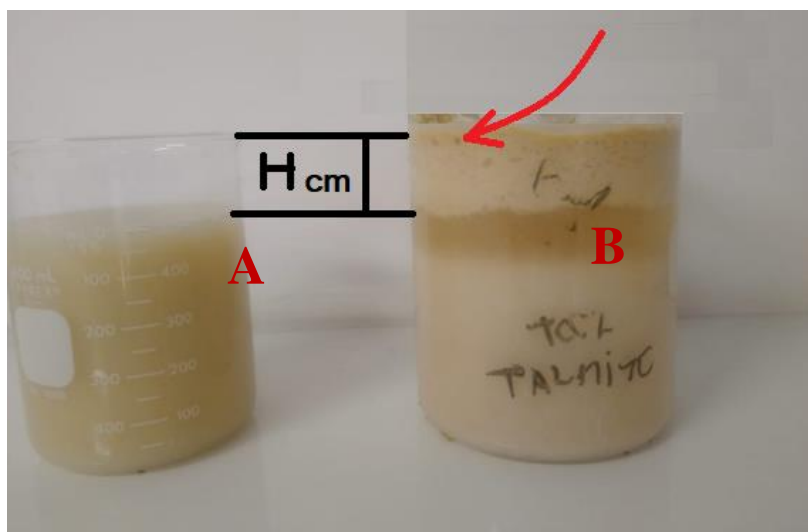
**Fonte: Autor.**

Pode-se perceber que a média de teor de sólidos solúveis das amostras com 5 gramas de fermento ficou em torno de 2,70°Brix e as amostras com 10 gramas de fermento ficou com a média de 2,97°Brix com um desvio padrão entre as médias de 0,13. De acordo com Moura *et al.* (2005) o mosto de cana-de-açúcar tem um valor médio de 18,10°Brix, sendo assim o resíduo de palmito pupunha para 5 gramas de fermento tem 85,08% menos teor de sólidos solúveis e para as amostras com 10 gramas de fermento a diferença é de 83,59% menor.

### 5.3 Fermentação do resíduo hidrolisado

A figura 7 indica dois recipientes, A e B, onde o recipiente A contém uma amostra sem fermento, enquanto B contém amostra fermentada durante 1 hora, sendo que os dois recipientes são referentes às amostras com 10 gramas de fermento.  $H_{cm}$  representa a altura referente ao aumento do volume da amostra, 3 cm de altura, que indica a formação de gás que é consequência da fermentação alcoólica. A imagem indica ainda com uma seta vermelha a formação de bolhas na amostra fermentando.

**Figura 7: Comparação de amostra não fermentada e amostra com 1 hora de fermentação.**



**Fonte: Autor.**

#### 5.4 Destilação do fermentado

A tabela 3 mostra os resultados obtidos a partir da destilação das amostras de resíduo de palmito pupunha, sendo que A5 representa a primeira amostra com 5 gramas de fermento, B5 representa a segunda amostra com 5 gramas de fermento, C5 representa a terceira amostra com 5 gramas de fermento, A10 representa a primeira amostra com 10 gramas de fermento, B10 representa a segunda amostra com 10 gramas de fermento e C10 representa a terceira amostra com 10 gramas de fermento. O volume do destilado foi mostrado com unidade de medida volumétrica, mililitros (ml), conforme a tabela 3.

**Tabela 3: Resultado do volume de destilado para cada amostra analisada.**

Amostras	Volume de destilado (ml)	Amostras	Volume de destilado (ml)
A5	6,00 ml	A10	5,95 ml
B5	6,50 ml	B10	1,75 ml
C5	7,40 ml	C10	9,75 ml
Média	6,63 ml	Média	5,82 ml

**Fonte: Autor.**

A partir da tabela 3 pode-se observar que o volume médio de destilado obtido para a triplicata com 5 gramas de fermento foi de 6,63 ml, enquanto que para a triplicata das amostras com 10 gramas de fermento foi obtido uma média de 5,82 ml. Sendo que o desvio padrão dos valores

obtidos pelas amostras com 5 gramas de fermento foi de 0,71, já o desvio padrão para os valores obtidos para as amostras com 10 gramas de fermento foi de 4,01, uma vez que a amostras B10 deu um valor 3 vezes menor que a média das 3 amostras, esse resultado mostra que a amostra B10 não foi eficientemente destilada e fermentada, ou seja, o tempo de destilação e fermentação não foram eficientes.

### 5.5 Quantificação do Teor Alcoólico

A tabela 4 mostra a porcentagem do teor alcoólico, o valor médio do teor alcoólico em porcentagem e o desvio padrão entre a população de amostras, tanto para as amostras com 5 gramas de fermento quanto para as amostras com 10 gramas de fermento. Sendo que os valores na tabela 4 são referente a porcentagem de etanol contido em cada amostra destilada conforme a tabela 3, ou seja, a porcentagem é sobre o volume do destilado, conforme mostrados na tabela 3.

**Tabela 4: Resultado da análise da quantidade de etanol contida no destilado.**

Amostras	Porcentagem de etanol (%)	Amostras	Porcentagem de etanol (%)
A5	38,35 %	A10	25,40 %
B5	26,66 %	B10	27,97 %
C5	20,46 %	C10	24,67 %
Média	28,49 %	Média	26,02 %
Desvio padrão	7,42	Desvio padrão	1,41

**Fonte: Autor.**

A partir da tabela 4 pode-se observar que a porcentagem média de etanol contida no destilado obtido para a triplicata com 5 gramas de fermento foi de 28,49 %, ou seja, de 6,63 ml, 1,89 ml é etanol. Enquanto que para a triplicata das amostras com 10 gramas de fermento foi obtido uma média de 26,02 %, ou seja, de 5,82 ml, 1,51ml é etanol. Sendo que o desvio padrão dos valores obtidos pelas amostras com 5 gramas de fermento foi de 7,42. Já o desvio padrão para os valores obtidos para as amostras com 10 gramas de fermento foi de 1,41.

A partir da média das amostras para 5 gramas de fermentado e para 10 gramas de fermento, contida na tabela 4, pode-se concluir que não houve diferença entre as amostras em relação à quantidade de fermento utilizado, ou seja, para utilização de 10 gramas de fermento frente a utilização de 5 gramas de fermento é inviável uma vez que a diferença entre a porcentagem média de etanol entre as amostras não são consideráveis.

Vale ressaltar ainda que para a quantificação do teor alcoólico deve ser levado em consideração o volume total da amostra que foi de 920 ml conforme mostra a figura 8, onde consta o volume obtido das amostras (600 ml de água mais 400 g de resíduo de palmito pupunha).

**Figura 8: Volume da amostra triturada contendo água mais resíduo de palmito pupunha**



**Fonte: Autor.**

A partir do valor descrito na figura 8 pode-se determinar o teor alcoólico médio tanto para as amostras com 5 gramas de fermento, quanto para as amostras com 10 gramas de fermento, utilizando a equação 1 para o cálculo.

**Equação 1: Cálculo do teor alcoólico**

$$Ta = \frac{(Vd * \bar{P}_m)}{Va} * 100$$

Onde:

- Ta = Teor alcoólico das amostras;
- Vd = Volume do destilado das amostras, conforme a tabela 3;
- $\bar{P}_m$  = Porcentagem do teor alcoólico das amostras, conforme a tabela 4;
- Va = Volume da amostra, conforme a figura 8;



Mediante os dados apresentados temos que o valor do teor alcoólico médio para as amostras com 5 gramas de fermento é 0,21%. Enquanto que o valor médio para as amostras com 10 gramas de fermento para o teor alcoólico é de 0,15%.

Vale ressaltar ainda que a metodologia utilizada para quantificação alcoólica foi a metodologia descrita por Bezt e Nikelly, (1987). Sendo que a metodologia utilizada anteriormente neste estudo para quantificação alcoólica não obteve resultados satisfatórios, uma vez que mesma não apresentou estabilidade quando a absorbância das amostras.

## **5.6 Discussão e comparação dos valores obtidos**

Considerando a produção média semanal de resíduos de uma empresa de pequeno porte da região metropolitana de Aparecida de Goiânia que é entorno de 720 quilogramas por semana, conforme a tabela 1, dividindo este valor por 400 gramas, quantidade de palmito utilizado na análise, e multiplicando pelo valor médio entre 1,51 ml e 1,41 ml, 1,46 ml, que são os valores do teor alcoólico obtido na análise, obtêm-se o valor médio da capacidade de produção de etanol semanal que é igual a 2628,00 ml ou 2,63 litros de etanol. Sendo assim o rendimento em litros/toneladas para o resíduo de palmito pupunha é igual a 3,65 litros de etanol por tonelada de resíduo.

Já a produção de etanol de segunda geração obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar descrito por Carpio e Souza, (2017) tem o rendimento variando entre 158 L/tonelada e 335 L/tonelada de acordo com o pré-tratamento utilizado. Em termos de comparação, o rendimento do milho de 460 L/tonelada e da beterraba a 100 L/tonelada (MANOCHIO, 2014).

De acordo com Santos, (2012) a produtividade média de cana-de-açúcar no Brasil é de 85 toneladas por hectare, sendo que para cada tonelada de cana processada são gerados cerca de 140 kg de palha e 140 kg de bagaço em base seca, ou seja, 12 toneladas de palha e 12 toneladas de bagaço. Considerando que toda glicose vai ser convertida em etanol, o aproveitamento integral da cana-de-açúcar (colmo, palha e bagaço) poderá aumentar significativamente a produção de etanol por hectare, passando dos atuais 7.000 L para aproximadamente 14.000 L, sem necessidade de expansão da área cultivada.

Ainda de acordo com Santos, (2012) a palha de cana-de-açúcar representa 15% do peso dos colmos da cana madura, ou 12% quando seca. Em termos energéticos a palha representa 1/3 da energia potencial da cana-de-açúcar que, atualmente, é subaproveitada. O tecido vegetal da palha de cana apresenta os mesmos componentes químicos que o bagaço ou a madeira. Entretanto, as propriedades físico-mecânicas, geométricas, térmicas e energéticas são diferentes.

Santos, (2012) ressalta ainda que a palha da cana-de-açúcar, sendo toda a parte aérea da planta menos os colmos industrializáveis, é constituída basicamente de celulose, hemicelulose e lignina, na proporção aproximada de 40, 30 e 25%, respectivamente. A palha de cana in natura tem o potencial de gerar 267 litros de etanol por tonelada de bagaço de cana-de-açúcar em base seca.

De acordo com Mendes *et al.*, (2017) em uma indústria sucroenergética brasileira de médio porte processa 1,6 milhão de toneladas de cana por safra e produz 67.000 m<sup>3</sup> de etanol e 142.000 toneladas de açúcar. Portanto, produzem 420 mil toneladas de bagaço a 50% teor de umidade. Sendo que cerca de 20% do o bagaço total estaria disponível para o processo de etanol de segunda geração, correspondente a 80.000 toneladas. A produção de etanol de segunda geração mostrada neste estudo calcula-se um rendimento médio de 287 litros de etanol por tonelada de bagado processado com 50% de umidade.

Ao avaliar a produção de etanol de segunda geração a partir de hidrólise enzimática, Aimaretti *et al.* (2012) obtiveram 77,5 L de etanol de segunda geração usando 1 tonelada de resíduos de cenoura como matéria-prima. Os autores ressaltam que, o rendimento de etanol por tonelada de cenoura é menor em relação a outras culturas tradicionais. Em comparação com os rendimentos obtidos pelo resíduo do palmito pupunha obtêm-se uma diferença percentual de 95,25% superior ao resíduo do palmito pupunha.

Comparando os valores obtidos neste estudo com os obtidos por Mendes *et al.*, (2017) a diferença percentual na produção de etanol a partir do bagaço de cana-de-açúcar é de 98,70% maior que a produção de etanol a partir do resíduo de palmito pupunha.

## 6 CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado e dos resultados obtidos pode-se concluir que é possível produzir etanol a partir do resíduo de palmito pupunha, e que a quantidade de resíduo gerada por uma indústria de pequeno porte semanalmente é muito baixa para manter a produção de etanol de acordo com a metodologia utilizada para pré-tratamento.

Conclui-se ainda que o teor de sólidos solúveis atendeu ao esperado, uma vez que, o palmito é um alimento rico em fibras alimentares, mais ainda foi suficiente para realizar a fermentação que gerou o etanol que foi destilado e quantificado.

Por fim conclui-se que o rendimento do etanol a partir do resíduo de palmito pupunha é baixo, utilizando a metodologia descrita, em relação ao etanol de segunda geração obtido a partir do bagaço da cana-de-açúcar descrito na literatura.

Sendo assim, como propostas de trabalho futuro, podem ser analisados outros métodos de pré-tratamento como hidrolisar a hemicelulose através de hidrólise alcalina, hidrólise ácida, tratamento térmico com o objetivo de aumentar o rendimento de etanol produzido.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIMARETTI, N.R.; YBALO, C.V.; ROJAS, M.L.; PLOU, F.J. e YORI, J.C. - Production of bioethanol from carrot discards. **Bioresource Technology**, vol. 123, p. 727-732. Publicado em 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.08.035>. Acesso em: 05 de dezembro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). A produção de energia elétrica a partir da biomassa. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2012. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par2\\_cap4.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf). Acesso em: 17 de março de 2020.

ALVES, M.; PONCE, G. H. S. F.; MIRANDA, J. C. C.; FILHO, R. M.; MACIEL, M. R. W. Estudo comparativo do processo de destilação extrativa com utilização do monoetileglicol e 1-metilimidazólio cloreto para desidratação do etanol: Área temática: Simulação, Otimização e Controle de Processos. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. 2014. Florianópolis, Santa Catarina. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1110-20942-176192.pdf>. Acesso em: 22 de março de 2020.

ARAÚJO, C. R.; GARRIDO, C. V. S.; SANTOS, J. M. G. M.; LEAL, S. C. S.; CAMPOS, L. M. A. Estudo das rotas de hidrólise química e biológica para a produção de etanol de segunda geração a partir de resíduos lignocelulósicos. **Revista Eletrônica SEPA - Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, UNIFACS, v. 12, 2013. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/2815> . Acesso em: 16 de março de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS. **Número do Setor-Faturamento**. 2019. Disponível em: <https://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2018.pdf>. Acesso em: 08 de março de 2020.

BATISTA, F. R. M. **Estudo do processo de destilação alcoólica contínua: Simulação de Plantas Industriais de Produção de Álcool Hidratado, Álcool Neutro e Cachaça**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual Campinas, São Paulo, 2008. Disponível em: [http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/254867/1/Batista\\_FabioRodolfoMiguel\\_M.pdf](http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/254867/1/Batista_FabioRodolfoMiguel_M.pdf) de Campinas. Acesso em: 22 de março de 2020.

BERNARDO NETO, O. **Integração das principais tecnologias de obtenção de etanol através do processamento de celulose (2ª geração) nas atuais usinas de processamento de cana-de-açúcar (1ª geração)**. 2009. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Área de Concentração em Engenharia de Sistemas) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3139/tde-02062009-164523/pt-br.php>. Acesso em: 16 de março de 2020.

BETZ, J. M.; NIKELLY, J. G. Determination of Ethanol In Alcoholic Beverages by Liquid Chromatography Using the UV Detector, Departamento de Química, Escola de Farmácia e Ciência - Filadélfia, Pensilvânia. **Jornal da Chromatographic Science**, Vol. 25, Publicado em: Outubro de 1987.

BONOMI, A. Etanol de segunda geração poderá ser economicamente viável a partir de 2025. **Agência FAPESP**, São Paulo, 2017. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/etanol-de-segunda->

geracao-podera-ser-economicamente-viavel-a-partir-de-2025/26272. Acesso em: 30 de março de 2020.

BRASIL. Farmacopeia Brasileira, volume 2 / Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, 2010. 546 p., 1v. **DOU N° 224, 24 de novembro de 2010**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33832/260079/5%C2%AA+edi%C3%A7%C3%A3o+-+Volume+1/4c530f86-fe83-4c4a-b907-6a96b5c2d2fc>. Acesso em: 24 de março de 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2010, p. 3, 3 de agosto de 2010**. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/7190459/pg-3-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-03-08-2010>. Acesso em: 11 de março de 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde – Agência Nacional da Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO Nº 17, DE 19 DE NOVEMBRO DE 1999**. Disponível em: [www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br](http://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br) > 188-palmito-em-conserva. DOU: nº 146-E, Seção 1, página 15, de 2 de agosto de 1999. Acesso em: 08 de março de 2020.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instrução Normativa MAPA nº 13 de 29 de junho de 2005. Regulamento Técnico Para Fixação Dos Padrões De Identidade E Qualidade Para Aguardente De Cana E Para Cachaça. **Diário Oficial da União: 16 de maio de 2008**. Disponível em: <https://www.diariodasleis.com.br/legislacao/federal/199925-regulamento-tecnico-para-fixacao-dos-padroes-de-identidade-e-qualidade-para-aguardente-de-cana-e-para-cachaca>. Acesso em: 06 de Abril de 2020.

CARLI, C. M. **Hidrólise e fermentação do bagaço de cana-de-açúcar em escala de bancada para a produção de etanol de 2G**. Dissertação de mestrado, UFSCAR, São Carlos, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4082?show=full>. Acesso em: 22 de março de 2020.

CARPINTIERI, C. L. T., **Uma aplicação de redes neurais na instrumentação virtual do grau alcoólico no processo industrial de produção do álcool etílico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18153/tde-13052014-110105/publico/Ciro.pdf>. Acesso em: 22 de março de 2020.

CARPIO, L. G. T.; SOUZA, F. S. Optimal allocation of sugarcane bagasse for producing bioelectricity and second generation ethanol in Brazil: scenarios of cost reductions. **Renewable Energy**, v. 105, p. 1-798, maio 2017. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v111y2017icp771-780.html>. Acesso em: 16 de março de 2020.

CARVALHO, L. C.; BUENO, R. C. O. F.; CARVALHO, M. M.; FAVORETO, A. L.; GODOY, A. F. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 9, n. 16, p. 530, 2013.

CASTRO, A. M.; PEREIRA JR., N. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Química Nova**. V. 33, n. 1, São Paulo, 2010. DOI S0100-40422010000100031. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422010000100031&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422010000100031&script=sci_arttext). Acesso em: 22 de Março de 2020.

EMBRAPA. **Cultivo da pupunheira para produção de palmito**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1475/curso-presencial-cultivo-da-pupunheira-para-producao-de-palmito>. Acesso em: 08 de março de 2020

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. A RenovaCalc aplicada ao biocombustível etanol de cana-de-açúcar. **AGEITEC**, pp. 1-13, dez. 2018. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/busca/Etanol?p\\_auth=mDEkS5CR](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/busca/Etanol?p_auth=mDEkS5CR). Acesso em: 23 de março 2020.

FERREIRA, J. Etanol de segunda geração: definição e perspectivas. **Conexão Eletrônica**. Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, v. 12, n.1, p. 105-112, 2015. Disponível em: [ems.edu.br/conexao/edicaoanterior/Sumario/2015/downloads/2.%20Ciências%20Exatas%20e%20da%20Terra,%20Engenharias%20e%20Ciências%20Agrárias/010%20\(Eng\\_Alimentos\)%20ETANOL%20DE%20SEGUNDA%20GERAÇÃO%20-%20definição%20e%20perspectivas.pdf](https://ems.edu.br/conexao/edicaoanterior/Sumario/2015/downloads/2.%20Ciências%20Exatas%20e%20da%20Terra,%20Engenharias%20e%20Ciências%20Agrárias/010%20(Eng_Alimentos)%20ETANOL%20DE%20SEGUNDA%20GERAÇÃO%20-%20definição%20e%20perspectivas.pdf). Acesso em: 22 de março de 2020.

GROSSI, E. **Produção de etanol de segunda geração a partir de um derivado de celulose**. Tecnologias Química e Biológica. Universidade de Brasília. Brasília. 2015. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18579/3/2015\\_EltonCarlosGrossi.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18579/3/2015_EltonCarlosGrossi.pdf) Acesso em: 12 de março de 2020.

KAFRUNI, S. DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS TRAZ PREJUÍZOS TAMBÉM AO MEIO AMBIENTE: Degradação de alimentos emite óxido nítrico e metano, gases mais nocivos à camada de ozônio do que o CO<sub>2</sub> produzido por veículos. **Correio Braziliense**. Publicado em: 15 de setembro de 2018. Disponível em: [https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2018/09/15/internas\\_economia,706098/video-o-impacto-da-deterioracao-de-alimentos-estragados-no-ambiente.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2018/09/15/internas_economia,706098/video-o-impacto-da-deterioracao-de-alimentos-estragados-no-ambiente.shtml). Acesso em: 11 de março de 2020.

LOPES, J. J. C. **Fermentação e a produção de etanol**. 1ª ed. Araras, SP: Centro de Ciências Agrárias, Campus Araras da Universidade Federal de São Carlos, 2009. p. 84. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/119/4466.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 de março em 2020.

MANOCHIO, C. **Produção de Bioetanol de cana-de-açúcar, milho e beterraba: uma comparação dos indicadores tecnológicos, ambientais e econômicos**. 2014. 33 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas - MG, 2014. Disponível em: [https://www.unifalmg.edu.br/engenhariaquimica/system/files/imce/TCC\\_2014\\_1/Carolina%20Manochio.pdf](https://www.unifalmg.edu.br/engenhariaquimica/system/files/imce/TCC_2014_1/Carolina%20Manochio.pdf). Acesso em: 16 de março de 2020.

MARTÍNEZ-GIRÓN, J.; FIGUEROA-MOLANO, A. M.; ORDÓÑEZ-SANTOS, L. E. Effect of the addition of peach palm (*Bactris gasipaes*) peel flour on the color and sensory properties of cakes. **Food Science and Technology (Campinas)**, Campinas, s.n., p. 0-0, 2017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612017005006108](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612017005006108). Acesso em: 25 de março de 2020.

MEDEIROS, S. S. **Fermentação alcoólica empregando altas concentrações de açúcares**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24267/3/Fermenta%C3%A7%C3%B5esAlco%C3%B3licasEmpregando.pdf>. Acesso em: 23 de março de 2020.

MENDES, F. B.; IBRAIM, P. A. D.; THOMÉO, J. C. Is cellulase production by solid-state fermentation economically attractive for the second generation ethanol production?. **Renewable Energy**, 2017. V. 114, p. 525-533. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/179034>. Acesso em: 16 de outubro de 2020.

MENON, V., RAO, M. Trends in bioconversion of lignocellulose: biofuels, platform chemicals & biorefinery concept. **Progress in Energy and Combustion Science**. v. 38(4), p 522-550. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036012851200007X>. Acesso em: 18 de março de 2020.

MILANEZ, A. Y. MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; VALENTE, M. S.; SOUSA, L. C.; BONOMI, A. M. F. L. J.; JESUS, C. D. F.; WATANABE, M. D. B.; CHAGAS, M. F.; REZENDE, M. C. A. F.; CAVALETT, O.; JUNQUEIRA, T. L.; GOUVÊIA, V. L. R. 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**, n. 41, 2015. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4283>. Acesso em: 16 de março de 2020.

MONTES, A. C. **Avaliação do processo de obtenção de etanol de 2ª geração utilizando bagaço de cana**. 2017. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20371/3/AvaliacaodoProcesso.pdf>. Acesso em: 22 de março 2020.

MORGAN, A. Resíduos do palmito pupunha são usados como alimento na dieta dos bovinos: Rica em proteína bruta, a casca do palmito ainda não é cobrada pela indústria. **Cursos CPT**. 2012. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/noticias/residuos-palmito-pupunha-alimentacao-bovinos>. Acesso em: 12 de março de 2020.

MOURA, M. V. P. S.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, H. M.; PORDEUS, R. V. Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p.753-760, 2005.

NAGATO, L. A. F.; TAKEMOTO, E.; DELLA, T. J. C. M.; LICHTIG J. Verificação do método Monier-Williams otimizado na determinação de dióxido de enxofre em sucos de frutas, água de coco e cogumelo em conserva. **Rev Inst. Adolfo Lutz**. São Paulo, 2013. Disponível: [http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/10/rial72\\_1\\_completa/rial721\\_completa/rial721.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/10/rial72_1_completa/rial721_completa/rial721.pdf). Acesso em: 22 de março de 2020.

ODEGA, T.L.; PETRI, D. F.S. Hidrólise Enzimática de Biomassa. Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo. **Química Nova**, v. 33, n.7, p.351-356, 2010. DOI S0100-40422010000700023. Disponível em: [http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=5721](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=5721). Acesso em: 22 de março de 2020.

PALMEIRA PUPUNHA AJUDA NA PRESERVAÇÃO DE ÁRVORES NATIVA. **Revista Rural**. Publicado em: 06 de junho de 2019. Disponível em: <https://www.revistarural.com.br/2019/06/06/palmeira-pupunha-ajuda-na-preservacao-de-arvores-nativas/>. Acesso em: 08 de março 2020.

PEIXOTO, C. R. M.; ROSA, G. R.; SILVA, C. N.; SANTOS, B. T.; ENGELMANN, T. L. Miniprojeto para ensino de química geral experimental baseado na fermentação do caldo de cana-

de-açúcar. **Química Nova**, vol.35 n.º.8, São Paulo, 2012. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000800032>. Acesso em: 06 de Abril de 2020.

RODRIGUES, K. C. S., SONEGO, J. L. S., CRUZ, A. J. G., BERNARDO, A., & BADINO, A. C. Modeling and simulation of continuous extractive fermentation with CO<sub>2</sub> stripping for bioethanol production. **Chemical Engineering Research and Design**, 2018, pp. 77-88.

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; MORAIS, S. A. L.; VELOSO, D. P. Ligninas: métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.5, p.917-928, 2001.

Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/26364396\\_Ligninas\\_metodos\\_de\\_obtencao\\_e\\_caracterizacao\\_quimica](https://www.researchgate.net/publication/26364396_Ligninas_metodos_de_obtencao_e_caracterizacao_quimica). DOI: 10.1590/S0103-84782001000500031. Acesso em: 18 de março de 2020.

SANTOS, F. A.; QUEIRÓZ, J. H.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A. GUIMARAES, V. M.; REZENDE, S. T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química nova**, v. 35, n. 5, p. 1004–1010, 2012. Disponível em:

[http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=3583](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3583). Acesso em: 16 de março de 2020.

SANTOS, F. A.; QUEIRÓZ, J. H.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A. GUIMARAES, V. M.; REZENDE, S. T. **Bioenergia e Biorrefinaria: Cana-de-Açúcar e Espécies Florestais**. Viçosa, Minas Gerais, 2013. Disponível em:

<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=980011&biblioteca=vazio&busca=autoridade:%22J.%22&qFacets=autoridade:%22J.%22&sort=&pagina=1729>. Acesso em: 22 de Março de 2020.

SCHMITZ, W. **Estudo do processo de produção de pasta de celulose a partir de bainhas de palmeira real**. 2015. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2015. Disponível em:

[http://www.bc.furb.br/docs/DS/2015/359123\\_1\\_1.pdf](http://www.bc.furb.br/docs/DS/2015/359123_1_1.pdf) . Acesso em: 25 de março de 2020.

SEVERO, M. G.; MORAES, K.; RUIZ, W. A. Modificação enzimática da farinha de arroz visando a produção de amido resistente. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n.2, p. 345- 350, 2010.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000200021>. Acesso em: 22 de março de 2020.

SOARES, A. K. **Hemicelulose: Composição química da madeira**. SCRIBD. Publicado em: 12 de março 2020. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/117510037/hemicelulose>. Acesso em: 17 de março de 2020.

SOUSA, L. Brasil gera 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano. **Agência Brasil**.

Publicado em 08 de novembro de 2019. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-11/brasil-gera-79-milhoes-de-toneladas-de-residuos-solidos-por-ano>. Acesso em: 11 de março de 2020.

SOUZA, A. P. M.; PATRICIO, D. C.R.; SOUZA, P. M.; FERRARINI, M.; OLIVEIRA, A. C.; FARIA, L. G. Comparativo de determinação do grau alcoólico entre densímetro de gay-lussac e título alcoométrico. **II Simpósio de assistência farmacêutica**, Centro Universitário São Camilo, São Paulo. Maio de 2014. Disponível em: <http://www.saocamilo-sp.br/novo/eventos-noticias/saf/resumo-22.pdf>. Acesso em: 24 de março de 2020.

SOUZA, R. B. A. de. **Estudo do pré-tratamento hidrotérmico e hidrólise enzimática da palha de cana-de-açúcar**. 2016. 106 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química e Área de Concentração



em Pesquisa e Desenvolvimento de Processos Químicos) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2016. Disponível em:

<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/8489/TeseRBAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 de março de 2020.

SUN, Y.; CHENG, J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review.

**Bioresource Technology**. v. 83, p. 1-11, 2002. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12058826>. Acesso em: 16 de março de 2020.

TASI, M. B.; KONSTANTINOVI, B. V.; LAZI, M. L.; VELJKOVI, V. B. The acid hydrolysis of potato tuber mash in bioethanol production. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdã, v. 43, p. 208-211, 2009. Disponível em:

[https://www.academia.edu/18068953/The\\_acid\\_hydrolysis\\_of\\_potato\\_tuber\\_mash\\_in\\_bioethanol\\_production](https://www.academia.edu/18068953/The_acid_hydrolysis_of_potato_tuber_mash_in_bioethanol_production). Acesso em: 22 de março de 2020.

VIANA, L. G. REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS. IV **Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Cruz das Almas, Bahia – 13 a 16 de julho de 2016.

Disponível em: <http://cobesa.com.br/2016/download/cobesa-2016/IVCOBESA-133.pdf>. Acesso em: 11 de março de 2020.

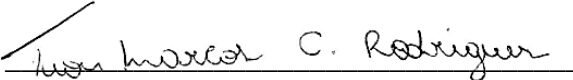
ZENNI, R. S.; HELM, C. V.; BALLOD, L. B. T. Cascas do processamento de palmito para uso na alimentação humana: Uma abordagem socioambiental. **Revista gestão & sustentabilidade ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p.276-299, junho, 2018. DOI:10.19177/rgsa.v7e22018276-299.

Disponível: [http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6211](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6211). Acesso em: 17 de março de 2020.

**8 APÊNDICE****TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE PRODUÇÃO ACADÊMICA****(RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE)**

O estudante Teon Marcos Cristino Rodrigues do curso de Engenharia de Alimentos, matrícula 2016.1.0029.0091-0, telefone: (62) 996388680 e-mail teonmarcos@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n°9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “Produção de etanol de segunda geração a partir do resíduo industrial de palmito pupunha”, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificados Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 07 de dezembro de 2020.

Assinatura do(a) autor(a): 

Nome completo do(a) autor(a): Teon Marcos Cristino Rodrigues

Assinatura da professora orientadora: 

Nome completo da professora-orientadora: Me. Flávio Carvalho Marques