

**DAIANA GOTARDO MARTINEZ**

**PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A  
PARTIR DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DA  
MANDIOCA**

CASCATEL  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO, 2016.

**DAIANA GOTARDO MARTINEZ**

**PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A  
PARTIR DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DA  
MANDIOCA**

Dissertação apresentada à Universidade do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção de título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden

CASCADEL  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO, 2016.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M337p

Martinez, Daiana Gotardo

Produção de etanol de segunda geração a partir de resíduos do processamento da mandioca. Daiana Gotardo Martinez. Cascavel, 2016.

47 p.

Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, 2016

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura

1. Biocombustível. 2. Etanol. 3. Farelo de mandioca. I. Feiden, Armin. II. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. III. Título.

CDD 21.ed. 633.682

662.88

CIP-NBR 12899

DAIANA GOTARDO MARTINEZ

**"PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE  
RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA"**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador:



Prof. Dr. Armin Feiden  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Prof. Dr. Reinaldo Aparecido Bariccatti  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Profa. Dra. Kátya Regina de Freitas Zara  
Universidade Federal da Integração Latino-Americana/Foz do Iguaçu

Cascavel, 02 de março de 2016.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela graça da vida, por todos os momentos em que o desespero era maior que a coragem, e mesmo assim, não me abandonou, manteve-se ali acalmando meu coração.

À minha mãe Geci Gotardo Martinez e meu pai Paulo Cesar Martinez, que foram os mentores ao longo da minha vida, me incentivando aos estudos e sempre a buscar mais. A minha irmã Daniele Gotardo Martinez, pelo apoio e confiança sempre! Você é e sempre foi muito importante e essencial. Obrigada família!

Ao meu namorado, Bruno Henrique Martins, aquele que nunca desistiu e deixou de acreditar no meu potencial, principalmente nos momentos em que eu não mais acreditava. Obrigada, pela Paciência, companheirismo sem precedentes, amor e dedicação.

Ao meu orientador Armin Feiden, pelos preciosos conhecimentos a mim transmitidos, apoio e pela serenidade ao longo do processo de construção desta pesquisa.

Ao professor Reinaldo Bariccatti, pela colaboração, paciência e por ter sido fonte de inspiração a execução deste trabalho.

Aos meus amigos, em especial Waleska Claire, que se manteve ao meu lado, apoiando, viajando e passando longas horas no laboratório! Muito, muito obrigada.

Aos membros do Laboratório de Biotecnologia e Física do solo da UNIOESTE câmpus Cascavel e ao Laboratório de Química da UNIOESTE câmpus Toledo. Obrigada pelas orientações, gentilezas e cooperação com o desenvolvimento desta pesquisa.

À todos os professores da UNIOESTE e também, aos meus colegas, em especial Rafaela e Cassia, fizeram dos dias e viagens mais alegres.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta, ao longo deste trabalho.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma do processamento da mandioca em uma unidade industrial.....	5
Figura 2: Gerações de biocombustíveis e seus componentes.....	9
Figura 3: Fluxograma das rotas para obtenção de bioetanol.....	11
Figura 4: Resíduo fibroso não hidrolisado.....	19
Figura 5: Processo geral.....	20
Figura 6: Resíduos sólidos separados por tratamentos.....	22
Figura 7: Hidrolisado antes e após o processo de filtração.....	24
Figura 8: Bioetanol após o processo de destilação.....	25
Figura 9: Gráfico com o espectro de absorção das soluções padrões de etanol em água.....	26
Figura 10: Gráfico com a absorbância em 1693nm versus porcentagem de etanol em água.....	26
Figura 11: Gráfico com os espectros de absorção das soluções A, B,C e D para as soluções destiladas a 10 % do volume.....	27
Figura 12: Relação entre % amido e % etanol.....	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características físico-químicas do farelo de mandioca	7
Tabela 2: Efeitos da temperatura em relação ao crescimento da levedura	18
Tabela 3: Caracterização Físico-química	21
Tabela 4: Média dos resultados da hidrólise e sacarificação dos resíduos	23
Tabela 5: Rendimento de resíduos fibroso e açúcar total.	24
Tabela 6: Repetições selecionadas para o processo de destilação simples	25
Tabela 7: Percentual de amido em relação à produção de etanol	28

MARTINEZ, Daiana Gotardo. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2016. **Produção de etanol a partir de resíduos do processamento da mandioca.** Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Armin Feiden.

## RESUMO

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) além de ser uma planta de fácil cultivo é considerada com uma alta produtividade de calorías e a de maior eficiência biológica como fonte de energia, apresentando um alto teor de amido. Alguns subprodutos são gerados a partir do processamento da mandioca dentre eles, a casca marrom, a entrecasca, o descarte, a crueira, a fibra, o bagaço ou farelo e a varredura. O farelo de mandioca é caracterizado como uma fonte amilácea que pode ser convertida em açúcares para a obtenção de biocombustível, com este trabalho objetivou-se produzir etanol a partir deste resíduo de processamento da mandioca. O presente estudo foi realizado em Cascavel/PR, foram obtidos resíduos em quatro diferentes fecularias, sendo elas: fecularia Lar, fecularia Amidos Mundo Novo, fecularia Novo Horizonte e MCR amidos, realizou-se análise dos parâmetros químicos das amostras, teor de amido, açúcares, pH, matéria graxa, umidade e cinzas. Para o processo de obtenção de etanol as amostras foram submetidas à hidrólise enzimática, utilizando alfa-amilase e amiloglicosidases, posteriormente foram fermentadas e destiladas. As amostras foram submetidas à análise em espectrofotometria de infravermelho para constatar a presença de etanol. As amostras apresentaram alto teor médio de amido de 60%, todas as amostras apresentaram acidez sendo corrigidas com NAOH para o processo de hidrólise. As amostras foram destiladas com concentração de 10%. A solução da amostra um, apresentou um teor de etanol de 12,6%, amostra dois 48,5% e amostra quatro de 53,3% A solução da amostra três apresentou uma linha base muito diferente da solução padrão sendo que sua análise tornou-se difícil, mas pela comparação espectral entre a solução da amostra três e da amostra um considerou-se que as concentrações entre as mesmas estavam próximas entre si, obtendo-se um valor estimado em 12% para a amostra três. O farelo de mandioca é uma biomassa em potencial para a produção de etanol, apresentando teor significativo de amido, e respondendo de forma eficiente ao processo de hidrólise e sacarificação utilizando enzimas.

Palavras-chave: Biocombustível, etanol, farelo de mandioca.

MARTINEZ , Daiana Gotardo. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, February 2016. Ethanol production from cassava processing waste. Prof<sup>o</sup>. Dr. Armin Feiden.

## ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) in addition to being easy to cultivate a plant is considered the highest productivity calories and higher biological efficiency as a source of energy, presenting a high starch content. Some by-products are generated from the processing of cassava among them the brown bark, bark, disposal, the crueira, fiber, bran and bagasse or scanning. The cassava meal is characterized as a starchy source that can be converted into sugars for obtaining biofuel, this work aimed to produce ethanol from cassava processing this waste. This study was conducted in Cascavel / PR, were obtained waste in four different potato starch manufacturers, namely: starch manufacturer Home, starch manufacturer Starches New World, the starch manufacturer Novo Horizonte and MCR starches, there was analysis of chemical parameters of samples, starch content, sugar, pH, raw grease, moisture and ashes. For the process of obtaining the ethanol the samples were subjected to enzymatic hydrolysis using alpha-amylase and amyloglucosidases, they were then fermented and distilled. The samples were analyzed by mass spectrometry to verify the presence of ethanol. The samples showed high starch content about 60% on average, all acid had been adjusted with NaOH to the hydrolysis process. The solutions of one treatment, presented a de12,6% ethanol content, two treatment 48.5% and 53.3% treatment four Solving the three treatment presented a very different baseline standard solution being that his analysis becomes difficult, but by the spectral comparison between the solution treatment and the treatment with three one expected to be with concentrations close to each other, yielding a value of approximately 12% for three treatment. The cassava meal is a potential biomass for ethanol production, with a significant content of starch, and responding to efficiently process using hydrolysis and saccharification enzymes.

Keywords: Biofuel, ethanol, cassava meal.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 CULTURA DA MANDIOCA .....	3
2.2 AGROINDUSTRIALIZAÇÃO DA MANDIOCA .....	4
2.4 BIOCOMBUSTÍVEIS DE SEGUNDA GERAÇÃO .....	8
2.4.1 Bioetanol .....	10
2.5 HIDRÓLISE ENZIMÁTICA .....	12
2.6 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA .....	14
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
3.1 AMOSTRAGEM DO RESÍDUO.....	15
3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO RESÍDUO .....	15
3.3 ENZIMAS E MICRORGANISMOS USADOS PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL .....	16
3.3.1 Enzimas amilolíticas para sacarificação.....	16
3.4 LEVEDURA .....	17
3.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BIOETANOL .....	18
3.6 ENSAIO DE FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA .....	19
3.7 DESTILAÇÃO E ANÁLISE DO BIOETANOL .....	20
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	21
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO .....	21
4.2 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO .....	25
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	30
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	31
ANEXO A .....	35
ANEXO B .....	36
ANEXO C .....	37
ANEXO D .....	38

## 1. INTRODUÇÃO

Entre todas as culturas, a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é considerada a de mais alta produtividade de calorias e a de maior eficiência biológica como fonte de energia (SILVA et al., 2012). Além de ser uma planta de fácil cultivo, em função dos baixos custos de produção, ampla adaptação as mais variadas condições de clima e solo e tolerância ao ataque de insetos.

A utilização visando o benefício industrial da mandioca gera, porém, uma série de resíduos cujo impacto no meio ambiente pode ser extremamente danoso. Os principais resíduos gerados são: resíduos sólidos, como casca marrom, entrecasca, descarte, crueira, fibra, bagaço e varredura; e resíduo líquido como água de lavagem; manueira (água vegetal ou água de prensa) e água de extração de fécula (DELBIANCHI, 1998).

Durante o processo de extração da fécula de mandioca é gerado o farelo, massa ou bagaço; resíduo sólido composto pelo material fibroso da raiz e parte da fécula que não foi possível extrair no processamento (LEONEL et al., 1999). Este material tem sido subaproveitado no solo como fertilizante e também para a alimentação de animais, pois, segundo Abrahão et al. (2005), a casca de mandioca é um resíduo com baixa quantidade de proteína e grande quantidade de fibra e energia.

Mesmo fazendo uso destes processos, este material mantém-se como um problema para indústrias desta amilácea. Diversos estudos foram realizados visando o uso deste resíduo como matéria-prima para a produção de xarope de glicose, etanol e de produto alimentício fibroso para a alimentação humana (RAUPP et al., 2002).

Paes (2012), explica que o processo de produção do etanol de segunda geração é composto por duas etapas: primeiramente, quebram-se as longas cadeias de celulose e hemicelulose, via hidrólise enzimática ou química, com a finalidade de obter açúcares de moléculas menores e, em seguida, os açúcares reduzidos, obtidos no processo de hidrólise são fermentados.

No Brasil, a utilização da mandioca como matéria-prima para produção de etanol sempre foi discutida tomando-se como referencial a cultura da cana-de-açúcar que lhe concorre com vantagens econômicas nada desprezíveis (SALLA, 2008).

Considerando-se apenas o Brasil, há previsão de crescimento de 45% da demanda por etanol até 2020. A necessidade de atendimento desta demanda é ressaltada se considerarmos que a meta de consumo de biocombustíveis nos Estados Unidos até

2022 é de 36 bilhões de galões, sendo que o milho, utilizado na produção de etanol do referido país, terá um teto de 15 bilhões, já a partir de 2015, além dos mercados europeus e asiáticos com suas perspectivas demandas (EPA, 2011).

O etanol de segunda geração é visto pelos mercados globais como uma alternativa imprescindível para o atendimento dessa demanda, já que este se configura como um novo processo de obtenção de etanol através do processo de hidrólise da lignocelulose, e que utiliza a biomassa disponível (SOUZA, 2013).

Para Saito; Cabello (2006), o etanol obtido por meio da fermentação de açúcares utilizando um catalisador biológico, como as leveduras, vem sendo considerado uma importante fonte de energia alternativa e ambientalmente de pouca agressividade e, conseqüentemente, estes processos de produção vem sendo investigados em todos os seus aspectos.

Torna-se demasiadamente importante ressaltar, que a população mundial está aumentando a um ritmo alarmante e com ela a demanda de combustíveis líquidos no setor de transportes. O aquecimento global, o esgotamento dos combustíveis fósseis e aumento no preço dos combustíveis à base de petróleo estão ganhando grande preocupação e a exigência da situação forçou a busca de alternativas sustentáveis, renovável, eficiente e de baixo custo de energia proveniente de fontes com menores emissões de gases de estufa (NIGAM; SINGH, 2011).

Neste contexto, o presente trabalho tem como finalidade produzir etanol de segunda geração a partir de resíduos de processamento da mandioca.

Para tal, procede a análise dos seguintes fatores, que consubstanciam os objetivos específicos do trabalho que são verificar o potencial desta biomassa, na produção de biocombustível e demonstrar a possibilidade em se utilizar o farelo para este fim, bem como fornecer informações a este setor industrial, o qual tem grande interesse na implantação de novas tecnologias para o aproveitamento de resíduos que venham a ser tornar receita no processo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DA MANDIOCA

A mandioca (*Manihot esculenta crantz*) é uma planta originária da América do Sul, provavelmente do Brasil Central, sendo atualmente cultivada em vários países, compreendidos por uma extensa faixa do globo terrestre entre as latitudes de 30° N a 30° S. Com uma produção mundial de 180 milhões de toneladas anuais, está entre os 10 principais produtos alimentares da humanidade, em volume de produção. Nos trópicos onde é mais cultivada, sua importância cresce significativamente (LORENZI; VALLE, 2002).

No Brasil esta espécie é cultivada em todas as regiões. A mandioca tem papel importante na alimentação humana e animal, assim como matéria-prima para diversos derivados industriais, além da expressiva participação na geração de emprego e renda, especialmente para pequenos produtores (OTSUBO; FARIAS, 2002).

Os maiores produtores do país são os Estados do Pará e da Bahia, entretanto, sua produção é destinada basicamente à produção de farinha para consumo humano. O Estado do Paraná destaca-se como maior produtor de amido com 70,1% da produção nacional, seguido pelo Estado do Mato Grosso Sul com 20,3%, São Paulo com 8,7%, e os Estados de Bahia, Pará e Santa Catarina com apenas 0,3% (ABAM 2014).

As ofertas de mandioca para fecularias e farinheiras do Centro-Sul obtiveram forte recuperação no ano de 2014, a indústria da fécula processou 14,5% a mais em relação aos mesmos meses em 2013, atingindo 1,15 milhão de toneladas de raízes – o maior volume registrado desde 2011. Em 2014 o Paraná registrou uma colheita adiantada, até 23 de junho, 47% da área cultivada já haviam sido colhidos, 19 pontos percentuais acima do registro em igual período de 2013, é o maior número da série que tem início na safra 2006/2007 (CEPEA, 2015).

Em função do teor de ácido cianídrico (HCN), princípio tóxico da mandioca, as variedades podem ser classificadas em aipins, macaxeiras, mandiocas doces ou de mesa e amargas, tóxicas ou industriais (OTSUBO; FARIAS, 2002). A raiz fresca de mandioca contém cerca de 70% de água, a mandioca não pode ser armazenada por muito tempo visto que elas apodrecem dentro 2-4 dias após a colheita (ADEOTI, 2010).

A mandioca mansa destina-se principalmente ao consumo doméstico, nas formas cozidas ou fritas, e servem para o preparo de variados pratos tradicionais da cozinha brasileira. As variedades industriais são normalmente transformadas em farinha, que tem uso essencialmente alimentar, e fécula, que, junto com seus produtos derivados, têm competitividade crescente no mercado de amiláceos para a alimentação humana ou, ainda, como insumos em diversos ramos industriais, tais como o de alimentos embutidos, embalagens, colas, mineração, têxtil e farmacêutica (OTSUBO; FARIAS, 2002).

## 2.2 AGROINDUSTRIALIZAÇÃO DA MANDIOCA

As mudanças na economia fizeram com que as indústrias revessem seus processos e também a qualidade dos seus produtos, frente às exigências de mercados cada vez mais competitivos. Os processos passaram a ser considerados como um todo onde os resíduos gerados passaram a serem vistos como receitas potenciais (WOSIACKI; CEREDA, 2002).

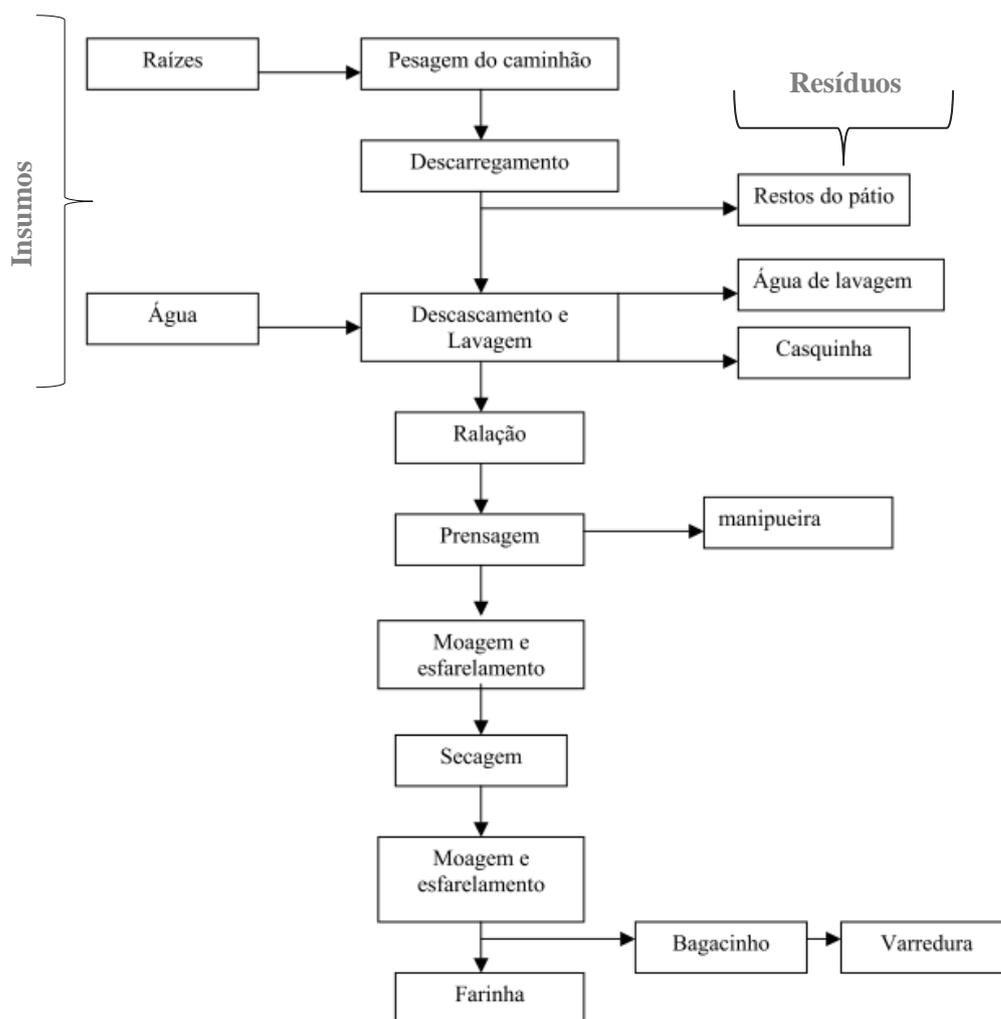
Considerando-se os principais tipos de processamento das raízes de mandioca no Brasil, como a fabricação de farinha de mandioca e a extração de fécula, os subprodutos gerados podem ser sólidos ou líquidos. Alguns dos subprodutos sólidos são: a casca marrom, a entrecasca, o descarte, a crueira, a fibra, farelo e a varredura. Entre os resíduos líquidos cita-se a manípueira, resíduo extremamente tóxico e poluente por possuir ácido cianídrico (SAGRILO et al., 2003). O farelo é o principal descarte sólido produzido nas fecularias e, em geral, é jogado nos cursos d'água ou deixado em valas que extravasam e carregam grande carga orgânica para os mesmos.

A cultura de raiz é muito rica em carboidratos, apresentando cerca de 30%, dos quais 25-40% é o amido (ADEOTI, 2010). Nas fecularias para cada tonelada de raiz processada são produzidos cerca de 930 kg de farelo com 85% de umidade. Após seco, este resíduo apresenta em média 75% de amido e 11,5% de fibras. Diante de sua composição e da considerável quantidade gerada várias pesquisas vem sendo realizadas no sentido de aproveitar este resíduo (CEREDA, 1996).

Fioreto (1987), determinou a composição química do farelo e encontrou 9,4% de umidade; 0,6% de lipídios; 1,5% de proteínas; 0,8% de cinzas; 69,8% de amido; e 11,1% de fibra.

O farelo devido ao seu grande volume gerado na indústria constitui-se em problemas para as usinas de processamento. Uma das raras destinações deste subproduto tem sido na alimentação animal. Outras possibilidades que se apresentam, seria o uso do farelo, juntamente com complementos proteicos, na formulação de ração para bovinos e seu emprego como substrato para produção de etanol. Outras possíveis alternativas seriam a produção de carvão, enchimento para comprimidos e embalagens biodegradáveis (NEVES, 2004).

Segundo Bringhenti (2004), uma farinheira que processe em torno de 30 toneladas de raízes de mandioca/dia, são perdidos 150 kg de polvilho (farelo) residual, o que poderia ser aproveitado na produção de etanol. Isso transformaria um resíduo em coproduto, gerando receita para a empresa, além de diminuir a carga orgânica do resíduo líquido. A Figura 1 apresenta um fluxograma do processamento da mandioca em uma unidade industrial.



**Figura 1:** Fluxograma do processamento da mandioca em uma unidade industrial  
Fonte: BRINGHENTI, 2004.

O processamento se inicia com a recepção e pesagem das cargas de raízes de mandioca. Após a identificação dos caminhões, os mesmos seguem para as rampas de descarga, geralmente de concreto, que conduzem a um depósito recebedor que destinará o produto ao segmento industrial para produção de derivados amiláceo ou farináceos (BRINGHENTI, 2004).

Do depósito, as raízes de mandioca são conduzidas aos lavadores através de roscas sem fim ou correias transportadoras. Equipamentos especialmente projetados possibilitam a lavagem e o descascamento das raízes simultaneamente. Sob esguichos de água, as pás raspadoras arrastam as raízes pela extensão do lavador, em velocidade regulável, efetuando o descascamento através da raspagem sobre grade (BRINGHENTI, 2004).

Na ralação, a mandioca é reduzida a uma massa não muito fina, Essa etapa é realizada em raladores de tamanho variável, comumente constituídos de um cilindro de madeira provido de lâminas de aço serrilhadas substituíveis, fixadas paralelamente entre si e no sentido longitudinal do eixo. O cilindro gira protegido por um cofre de ferro ou madeira (EMATER, 2013).

As raízes são empurradas contra ele, por exemplo, por meio de braços de madeira, de movimentos alternados. A massa ralada produzida é acondicionada em tanques limpos até a etapa de prensagem (EMATER, 2013). Após esta etapa a mandioca é encaminhada para a moagem, secagem e então se originam o bagaço ou farelo de mandioca, rico em amido.

A massa ralada é extremamente úmida e o excesso de água deve ser eliminado antes da torração, para facilitar o processo de secagem e evitar a gomificação da massa. A operação de prensagem é feita em prensas manuais (de parafusos) ou hidráulica, ambas com cestos abertos (EMATER, 2013). O líquido resultante da prensagem é chamado de manipueira, é o efluente mais poluente quanto à agressão à natureza e a sua toxicidade, em função de sua elevada carga orgânica e pela presença de compostos que liberam ácido cianídrico (CEREDA, 2001).

No processo é retirado somente o ténue, que constitui a pele (casca marrom), evitando perdas de teor de amido. Compreende também a etapa de classificação e inspeção, através de esteiras, que alimentam os trituradores e catador de pedras. Finalizando o processo se obtém o amido como também se geram os resíduos, onde o principal sólido é o resíduo de é o bagaço ou chamado também de farelo.

Industrialmente, seu processo gera uma série de produtos e subprodutos para a alimentação humana, animal ou outros usos industriais. Ainda assim, grande parte da produção nacional acaba sendo usada na subsistência das famílias envolvidas no cultivo da tuberosa (SILVA et al., 2006). O farelo ou bagaço de mandioca é um resíduo agroindustrial sólido resultante do processamento da raiz para extração do amido (PANDEY, 2000).

### 2.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO FARELO DA MANDIOCA

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos por vários pesquisadores baseados nos resíduos sólidos (farelo) gerados a partir de diferentes unidades de processamento no Estado do Paraná.

**Tabela 1:** Características físico-químicas do farelo de mandioca

<b>Composição</b>	<b>CEREDA (1994)</b>	<b>STERZ (1997)</b>	<b>VANDENBERGHE (1998)</b>
Umidade	9,52	10,70	11,20
Proteínas	0,32	1,60	1,61
Lipídios	0,83	0,53	0,54
Fibras	14,88	22,20	21,10
Cinzas	0,66	1,50	1,44
Amido	63,85	63,40	63,00

Fonte: PANDEY, 2000.

Ao caracterizar o farelo de mandioca Cereda (1996), pode observar que o mesmo apresenta cerca de com 85% de umidade inicial. Verificaram também cerca de 80% de amido, 15% de fibras, 1,6% de cinzas, 2% de proteína, 1% de açúcares e 0,8% de matéria graxa expressos na base seca. Os valores de pH e acidez apresentam grande variação, devido a fermentações naturais do resíduo úmido.

Quanto ao farelo seco, os resultados são semelhantes quanto à composição mineral. Entre outras características, o mesmo verificou que o material é uma excelente fonte de fibras, apresentando em média 29% pelo método detergente neutro, 14% por detergente ácido e 7% de fibra dietética, sendo 6% insolúvel e 1% solúvel.

A composição físico-química do farelo de mandioca mostra-se mais completa que outros resíduos, tais como o bagaço de cana (PANDEY, 2000). A composição mineral apresenta teores médios de nitrogênio (0,06%), fósforo (0,02%), potássio (0,13%), cálcio (0,24%), magnésio (0,11%), ferro (98 mg.kg<sup>-1</sup>), zinco (4 mg. Kg<sup>-1</sup>) e cobre (1 mg. Kg<sup>-1</sup>) (CEREDA, 1996).

Um dos fatores que torna a produção de etanol por fermentação a forma mais econômica de sua obtenção é o grande número de matérias primas naturais existentes em todo o país. Qualquer matéria que contenha açúcar ou outro carboidrato constitui-se em matéria-prima potencial para a obtenção de etanol (AQUARONE *et al.*, 2001).

Segundo Stupiello (1982), ainda que todo o produto que contenha carboidratos transformáveis em álcool – sacarose, glicose, frutose, amido, celulose, etc. Possa ser considerada matéria-prima para a fermentação alcoólica, é imprescindível considerações sobre os seguintes pontos: custo aquisitivo da matéria-prima, facilidade de transformação, rendimento de álcool, disponibilidade e possibilidade de expansão, fonte de energia empregada.

As aplicações industriais dos amidos são, entretanto, dependentes de suas propriedades físicas e químicas, as quais variam de uma cultura para outra, ou são influenciadas por fatores ecológicos ou agrônômicos. Por ser uma matéria-prima altamente versátil, podendo ser aplicada de varias formas pela indústria de alimentos (ADEBOWALE; LAWAL, 2002).

O amido proveniente da mandioca é facilmente extraído, já que as raízes contem pequenas quantidades de proteínas, gorduras e outros componentes. Dessa forma, o processo de extração é simples e o amido obtido puro é branco. O conteúdo de lipídios no amido de mandioca é pequeno (< 0,1%), com isso o amido e seus derivados não apresentam sabor e aroma de cereais, o que desejável para muitos produtos alimentícios (DEMIATE *et al.*, 2005).

Dentre os fatores exógenos que influem nas características do amido estão: espécies, condições climáticas e tempo de cultivo. Há também indicações de que amidos extraídos de raízes de alguns cultivares de mandioca apresentam características físico-químicas e morfológicas mais constantes ao longo do período de colheita comercial (LEONEL; CEREDA, 1997).

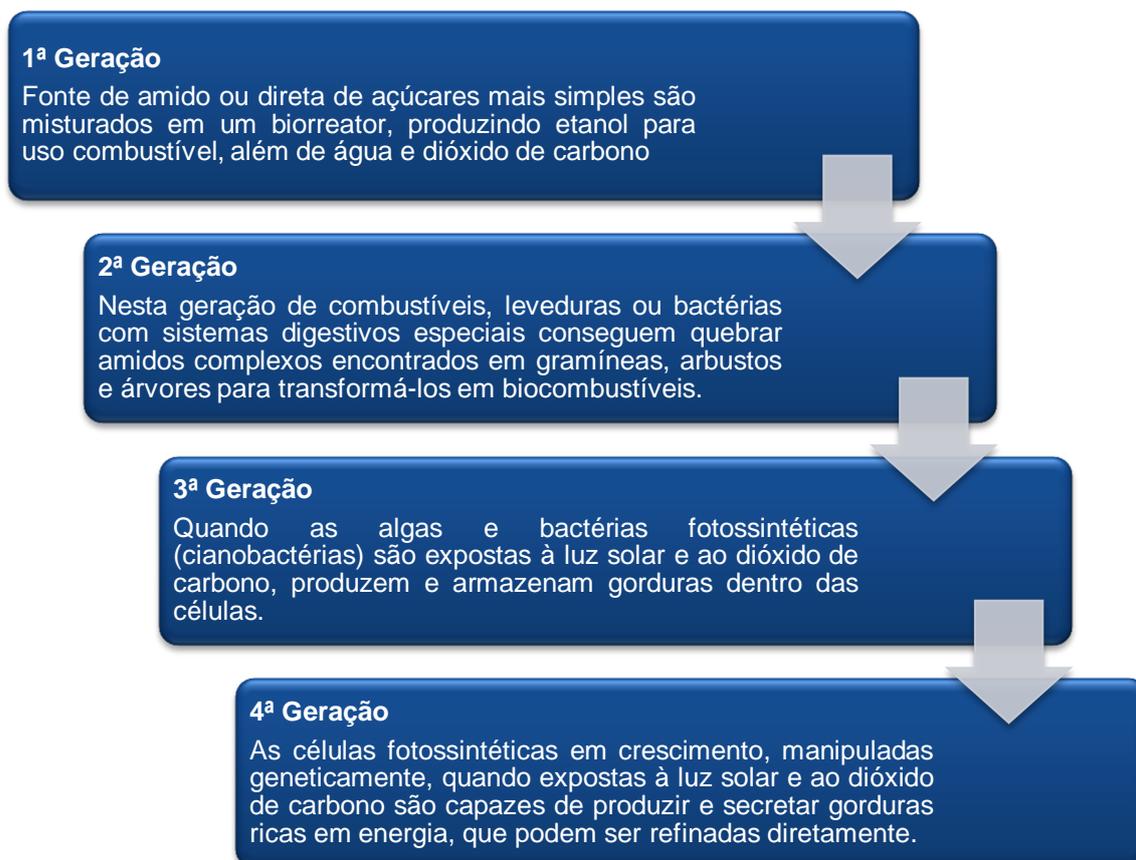
## 2.4 BIOCOMBUSTÍVEIS DE SEGUNDA GERAÇÃO

As razões para o interesse pelos biocombustíveis são muitas e variam de um país para outro e também ao longo do tempo, tendo como principais fatores: diminuir a dependência externa de petróleo, por razões de segurança e suprimento ou impacto na balança de pagamentos, minimizar os efeitos das emissões veiculares na poluição local,

principalmente nas grandes cidades e controlar a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera (LEITE; LEAL, 2007).

Uma variedade de combustíveis pode ser produzida a partir de biomassa, tais como etanol, metanol, biodiesel, diesel, hidrogênio e metano (SAMMES, 2004).

Segundo o mesmo autor, toda a produção mundial de biocombustíveis se baseia nas chamadas tecnologias de primeira geração, o que significa produção de etanol a partir de açúcares ou amidos (cana, beterraba, milho, trigo, mandioca) e biodiesel de óleos vegetais ou gordura animal (soja, mamona, dendê, sebo, óleo de fritura). Estão em desenvolvimento várias tecnologias que utilizam os materiais lignocelulósicos como matérias-primas (resíduos agroflorestais, madeira de florestas plantadas, culturas energéticas de curto ciclo, lixo urbano), que são mais baratos mais abundantes e podem ser produzidos nas mais variadas condições de solo e clima, a Figura 2 representa da primeira a quarta geração de biocombustível.



**Figura 2:** Gerações de biocombustíveis e seus componentes

A principal vantagem da produção de biocombustíveis de segunda geração em relação aos de primeira geração é uso de matérias-primas não comestíveis, não

concorrendo com o setor alimentício (NIGAM; SINGH, 2011). Já os combustíveis de terceira e quarta geração estão relacionados a mudanças genéticas e uso de cianobactérias.

A matéria-prima envolvida no processo pode ser criada especificamente para fins energéticos, permitindo maior produção por área cultivada, e uma maior quantidade de material vegetal pode ser convertido e usado para produzir biocombustíveis. Como resultado, este vai aumentar ainda mais a eficiência do uso da terra em comparação com os biocombustíveis de primeira geração (NIGAM; SINGH, 2011).

O mundo se depara com a perspectiva de um significativo aumento na demanda por etanol. Para evitar de alimentos, especialmente em locais que não dispõem de clima favorável ou extensão territorial para cultivo, torna-se necessário investir no desenvolvimento de que haja o limite da oferta ou a competição pelo uso da terra para a geração de energia ou produção tecnologias de segunda geração de produção de etanol. Essa nova geração representa uma alternativa para o uso energético da biomassa, apresentando vantagens ambientais e econômicas, por ser o etanol produzido a partir de lignocelulose, presente em resíduos de origem vegetal (PACHECO, 2011).

#### 2.4.1 Bioetanol

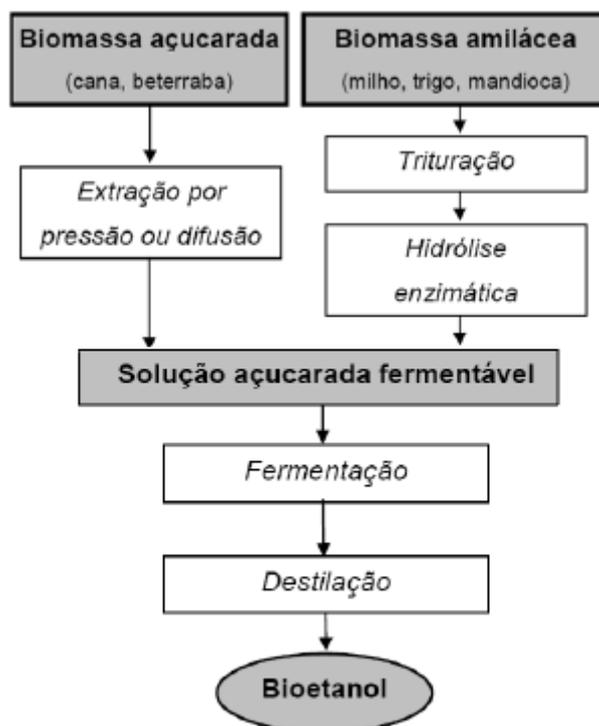
Bioetanol é incolor, volátil, inflamável e totalmente solúvel em água e quando produzido por meio da fermentação da sacarose. Comercialmente, é conhecido como álcool etílico e sua fórmula molecular é  $C_2H_5OH$  ou  $C_2H_6O$ . O etanol é hoje um produto de diversas aplicações no mercado, largamente utilizado como combustível automotivo na forma hidratada ou misturado à gasolina. Também tem aplicações em produtos como perfumes, desodorantes, medicamentos, produtos de limpeza doméstica e bebidas alcoólicas. Merece destaque como uma das principais fontes energéticas do Brasil, além de ser renovável e pouco poluente (ORDONEZ; CABELLO, 2009).

O processo de obtenção de etanol de segunda geração, também conhecido como etanol celulósico, advém da utilização do material lignocelulósico encontrado nas plantas e antes não aproveitado para este fim. Este material pode ser dividido em dois grandes componentes – polímeros de carboidratos, tais como a celulose e a hemicelulose, e lignina, proveniente da parede celular das plantas (SOUZA, 2013).

Simplificadamente o processo consiste em “quebrar” o material celulósico da planta (que pode ser feito de forma química ou enzimática) obtendo-se a celulose. No

processo obtém-se a sacarose que tem como um dos destinos à produção de etanol (SOUZA, 2013).

Segundo Camili (2010), a produção de bioetanol é efetuada em bases comerciais por duas rotas tecnológicas, utilizando matérias-primas doces, diretamente fermentáveis, como a cana-de-açúcar e a beterraba açucareira, ou matérias-primas amilácea, como o milho o trigo e a mandioca, cujo amido deve ser convertido em açúcares (sacarificado) antes da fermentação, como esquematizado na Figura 3.



**Figura 3:** Fluxograma das rotas para obtenção de bioetanol

Fonte: CAMILI, 2010.

Para Gonçalves et al., (2007), a mandioca possui um alto valor em carboidratos, podendo assim vir a substituir a cana de açúcar na produção de álcool. Espera-se um elevado teor de açúcar a partir da mandioca devido à existência de grande quantidade de amido, cujo produto final da hidrólise se constituiu basicamente em glicose. Os mesmos afirmam que é possível que a produção de álcool carburante venha a corresponder o investimento efetuado.

Dentre as matérias açucaradas costuma-se distinguir as diretamente fermentescíveis e as não diretamente fermentescíveis. As primeiras são as que contêm monossacarídeos e se limitam aos sucos de frutas. Sua importância reside na produção

de álcool em bebidas como o vinho e a cidra. As não diretamente fermentáveis são as que contêm dissacarídeos, que fermentam após uma hidrólise, a qual se dá o nome de inversão, e que se realiza naturalmente por ação da invertase, enzima produzida pela agente da fermentação. A sacarose é a representante mais importante dos componentes da cana de açúcar e os melaços (AQUARONE et al, 2001).

O farelo de mandioca é um resíduo sólido da extração de amido e que ainda contém alto teor do mesmo (60 a 70% em peso seco). Em média uma agroindústria de produção de fécula de mandioca gera cerca de 930 kg de farelo com aproximadamente 88 a 90% de umidade para cada 1000 kg de raiz processada apresentando uma concentração de amido residual que pode variar de 55,8 a 78,1 kg (SAITO et al., 2006). A recuperação deste amido residual por tratamento físico ou biológico é que tem sido objeto de pesquisas visando à melhoria dos processos, com o objetivo de agregar valor à matéria prima consumida.

## 2.5 HIDRÓLISE ENZIMÁTICA

Os amidos podem ser hidrolisados por vias físico-químicas (ácidos) ou por via enzimática (CAMILI, 2010).

As enzimas são substâncias sólidas, mais difíceis de serem cristalizadas, devido à complexidade de suas estruturas químicas. Com algumas exceções, são solúveis em água e em álcool diluído, e quando em soluções são precipitados pela adição de sulfato de amônio, álcoois ou ácido tricloroacético. São inativas pelo calor e esta talvez seja a característica mais importante destes compostos em relação a tecnologia de alimentos (BOBBIO, 1995).

A hidrólise enzimática consiste em uma reação química mediada por enzimas, em meio aquoso, para a quebra de uma molécula em frações menores. No caso do amido a hidrólise enzimática é empregada para a produção de xarope de glucose, maltose e outros açúcares de pesos moleculares variados (ALMEIDA, 2009).

A hidrólise ácida apresenta algumas desvantagens tais como: elevado consumo de energia, baixo rendimento e seletividade e pouca flexibilidade operacional. Em função disso, os processos enzimáticos assumiram maior importância, pois, conseguiram eliminar quase que totalmente essas desvantagens (CAMILI, 2010).

A hidrólise se dá pelo desdobramento total das moléculas de amilose e amilopectina, que ao se romperem se transformam em dextrinas cada vez mais simples e

finalmente em glicose. O amido não tem sabor, mas os produtos de uma hidrólise intensa possuem sabores adocicados (FRANCO et al., 2001).

Segundo Rabelo (2010), para a conversão do material lignocelulósico em outros produtos há a necessidade de realização de quatro etapas:

- Inicia-se com a produção (e posteriormente utilização no processo de hidrólise enzimática) de enzimas a partir de microrganismos como fungos e bactérias. Representa cerca de 50% do custo global do processo de obtenção de açúcares mediante hidrólise enzimática.
- Para um resultado satisfatório na conversão em etanol, há a necessidade de pré-tratamento do material lignocelulósico de modo a aumentar a exposição das fibras de celulose, facilitando a ação de agentes hidrolíticos enzimáticos ou ácidos.
- Realiza-se um processo de quebra do material lignocelulósico conhecido como hidrólise, onde ocorre a deslignificação e a despolimerização. Este processo converte a celulose e a hemicelulose em açúcares menos complexos passíveis de fermentação, geralmente catalisado através de enzimas celulósicas.
- Finaliza-se com um processo de fermentação da mistura de açúcares. O processo da fermentação da glicose já é estabelecido pela indústria com a utilização do fungo *Sacharomyces cerevisiae*, que através da sua utilização intensiva em fermentação industrial, passou por um processo de seleção natural, apresentando os melhores desempenhos em conversão de glicose a etanol, produtividade e tolerância alcoólica. A fermentação das pentoses e hexoses não esta estabelecida como o procedimento anterior.

As enzimas amilolíticas são catalisadoras da hidrólise de ligações dos tipos  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6, encontradas nos polissacarídeos, recebendo a denominação de amilases. Estas enzimas oriundas de plantas, bactérias, fungos e animais e recebem classificação como  $\alpha$ -amilases,  $\beta$ -amilases, amiloglucosidases e isoenzimas. Cada uma dessas enzimas possui um mecanismo diferenciado de catálise, o que resulta em produtos diferentes. As  $\alpha$ -amilases, por exemplo, são endo-glicosidases que atuam em regiões internas do polissacarídeo afastadas da extremidade redutora, produzindo inúmeros tipos de oligossacarídeos (CAMILI, 2010).

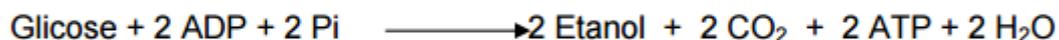
## 2.6 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

A fermentação alcoólica ocorre no interior de microrganismos capazes de converter açúcares assimiláveis (substrato oxidado) em etanol (substrato reduzido), por meio de uma série de reações bioquímicas, reguladas enzimaticamente. A oxidação parcial do substrato, gerando um composto orgânico reduzido, garante um mínimo de produção de energia para manutenção celular e o equilíbrio oxidativo (CINELLI, 2012).

A produção mundial de etanol combustível está em torno de 75 milhões de litros por ano, e a maior parte deste total (cerca de 95%) é produzida pela fermentação de determinados açúcares pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* (BASSO, 2011).

A espécie mais importante de levedura alcoólica é *Saccharomyces cerevisiae*, que possui um largo espectro de utilização. É empregada na produção de pães, bebidas, etanol, etc. Sua biomassa pode ser recuperada como subproduto de fermentação e transformada em levedura seca, que se constitui em matéria prima para fabricação de ração animal ou suplemente vitamínico para o homem (MENDES, 2003).

As leveduras e outros microrganismos fermentam a glicose em etanol e CO<sub>2</sub> e não em lactato. A glicose é convertida em piruvato pela glicólise e o piruvato é convertido em etanol e CO<sub>2</sub> em um processo de dois passos. No primeiro o piruvato sofre a descarboxilação em uma reação irreversível catalisada pela enzima piruvato descarboxilação simples e não envolve oxidação do piruvato. No segundo passo, através da ação álcool desidrogenase, o acetaldeído é reduzido a etanol, com a NADH, fornecendo poder redutor. A equação geral da fermentação alcoólica é (LEHNINGER, 1995):



As leveduras são consideradas anaeróbios facultativos, ou seja, são capazes de crescer na presença ou na ausência de oxigênio (CINELLI, 2012).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo possui caráter exploratório, o mesmo foi realizado em duas etapas, sendo a primeira etapa (preparação das amostras, hidrólise e fermentação) no Laboratório de Biotecnologia e de Física dos Solos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Câmpus Cascavel, e segunda etapa (destilação), foi realizada no Laboratório de Química Analítica da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Câmpus Toledo.

#### 3.1 AMOSTRAGEM DO RESÍDUO

O resíduo utilizado neste trabalho foi o resíduo de processamento de mandioca, também conhecido como bagaço ou farelo de mandioca. O material foi cedido pelas fecularias: Indústria Amidos Mundo Novo (Amostra 1 – A1), localizada no município de Mundo Novo/MS, Fecularia LAR (Amostra 2 – A2), localizada no município de Missal/PR, MCR Amidos (Amostra 3 – A3) localizada em Mercedes/PR e Horizonte Amidos (Amostra 4 – A4) localizada em Marechal Candido Rondon/PR.

As amostras foram coletadas em março de 2015, coletou-se o equivalente a um quilo de resíduo, as amostras das fecularias MCR Amidos, Horizonte Amidos e Amidos Mundo Novo foram coletadas nos silos de armazenagem, já a amostra da fecularia Lar, foi coletada logo na saída da centrífuga, o resíduo foi acondicionado em freezer, até se iniciarem as análises.

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO RESÍDUO

A caracterização da matéria-prima foi realizada pelos parâmetros físico-químicos: teor de umidade, proteína bruta, amido, cinzas, matéria graxa, fibras, pH e açúcar solúvel.

Onde o teor de umidade do farelo foi determinado utilizando estufa de secagem analógica, modelo SP-100A, à 110°C por 24 horas. Para determinação de cinzas (%), matéria graxa, fibras, proteínas, amido (%), pH e açúcares, empregou-se a metodologia AOAC (1995).

O teor de proteína bruta foi determinado: amostra de amido foi tratada com ácido inorgânico que produziu um sal amoniacal que por diluição em solução ácida

padronizada, foi titulada. O resultado foi multiplicado pelo fator 6,25 para quantificação em equivalente proteína (método Kjeldahl).

A matéria graxa: amostra de amido foi colocada em cartucho de papel filtro e instalado em câmara do extrator Soxhlet cujo refluxo do solvente éter de petróleo removeu a matéria graxa que foi quantificada através da variação de massa do frasco coletor após evaporação do efluente.

O teor de cinzas: amostra de amido foi calcinada em forno até temperatura de 550°C para remoção de matéria orgânica e por diferença de massa quantificou-se a matéria inorgânica oxidada.

O pH foi determinado utilizando phmetro microprocessado. O teor de amido foi calculado pela diferença dos outros componentes da amostra (umidade, cinzas, proteína, matéria graxa, fibras, açúcar solúvel total) segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz (2005).

Após o processo de hidrólise o material obtido foi submetido à análise para verificar os açúcares redutores em glicose, por meio da instrução normativa número 20 descrito pelo MAPA – Ministério da Agricultura Agropecuária e Desenvolvimento (2008), a qual oficializa métodos analíticos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes. Para análise foram encaminhadas quatro amostras, sendo uma de cada tratamento para verificação desta variável, o laboratório Lanali foi responsável pelos resultados, o mesmo esta localizado no município de Cascavel/PR.

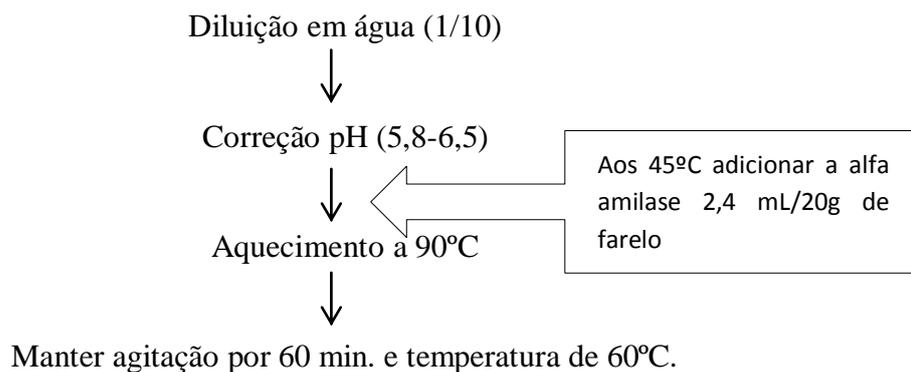
### 3.3 ENZIMAS E MICRORGANISMOS USADOS PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL

#### 3.3.1 Enzimas amilolíticas para sacarificação

As enzimas amilolíticas, para aplicação industrial de grau alimentício, foram cedidas pelas empresas Science Pro e LNF Latino Americana, obtidas da fabricante Novozymes® Latin America, localizada em Araucária – PR.

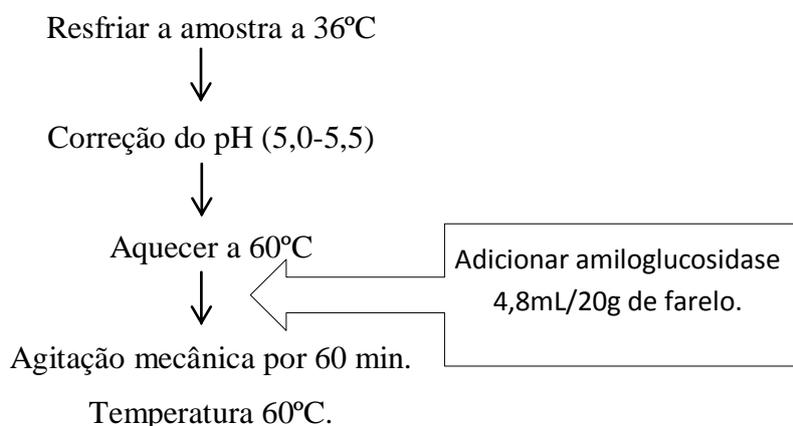
A enzima hidrolítica utilizada foi a, LIQUOZYME® Supra que é uma alfa amilase líquida, com densidade de 1,25g/mL. A indicação do fabricante em relação à quantidade de enzimas a ser utilizada foi de 400 mL/ton. amido.

O processo de liquefação ocorreu da seguinte forma:



Para o processo de sacarificação utilizou-se a enzima amiloglucosidase, cujo nome comercial é AMG 300L é uma glucoamilase líquida, com densidade de 1,16 g/ml, apresenta cor marrom claro a escuro. Segundo especificações do fabricante Novozymes® esta enzima hidrolisa ligações (1,4) e (1,6) alfa-D-glicose nas extremidades não redutoras de polissacarídeos.

A indicação referente à quantidade sugerida pelo fabricante foi de 800 mL/ton de amido. O processo de sacarificação ocorrerá da seguinte forma:



### 3.4 LEVEDURA

A cepa utilizada foi a *Saccharomyces cerevisiae* cedida pela empresa LNF de Bento Gonçalves/RS. É uma cepa de levedura selecionada de um processo em batelada para fabricação de etanol com reciclo total de células. Ela contém a cepa *Saccharomyces cerevisiae* cujo nome comercial é *Angel termal resistance alcohol yeast* sob a forma seca, estável e altamente concentrada. Dentre suas principais características estão a alta resistência aos choques de pH, a longas paradas na fermentação e ao processo de reciclo. Também apresenta baixa formação de espuma, alta capacidade de

implantação e predominância e elevado rendimento fermentativo. Essa levedura possui aparência granular, bege claro, umidade de 8% e 65% de células viáveis.

A influência da temperatura na variação do tempo de geração e do coeficiente específico de crescimento para a linhagem da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, conforme se pode observar na Tabela 2.

**Tabela 2:** Efeitos da temperatura em relação ao crescimento da levedura

Temperatura	Tempo de geração (h)	Coef. específico de crescimento g/L/h <sup>-1</sup>
20	5	0,15
24	3,5	0,21
27	3,0	0,30
30	2,2	0,31
36	2,1	0,29
38	-	0,19
40	4,0	-

Fonte: LALUCE *et al.*, 1995.

A condição ótima para o crescimento da linhagem das leveduras é a temperatura de 30°C conforme Tabela 2, acima desta temperatura o coeficiente de crescimento passa a reduzir, visto que a temperatura afeta o desempenho da levedura.

### 3.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BIOETANOL

Como o material apresenta uma estrutura desintegrada e úmida, foi necessário realizar o controle do fator umidade, utilizando uma estufa e aquecendo-o a 110°C, por 24 horas. Após verificar a umidade contida em cada amostra, foi realizada sua diluição em água destilada. Foram utilizados 6 erlemeyers com 20g de farelo seco, para cada tratamento, totalizando 24 erlenmeyers.

Para realizar a hidrólise, o material sólido foi suspenso em água destilada na proporção de 1/10. Para medição do pH, utilizou-se um pHmetro microprocessado de bancada Q400MT Quimis, o pH foi ajustado com solução de hidróxido de sódio 0,06 mol/L.

As amostras foram aquecidas em banho-maria, aos 45°C, adicionou-se ao farelo a enzima alfa amilase, posteriormente a temperatura foi elevada à 90°C. A hidrólise foi

realizada por 60 min, sob agitação mecânica de 200 rpm e temperatura constante de 60°C. Após a dextrinização, as amostras foram em banho maria, para a redução da temperatura à 36°C, o pH da dispersão foi ajustado para 5,1 – 5,5 com hidróxido de sódio (NaOH) 0,06mol/L e aquecida novamente a 60°C. Após a temperatura atingir 60°C adicionou-se uma suspensão de enzima amiloglucosidase (AMG 300L) e submetida novamente a agitação mecânica de 100 rpm durante 1 hora. Realizou-se a filtragem do material hidrolisado, para a remoção de impurezas (fibras), utilizando bomba a vácuo, funil de buchner e kitassato, conforme se pode observar na Figura 4.



**Figura 4:** Resíduo fibroso não hidrolisado

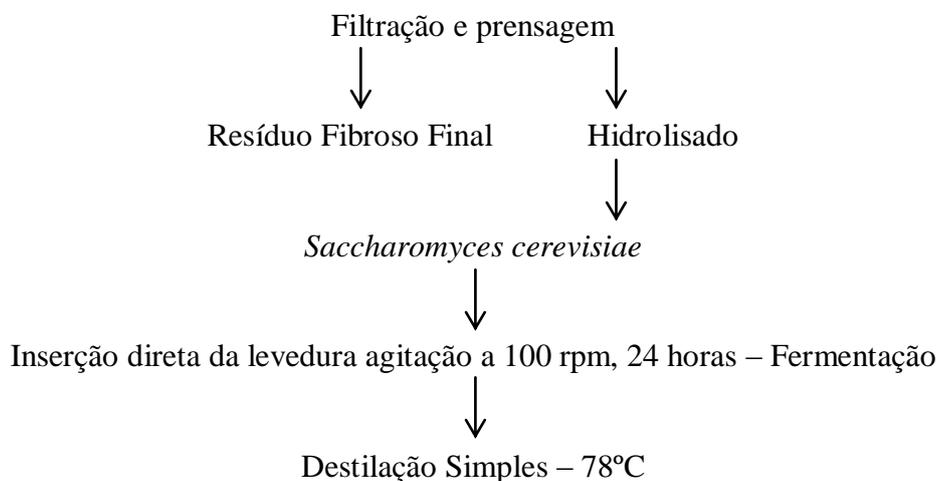
Cada ensaio foi realizado em sequência, sendo que os hidrolisados foram congelados para posteriormente serem fermentados e destilados.

### 3.6 ENSAIO DE FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Para a fermentação alcoólica utilizou-se a cepa da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. A quantidade utilizada foi de 100g/L, utilizou-se 10% do volume total em água à 35°C, para diluir o fermento por 30 min, antes de adicionar as amostras para fermentação. As amostras foram submetidos à agitação constante de 100 rpm a 30°C durante 24 horas. Em seguida, realizou-se o processo de filtragem do vinho. Conforme Figura 5 verifica-se o detalhamento do processo.

Para cada amostra realizaram-se seis repetições, totalizando 24 amostras, até o processo de fermentação. Para selecionar as amostras para destilação, as 24 amostras fermentadas foram submetidas a análise por espectroscopia infravermelho, visando

verificar as repetições que apresentavam maiores índice de absorbância, sendo assim, uma repetição de cada amostra foi selecionada para o processo de destilação.



**Figura 5:** Processo geral

### 3.7 DESTILAÇÃO E ANÁLISE DO BIOETANOL

Após o processo de fermentação realizou-se previamente a análise das amostras através da espectroscopia infravermelha transformada de Fourier – FT-IR, possibilitando a obtenção dos espectros e destacando as melhores repetições para cada amostra, com isto foram selecionadas as repetições com maiores picos, para o procedimento de destilação. A etapa de obtenção do vinho procedeu-se através de destilação simples, com concentração de 10%, para cada repetição de 50mL destilou-se 5 mL. Realizou-se o acompanhamento da temperatura, utilizando termômetro digital.

A espectroscopia de infravermelho é a medição do comprimento de onda e intensidade da absorção de luz infravermelha de uma amostra. Infravermelha média possui energia suficiente para excitar vibrações moleculares a níveis de energia mais altos (ALMEIDA, 2004).

Para análise das porções destiladas, utilizou-se a espectroscopia de infravermelho para verificar a presença de etanol, através de infravermelho médio, com um comprimento de ondas de 1600-1800 nanômetros.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO

O farelo de mandioca é um resíduo agroindustrial sólido resultante do processamento da raiz para extração do amido. Este material apresenta teores de amido que podem variar entre 40% e 70% em peso seco, porém se descartado, é causador de problemas ao meio ambiente (ALMEIDA, 2009). Para verificar as propriedades físico-químicas deste resíduo, os mesmos foram submetidos a análises para a caracterização e os resultados estão descritos na Tabela 3.

**Tabela 3:** Caracterização Físico-química

<b>Parâmetro</b>		<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>
<b>Sólidos</b>	Amido (%)	64,80	59,90	64,10	68,3
	Fibra Bruta (g/100g)	3,42	3,85	6,07	3,94
	Proteína (g/100g)	0,49	0,53	0,90	0,52
	Açúcares (g/100g)	8,30	6,61	8,04	8,24
	Matéria Graxa(g/100g)	0,21	0,20	0,20	0,01
	pH	4,31	4,45	4,50	4,91
	Cinzas (g/100g)	0,23	0,29	0,12	0,23
Umidade (%)		87,14	89,29	88,70	86,75

T1: Amostra Fecularia Amidos mundo novo; T2: Fecularia Lar; T3: MCR Amidos; T4: Horizonte Amidos

Antes e após a secagem a amostra dois apresentou visualmente coloração mais escura quando comparada as demais (Figura 6), revelando as diferenças nos procedimentos industriais. Esta diferença também pode ser observada por Cranshak et al. (2011), onde suas amostras apresentaram coloração distinta devido aos procedimentos de secagem, e a forma com que as amostras foram retiradas das indústrias, a autora destaca que este fenômeno pode ocorrer devido o material ser altamente perecível.



**Figura 6:** Resíduos sólidos separados por tratamentos

1 : Amostra Fecularia Amidos mundo novo; 2: Fecularia Lar; 3: MCR Amidos; 4: Horizonte Amidos

Os farelos utilizados neste trabalho apresentaram um percentual médio 88% de umidade. Para Cranshak et al. (2011), o material fibroso-amiláceo possui uma grande capacidade de retenção de água, frequentemente o teor de umidade do farelo que sai do processo é superior a 80%. Segundo (LEONEL et al., 1999) para cada tonelada de raiz processada são produzidos cerca de 930 kg de farelo com umidade de 85%.

Estes valores são específicos para os lotes de farelos, pois há variações de raízes que apresentam valores diferentes da composição (SAITO et al., 2006). Observa-se que as concentrações de amido residuário são semelhantes e os teores de açúcares solúveis exceto para a amostra A2 que apresentou valores abaixo nos dois parâmetros, a semelhança entre as demais amostras provavelmente são devido à ação de microrganismos degradadores semelhantes, indicando a possível necessidade em utilizar aditivos para a fermentação.

O principal componente, amido, apresentou uma média de 64%, sendo destacado na amostra A4 com um valor de 68,30%. O teor de amido no farelo está dentro da média encontrada por diferentes autores, que variam de 47,10 (RAUPP et al., 1999) a 65,37% (SRINORAKUTARA et al., 2006).

De acordo com a Tabela 3, observa-se que os teores encontrados podem ser comparados com os resultados obtidos por (WOSIACKI; CEREDA, 2002), onde foram encontrados os valores de: umidade de 65,16% na matéria úmida, proteína 3,0%, matéria graxa 0,30%, fibra 2,6%, cinzas 2,4%, açúcar 8,2%. Tornando esta matéria-prima interessante para o processo de hidrólise para a obtenção de açúcares fermentescíveis. A presença de baixas concentrações de proteína e matéria graxa favorece o processo de fermentação diminuindo consideravelmente a formação de espumas.

Os resultados dos ensaios para a produção dos hidrolisados utilizando os parâmetros operacionais anteriormente definidos, estão demonstrados na Tabela 4, onde os valores apresentam a média dos seis repetições para cada um dos farelos estudados.

**Tabela 4:** Média dos resultados da hidrólise e sacarificação dos resíduos

<b>Etapa</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>
Umidade (%)	64,19%	68,88%	68,59%	75,90%
<b>Condicionamento</b>				
pH inicial	6,15	5,98	5,94	6,22
pH final	5,14	5,23	5,37	5,39
<b>Filtração</b>				
Massa (%)*	27,13	29,52	29,24	32,52
<b>Hidrolisado</b>				
Volume	130,67 mL	124 mL	132,67 mL	124,17 mL

A1 : Amostra Fecularia Amidos mundo novo; A2: Fecularia Lar; A3: MCR Amidos; A4: Horizonte Amidos

\*Massa caracteriza-se por resíduo fibroso não hidrolisado – 20g para cada amostra. Temperatura para hidrólise 60°C.

A taxa de hidrólise depende principalmente da origem botânica do amido, do sistema enzimático utilizado, da temperatura e da agitação entre outros fatores. Para todos os processos utilizou-se a mesma quantidade de massa seca, porém pode-se observar que na A4, a mesma apresentou um grau de absorção maior, se comparado aos demais tratamentos. Segundo Surmely et al. (2003), na prensagem da suspensão de massa hidrolisada ocorre uma perda de quase 15% do hidrolisado, o que é explicado pelo fato da fibra reter muita água e, neste caso, muita solução do meio de sacarificação. Um aumento na pressão durante a prensagem diminuiu levemente esta perda, mas não permitem uma recuperação integral do hidrolisado.

As amostras apresentaram uma composição ácida, nos dois momentos de aferição (momentos antes da liquefação e após a liquefação), as mesmas foram corrigidas com solução NaOH 0,06mol/L. Observa-se que a A1 apresentou maior conversão enzimática, tendo um volume superior do hidrolisado. Através da Figura 7 pode-se observar o material hidrolisado antes e após o processo de filtragem.



**Figura 7:** Hidrolisado antes e após o processo de filtragem.

O material hidrolisado foi submetido à análise de teor de glicose, antes de sua fermentação, estes valores bem como os de resíduo fibroso são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5:** Rendimento de resíduos fibroso e açúcar total.

<b>Amostra</b>	<b>Resíduo Fibroso (%)</b>	<b>Açúcares redutores (g/100g)</b>
<b>Amostra 1</b>	27,13	2,43
<b>Amostra 2</b>	29,52	2,27
<b>Amostra 3</b>	29,24	2,35
<b>Amostra 4</b>	32,52	3,65
<b>Média</b>	29,60	2,67

Na recuperação do bagaço de mandioca após a hidrólise, houve baixo rendimento do resíduo fibroso, uma vez que as hidrólises convertem parte do bagaço em açúcares solúveis (CRANSHAK et al. 2011). As quatro amostras apresentaram rendimentos próximos em relação ao resíduo fibroso, tendo uma média de 29,60.

Em relação ao teor de açúcares redutor, a A4 destacou-se como esperado, visto que a mesma apresentou um teor de 68% de amido, obteve-se, portanto 3,65 g/100g de açúcares após o processo de hidrólise/sacarificação, segundo Gonçalves (2007), o cálculo de produção de álcool se baseia no valor teórico correspondente à reação de produção a partir da glicose, ou seja, 180 gramas de glicose produzem 92 gramas de álcool etílico. No caso do acesso branco cujo teor médio de glicose é de 26,4%, o volume de álcool corresponde (valor teórico) seria de 171 litros de álcool etílico por tonelada de mandioca.

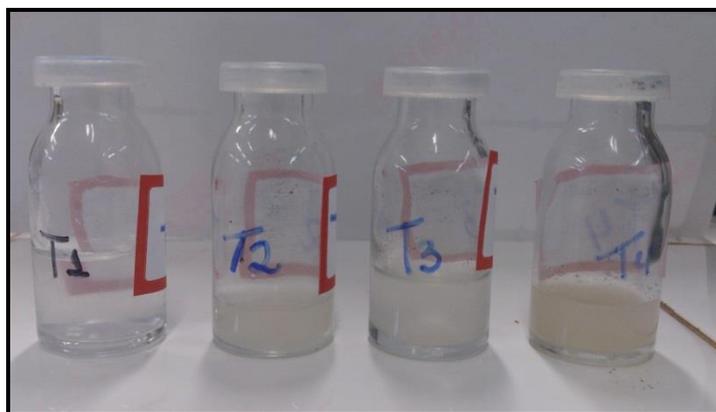
## 4.2 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO

Através da espectroscopia de infravermelho – FT-IR, foi possível de se obter as amostras que apresentaram picos elevados, com maior grau de absorbância se comparado com as demais às repetições detalhadas na Tabela 6, estas repetições foram selecionadas para destilação simples.

**Tabela 6:** Repetições selecionadas para o processo de destilação simples

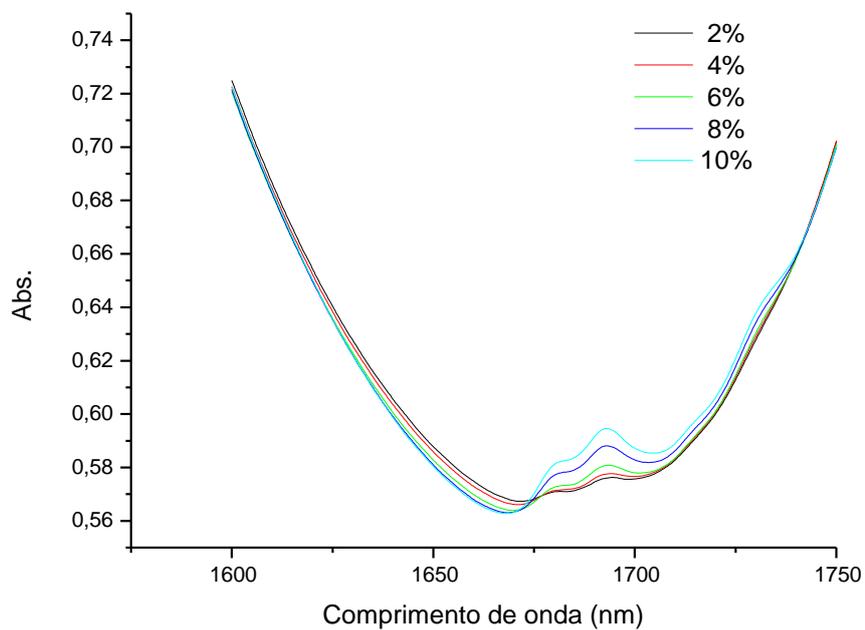
AMOSTRA	REPETIÇÃO
A1	4
A2	6
A3	2
A4	5

Após o processo de destilação as amostras foram submetidas à nova varredura no FT-IR, visando obter os espectros em relação à quantidade de etanol presente nas amostras, Figura 8.

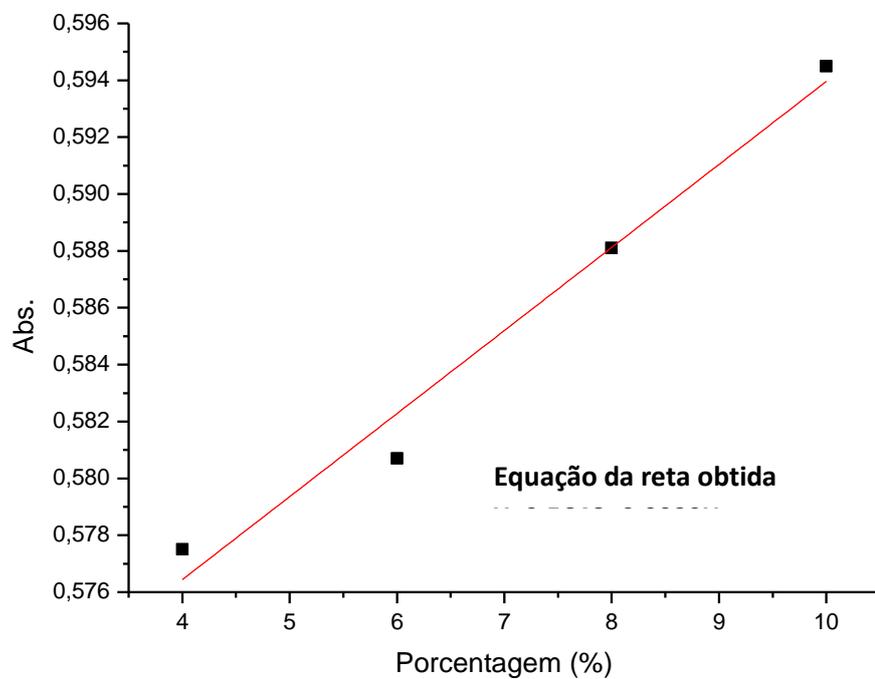


**Figura 8:** Bioetanol após o processo de destilação.

Para a análise das amostras destiladas, fez-se necessário levantar uma curva padrão, utilizando 2%, 4%, 6%, 8% e 10% de álcool absoluto, conforme se pode observar na Figura 9. Na curva padrão desprezou-se a solução de 2% pois ela está próxima do limite de detecção, necessitando de cubetas de maior caminho ótico.

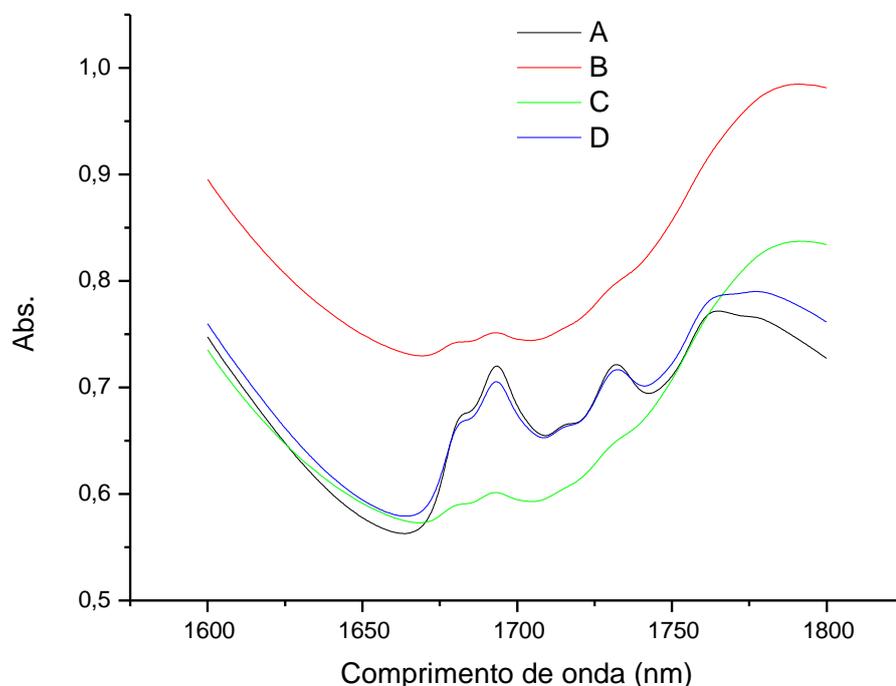


**Figura 9:** Gráfico com o espectro de absorção das soluções padrão de etanol em água



**Figura 10:** Gráfico com a absorbância em 1693nm versus porcentagem de etanol em água

Para se obter o desvio padrão das amostras realizou-se em duplicata a análise do tratamento quatro. O percentual de etanol presente nas quatro amostras destiladas foi obtido através de nova análise espectrofotométrica, conforme Figura 11.



**Figura 11:** Gráfico com os espectros de absorção das soluções A, B,C e D para as soluções destiladas a 10 % do volume.

Amostra quatro; B – Amostra três; C – Amostra um; D – Amostra dois.

A1: Amostra Fecularia Amidos mundo novo; A2: Fecularia Lar; A3: MCR Amidos; A4: Horizonte Amidos.

As amostras foram destiladas com 10% de concentração, utilizando apenas 5 ml dos 50 ml, As soluções A1, A2 e A4, estão com linha base próximas às soluções padrões podendo ser analisadas utilizando a reta ajustada fornecendo concentrações da A1 de 1,26%, A2 4,85% e A4 de 5,33% A solução da amostra A4 apresentou uma linha base muito diferente da solução padrão sendo que sua análise se torna difícil, mas pela comparação espectral entre a solução da A3 e A1 espera-se que estejam com concentrações próximas entre si, obtendo-se um valor aproximado de 1,2% para A3. Desta forma as amostras que apresentaram maior quantidade de etanol no material destilado foram as amostras A2 e A4, tendo respectivamente 2,4 ml e 2,65 ml de etanol em 5 ml de solução, já o tratamento um apresentou um valor de 0,63 ml de etanol.

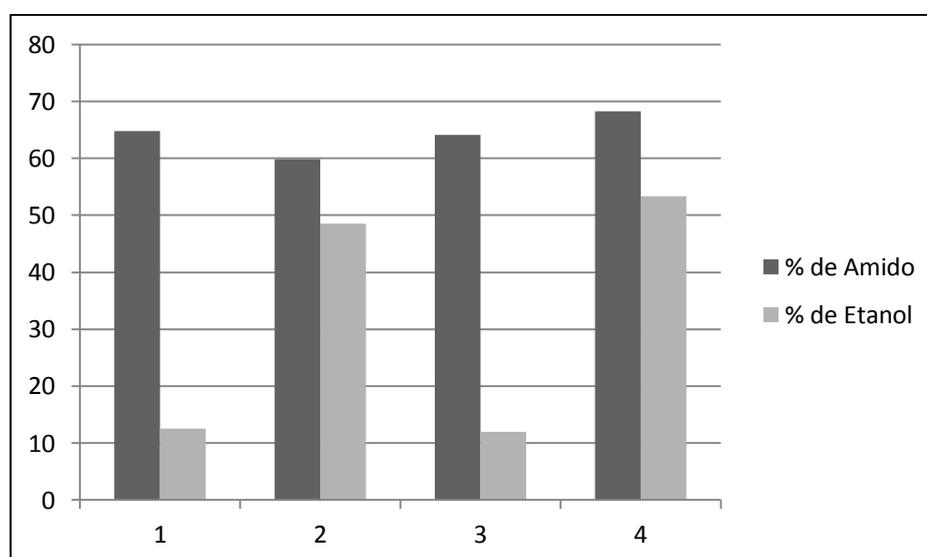
Os valores obtidos de etanol estão diretamente relacionados à quantidade de amido presente nas amostras, como se pode verificar na Tabela 7, pode-se destacar que

na A2 houve uma maior eficiência na produção de etanol se comparado com a A1 e A3, considerando o percentual de amido.

**Tabela 7:** Percentual de amido em relação à produção de etanol

<b>Tratamento</b>	<b>% de Amido</b>	<b>% de Etanol</b>
<b>Amostra 1</b>	64,80	12,60
<b>Amostra 2</b>	59,90	48,50
<b>Amostra 3</b>	64,10	12,00
<b>Amostra 4</b>	68,30	53,30
<b>Média</b>	64,28	31,60
<b>Desvio Padrão</b>	2,99	19,38

A relação entre o percentual de amido e o percentual da produção de etanol está expresso na Figura 12, pode-se observar que os valores variam de acordo com a amostra. Verifica-se nas amostras A1 e A3 um rendimento inferior aos demais.



**Figura 12:** Relação entre % amido e % etanol.

A A4 apresentou maior conversão de etanol, tendo 5,3%, o que pode ser considerado pouco abaixo dos valores descritos por outros autores, como cita Camilli (2010), onde em processo de produção de etanol a partir da polpa da mandioca obteve 7,86%. Esta oscilação de valores está diretamente relacionada aos diferentes processos que as amostras foram submetidas, desde a eficiência das centrífugas até o modelo de armazenamento. Estas variáveis possibilitam que se perca parte de amido, visto que as

amostras apresentaram teores de acidez, concluindo, portanto, que parte deste amido foi convertido em ácidos orgânicos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro das condições experimentais trabalhadas, os resultados obtidos permitiram concluir que o farelo da mandioca apresentou um teor de amido com uma média de 64%, tornando esta matéria prima interessante para o processo de produção de etanol de segunda geração.

A concentração do etanol apresentou uma variação entre as amostras, tendo como concentração máxima de 5,3% de etanol; onde as amostras foram destiladas a uma concentração de 10x. Desta forma o farelo de mandioca caracterizou-se como uma potencial matéria prima para a produção do etanol, tornando-o interessante para a ampliação da matriz energética utilizando biomassa residual, porém, destacasse ser de fundamental importância o levantamento econômico do processo enzimático demonstrando a viabilidade do processo.

Contudo foi possível utilizar este coproduto da agroindústria de mandioca para a conversão a etanol por *Sacharomyces Cerevisiae* em escala de bancada; porém, o experimento apresentou oscilação de valores quando comparados, visto que, as amostras apresentaram características físicas e de armazenamento distintas, ocasionando assim, com que houvesse a perda de amido, aumentando a quantidade de ácidos orgânicos, decorrendo um aumento da acidez nas amostras, desta forma, sugere-se que o material a ser utilizado seja coletado na saída das centrifugas e imediatamente serem congelados ou utilizados, considerando suas características perecíveis, evitando assim a perda de amido e contribuindo para que não ocorra a redução no potencial desta biomassa.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAM – Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. Estatística de Produção. Disponível em: < <http://www.abam.com.br/estatisticas-producao.php> > Acesso em 21 de jun. 2015.

ABRAHÃO, J. J. DOS S. et al. Características de carcaças e da carne de tourinhos submetidos a dietas com diferentes níveis de substituição do milho por resíduo úmido da extração da fécula de mandioca. **R. Bras. Zootec**, v. 34, n. 5, p. 1640–1650, 2005.

ADEBOWALE, K. O.; LAWAL, O. S. Effect of annealing and heat moisture conditioning on the physicochemical characteristics of Bambarra groundnut (*Voandzeia subterranea*) starch. **Nahrung - Food**, v. 46, n. 5, p. 311–316, 2002.

ADEOTI, O. Water use impact of ethanol at a gasoline substitution ratio of 5% from cassava in Nigeria. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 7, p. 985–992, 2010.

ALMEIDA, D. DE. Espectrometria de Massas. p. 1–5, 2004.

ALMEIDA, R. R. DE. Estudo do Bagaço de Mandioca, Nativo e tratado com alfa amilase e amiloglucosidase, por meio de técnicas termoanalíticas. 2009.

BASSO, T. O. Melhoramento da Fermentação Alcoólica em *Saccharomyces cerevisiae*. p. 21–136, 2011.

BRINGHENTI, L. Qualidade do Álcool Produzido a partir de Resíduos amiláceos da Agroindustrialização da Mandioca. 2004.

CAMILI, E. A. Parâmetros operacionais do processo de produção de etanol a partir da polpa de mandioca. 2010.

CEPEA. Produção de raiz volta a aumentar e preços têm fortes quedas. v. 48, p. 8836–8837, 2015.

CEREDA, M. P. Caracterização, usos e tratamentos de resíduos da industrialização da mandioca. **Botucatu: Centro de Raízes Tropicais**, 1996.

CINELLI, B. A. Produção de etanol a partir da fermentação simultânea à hidrólise do amido granular de resíduo agroindustrial. p. 183, 2012.

CRANSHAK, J. A. et al. Caracterização Físico-Química De Bagaço De Mandioca in Natura E Após Tratamento Hidrolítico. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, p. 427–441, 2011.

DEL BIANCHI, V. L. Balanço de massa e de energia do processamento de farinha de mandioca em uma empresa de médio porte do Estado de São Paulo. **Balanços de massa e energia do processamento de farinha de mandioca em uma empresa de médio porte do Estado de São Paulo**, 1998.

DEMIATE, I. M. et al. Características viscoamilográficas de amidos de mandioca

quimicamente modificados. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 11, n. 1, p. 7–17, 2005.

FIORETO, A. M. C. **Viabilidade de cultivo de Trichosporon sp. em manipueira**. [s.l.] Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu. Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”(UNESP).[Links], 1987.

FRANCO, C. M. L. et al. **Propriedades gerais do amido**. [s.l: s.n.].

GONÇALVES, R. S. et al. Produção de etanol a partir da hidrólise ácida do amido da mandioca. **Simpósio Estadual de Agroenergia 1ª Reunião Técnica Anual de Pesquisa de Agroenergia**, p. 4, 2007.

LEITE, R. C. DE C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos estudos-CEBRAP**, n. 78, p. 15–21, 2007.

LEONEL, M. et al. Aproveitamento do resíduo da produção de etanol a partir de farelo de mandioca, como fonte de fibras dietéticas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, p. 241–245, 1999.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Uma nova proposta de uso para o farelo de mandioca. **Bol. França-Flash Meio Amb. Agric**, n. 13, p. 1–2, 1997.

LORENZI, J. O.; VALLE, T. L. A variedade de mandioca de mesa mais cultivada no Estado de São Paulo. **Campinas-SP: Instituto Agrônomico de Campinas (IAC)**, 2002.

NEVES, V. J. M. DAS. Uso do Resíduo da Produção de Farinha de Mandioca (Crueira) na Produção de álcool fino. **Faculdade De Ciências Agrônomicas Campus De Botucatu**, p. 90, 2004.

NIGAM, P. S.; SINGH, A. Production of liquid biofuels from renewable resources. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 37, n. 1, p. 52–68, 2011.

ORDONEZ, I. A. C.; CABELLO, C. Utilização dos resíduos do processamento de mandioca para produção de bio-etanol na alimentação de aves. **Congresso Brasileiro de Mandioca**, p. 969–975, 2009.

OTSUBO, A. A.; FARIAS, A. R. N. Cultivo da Mandioca na Região Centro-Sul do Brasil. 2002.

PACHECO, T. F. Produção de Etanol: Primeira ou Segunda Geração? 2011.

PAES, C. L. Embrapa avalia novas fontes para produzir etanol. 2012.

PANDEY, C. R. ET. AL. Biotechnological potential of agro- industrial residues: II Cassava bagasse. **Bioresour. Technol**, v. 74, p. 81–87, 2000.

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.

RAUPP, D. D. S. et al. Arraste via fecal de nutrientes da ingestão produzido por bagaço de mandioca hidrolisado. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 235–242, 2002.

RAUPP, D. S. et al. Composição e propriedades fisiológico - nutritivas de uma farinha rica em fibra insolúvel obtida do resíduo fibroso de fecularia de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, p. 205–210, 1999.

SAGRILO, E. et al. Effect of harvest period on the quality of storage roots and protein content of the leaves in five cassava cultivars (*Manihot esculenta*, Crantz). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. March, p. 295–305, 2003.

SAITO, I. et al. Produção de etanol a partir de hidrolisado obtido por tratamento hidrotérmico de farelo de mandioca. **Revista Energia na Agricultura**, v. 21, p. 34–44, 2006.

SALLA, D. A et al. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca ( *Manihot esculenta* Crantz ). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 333, n. 68, p. 444–448, 2010.

SALLA, D. A. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho. 2008.

SAMMES, N. **Fuel Cell Technologies : State and Perspectives**. [s.l: s.n.].

SILVA, G. D. O. DA et al. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 188–197, 2006.

SILVA, D. V et al. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. **Planta daninha**, v. 30, n. 4, p. 901–910, 2012.

SOUZA, L. G. A. DE. Redes de inovação em etanol de segunda geração. p. 215, 2013.

SRINORAKUTARA, T. et al. Approach of cassava waste pretreatments for fuel ethanol production in Thailand. **J. Sci. Res. Chula.**, v. 31, n. 1, p. 77–84, 2006.

URBANO, L. H.; SUMAN, P. A.; LEONEL, M. Rendimento De Processo De Produção De Etanol a Partir De Manipueira. **XIII Congresso Brasileiro de Mandioca**, p. 778–782, 2009.

WOSIACKI, G.; CEREDA, M. P. Valorização de resíduos do processamento de mandioca. **Agrarian Science and Engineering**, v. 8, n. 1, p. 27–43, 2002.

CEREDA, M.P. **Caracterização, usos e tratamentos de resíduos da industrialização da mandioca**. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, 1996.

## **ANEXOS**

## ANEXO A



**RELATÓRIO DE ENSAIOS** Nº 00251102

---

**SOLICITANTE**

Nome: Unicele - Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
 CPF/CNPJ: 78.680.337/0002-65 Estado: PR  
 Cidade: Cascavel  
 Telefone: (48)3220-3000  
 Responsável: Não informado

---

**AMOSTRA/ITEM ENSAIADO**

Produto: Tubetes - T 1  
 Data Recebimento: 19/11/2015 Hora Recebimento: 15:00  
 Marca: N.I. Solicitação: N.I.  
 Local de Coleta: N.I. Coletor: Solicitante  
 Data Fabricação: N.I. Lote: N.I.  
 Nº Registro: N.I. Validade: N.I. Turno: N.I.  
 Data Coleta: N.I. Hora Coleta: N.I. Área Coleta: N.I.  
 Temp. Coleta: N.I. °C Temp. Recebimento: N.I. °C Integridade: N.I.  
 Informações adicionais: N.I.

Data Ensaio: 19/11/2015 Data Conclusão: 20/11/2015

---

**ENSAIOS**

Ensaio (Código)	Resultado	Unidade	Metodologia
FQ010 Açúcares redutores em glicose	2,43	g/100g	IN 20 MAPA

N.I. - Dados não informados pelo Solicitante. SFC - Unidade Fiscalizadora de Cálcio. ND - Não Detectado. Em - Embrasil.  
 \* Os resultados de todos os ensaios à análise analítica e a reprodução do documento só podem ser impressos e dependentes da aprovação por escrito do laboratório emite e de acordo.  
 \* O laboratório não é responsável pelo estado, os resultados são referentes às amostras coletadas pelo cliente.

Metodologia de Metodologia  
 MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa Nº 20, de 21 de julho de 2009. (Disposta na Metodologia Analítica  
 Fisco-Química para Controle de Produtos Químicos e seus Ingredientes - Sol e Sólidos, Diário Oficial da União, Brasília - DF, 27 de julho de 2009, Seção 1, p. 91)

45 3222.0076  
 www.lanali.com.br  
 lanali@lanali.com.br  
 Rodovia BR-467, KM 110, Cascavel-PR.

  
 Claudia Maria do Silva  
 Técnica em Alimentos  
 CRQ/PR 09202319

Página 1 de 1  
 em 20/11/2015 às 09:25:02



## ANEXO C



## RELATÓRIO DE ENSAIOS

Nº 00251104

---

### SOLICITANTE

Nome: Unioeste - Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
 CPF/CNPJ: 76.690.337/0002-65  
 Cidade: Cascavel Estado: PR  
 Telefone: (45)3225-3000  
 Responsável: Não Informado

---

### AMOSTRA/ITEM ENSAIADO

Produto: Tubetes - T 3  
 Data recebimento: 19/11/2015 Hora Recebimento: 15:00  
 Marca: N.I. Solicitação: N.I.  
 Local de Coleta: N.I. Coletor: Solicitante  
 Data Fabricação: N.I. Lote: N.I.  
 Nº Registro: N.I. Validade: N.I. Termo: N.I.  
 Data Coleta: N.I. Hora Coleta: N.I. Área Coleta: N.I.  
 Temp. Coleta: N.I. °C Temp. Recebimento: N.I. °C Integrado: N.I.  
 Informações adicionais: N.I.

Data Ensaio: 19/11/2015 Data Conclusão: 20/11/2015

---

### ENSAIOS

Ensaio (Código)	Resultado	Unidade	Metodologia
FQ010 Açúcares redutores em glicose	2,35	g/100g	IN 20 MAPA

---

N.I.: Dado(s) não informado(s) pelo solicitante. U.F.C.: Unidade Funcional do Colégio. N.D.: Não Detectado. Est.: Estivado.  
 \* Os resultados são relativos somente à amostra analisada e a precisão da determinação do resultado só pode ser atingida mediante a aprovação por escrito do laboratório e/ou do cliente.  
 \*\* O laboratório não é responsável pela coleta, as responsabilidades referentes à coleta são atribuídas ao cliente.

Instituto de Metodologia:  
 25955 - Avenida da Agricultura Pecuária e Pecuária - Setor de Apoio Agropecuária - Instrução Normativa Nº 20, de 21 de julho de 1990. Cláusula de Validade: Análise e Fatores Químicos para controle de Produtos Químicos e seus Ingredientes - São o Setor de Apoio Químico da União - Maringá-PR, 27 de Julho de 1990 - Seção 1, p. 15.

**45 3222.0076**  
**www.lanali.com.br**  
**lanali@lanali.com.br**  
**Rodovia BR-467, KM 110, Cascavel-PR.**

  
 Cláudia Maria da Silva  
 Técnica em Alimentos  
 CRQ/PR 09202319

Página: 1 de 1  
 RG LANALI: 0001-25/008

## ANEXO D



**Nº 00251105**

## RELATÓRIO DE ENSAIOS

**SOLICITANTE**

Nome: Unioeste - Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
 CPF/CNPJ: 78.680.327/0002-65 Estado: PR  
 Cidade: Cascavel  
 Telefone: (45)3220-3080  
 Responsável: Não informado

**AMOSTRA/TEM ENSAIADO**

Produto: Tubetas - T 4  
 Data Recebimento: 18/11/2015 Hora Recebimento: 15:00  
 Marca: N.I. Solução: N.I.  
 Local de Coleta: N.I. Coletor: Solicitante  
 Data Fabricação: N.I. Validade: N.I. Lote: N.I.  
 Nº Registro: N.I. Local: N.I. Turno: N.I.  
 Data Coleta: N.I. Hora Coleta: N.I. Área Coleta: N.I.  
 Temp. Coleta: N.I. °C Temp. Recebimento: N.I. °C Integrado: N.I.  
 Informações adicionais: N.I.  
 Data Ensaio: 18/11/2015 Data Conclusão: 20/11/2015

ENSAIOS			
Ensaio (Código)	Resultado	Unidade	Metodologia
FQ010 Açúcares redutores em glicose	3,65	g/100g	IN 20 MAPA

N.I. - Dados não informados pelo Solicitante. N.F.C. - Unidade Normalizada de Defesa. N.D. - Não Detectado. T.M. - Não informado.  
 \* Os resultados em tabelas anexas à análise analisada e a reprodução do documento só podem ser integradas dependendo da aprovação por escrito do laboratório emissor e do cliente.  
 \*\* O laboratório não é responsável pela coleta, as condições de transporte e a qualidade dos materiais coletados pelo cliente.

Referência da Metodologia  
 MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Serviço de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa Nº 08, de 27 de julho de 1992. Objetivos de Análises Analíticas. Título - Química para Controle de Produtos Químicos e seus Ingredientes - Se a Matéria. Serviço Oficial de União, Brasília, DF, 27 de Julho de 1992. Seção 1, p. 10.

  
 Claudia Maria do Sivo  
 Técnico em Alimentos  
 CRQ/PR 05707319

45 3222.0076  
 www.lanali.com.br  
 lanali@lanali.com.br  
 Rodovia BR 467, KM 110, Cascavel-PR.