



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE DUAS CULTIVARES DE BATATA-
DOCE VISANDO O RENDIMENTO DE ETANOL NAS CONDIÇÕES DO
TOCANTINS**

Aluno: Amanda Souza e Silva

Orientador: Márcio Antônio da Silveira
Coorientadora: Solange Aparecida Ságio

**PALMAS – TO
2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE DUAS CULTIVARES DE BATATA-
DOCE VISANDO O RENDIMENTO DE ETANOL NAS CONDIÇÕES DO
TOCANTINS**

Aluno: Amanda Souza e Silva

Orientador: Márcio Antônio da Silveira

Coorientadora: Solange Aparecida Ságio

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Agroenergia (Sistemas de produção e melhoramento de culturas visando à produção de biocombustíveis).

**PALMAS – TO
2017**

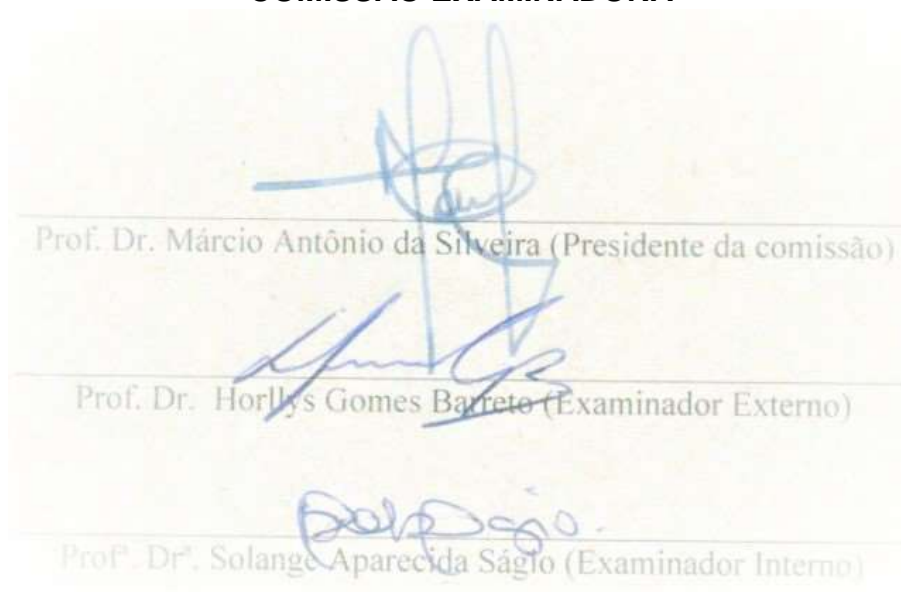


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE DUAS CULTIVARES DE BATATA-
DOCE VISANDO O RENDIMENTO DE ETANOL NAS CONDIÇÕES DO
TOCANTINS**

ALUNO: Amanda Souza e Silva

COMISSÃO EXAMINADORA



Data da Defesa: 05/05/2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S586a Silva, Amanda Souza e .
AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE DUAS CULTIVARES DE
BATATA- DOCE VISANDO O RENDIMENTO DE ETANOL NAS
CONDIÇÕES DO TOCANTINS. / Amanda Souza e Silva. – Palmas, TO, 2017.
46 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
Agroenergia, 2017.

Orientador: Márcio Antônio da Silveira

Coorientadora : Solange Aparecida Ságio

1. Biomassa. 2. Etanol combustível . 3. Amido. 4. Batata-doce . I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DEDICATÓRIA

Com muito carinho, dedico aos meus pais Amarildo e Alvina, pela compreensão, apoio e contribuição para minha formação como mestre.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me abençoado, dando força e coragem nos momentos mais difíceis e saúde para chegar até aqui.

A minha família, em especial meus pais Amarildo e Alvina que são meus exemplos e minha base, e ao meu irmão Evandro pelo companheirismo.

A Universidade Federal do Tocantins pela oportunidade de qualificação.

Aos docentes do programa de mestrado em Agroenergia que me acompanharam nessa longa caminhada, em especial aos Profs. DSc Márcio Antônio da Silveira e Solange Aparecida Ságio, pela orientação, amizade, confiança e incentivo, que possibilitaram a realização deste trabalho.

A equipe do Laboratório de Sistemas de Produção de Energia a partir de Fontes Renováveis (Lasper) em nome das técnicas Giani Raquel e Marysa Guedes pela dedicação e esforço durante análises em laboratório.

Ao colaborador da UFT Wesley Rosa de Santana por me passar muito conhecimento, pela amizade e momentos de risadas.

Aos funcionários terceirizados da UFT, em especial o Raimundo Caldeira, pelo apoio e força nos trabalhos de campo, e pela disposição em todo momento que precisei.

Ao técnico Douglas Martins por me ajudar nas análises do coproduto.

Aos amigos do mestrado, em especial Julianne Cutrim, Frederico Almeida e Felipe Alves pelo companheirismo, momentos de estudo e paciência.

Aos amigos que me ajudaram na colheita da batata-doce sem medir esforços no sol de Palmas, sendo eles Thierry Pereira, Thigor Garcia, Pedro Barreto, Guilherme Melo e Pedro Cajueiro.

Aos amigos que fiz nesse período em nome do Matheus Araújo e Hellylson, que foram fundamentais por terem me tirado de casa e me proporcionado momentos incríveis, por me acolherem em casa com muito carinho, fazendo parte de cada momento nessa caminhada.

A Bruna Aguiar que mesmo a distância não deixou de me apoiar e incentivar, principalmente por ter passado pela mesma tortura chamada mestrado.

A Capes pela bolsa de estudos.

Meus sinceros agradecimentos. Amo todos vocês!

SILVA, A. S. **Avaliação da produtividade de duas cultivares de batata-doce visando o rendimento de etanol nas condições do Tocantins**. 2017, 45p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO.

RESUMO

A batata-doce apresenta uma ótima produção de biomassa para obtenção de álcool combustível, sendo assim foi estabelecido um programa de melhoramento genético voltado para o aumento da biomassa de raízes tuberosas e de teores de amido. Os objetivos deste trabalho foram analisar o teor de amido, o coproduto e o etanol hidratado combustível de duas cultivares (Amanda e Duda). O experimento foi conduzido em campo utilizando delineamento inteiramente casualizado representados por 2 cultivares (Amanda e Duda) de forma aleatória. As cultivares Amanda e Duda são decorrentes do programa de melhoramento genético da Universidade Federal do Tocantins no campus de Palmas, voltadas exclusivamente para a indústria de etanol, adaptadas as condições do Tocantins. A colheita realizou-se sete meses após o plantio gerando dados de amido a partir da farinha, de lipídios, proteínas, fibra bruta e cinzas a partir do coproduto do processo de obtenção de etanol e da qualidade do etanol hidratado combustível obtido com a destilação. Obteve resultados no qual a cultivar Amanda apresentou cerca de 3,33% de teor de amido a mais do que a cultivar Duda; O coproduto da cultivar Amanda apresentou melhores resultados em relação a cultivar Duda, quando se diz respeito aos teores de proteína, fibra bruta, lipídios e cinzas; O etanol produzido apresenta valores dentro do estabelecidos pela resolução Nº 19/2015 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para as características físico-químicas.

Palavras-chave: Biomassa, etanol combustível e amido.

SILVA, A. S. **Evaluation of the productivity of two sweet potato cultivars for the ethanol efficiency in the conditions of tocantins.**2017, 45p. Dissertation (Master in Agroenergy) Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO.

ABSTRACT

The sweet potato presents an excellent production of biomass to obtain alcohol fuel, thus establishing a breeding program aimed at increasing the biomass of tuberous roots and starch contents. The objectives of this work were analyzed in the starch content, the co-product and the hydrous ethanol fuel of two cultivars (Amanda and Duda). The experiment was conducted in the field using a completely randomized design with two cultivars (Amanda and Duda) randomly. As cultivars Amanda and Duda are results of the breeding program of the Federal University of Tocantins, not Campus de Palmas, focused on an ethanol industry, adapted as Tocantins conditions. The harvest was carried out seven months after the plan generating starch data from flour, lipids, proteins, crude fiber and ashes from the coproduct of the ethanol process and the quality of the hydrous ethanol fuel obtained with the distillation. It obtained results for which cultivar Amanda presented about 3.33% of starch content to more than one cultivar Duda; The cultivar Amanda showed better results in relation to the Duda cultivar, when the protein, crude fiber, lipids and ash contents were used; Ethanol produced values within the established by Resolution No. 19/2015 of the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP) for the physico-chemical characteristics.

Keywords: Biomass, ethanol fuel and starch

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação e origem dos genótipos de batata-doce utilizados no experimento. Palmas - TO, 2017.....	10
Tabela 2 - Relação dos parâmetros e métodos físico-químicos analisados	19
Tabela 3 – Avaliação do teor de amido de duas cultivares de batata-doce nas condições do Tocantins.....	20
Tabela 4 - Análise de variância do teor de proteína do coproduto das cultivares Amanda e Duda	21
Tabela 5 - Interação tratamentos x blocos	22
Tabela 6 – Análise de variância do teor de fibra bruta do coproduto das cultivares Amanda e Duda	22
Tabela 7 - Interação tratamentos x blocos	23
Tabela 8 – Análise de variância do teor de lipídios do coproduto das cultivares Amanda e Duda	24
Tabela 9 - Interação tratamentos x blocos	24
Tabela 10 – Análise de variância do teor de cinzas do coproduto das cultivares Amanda e Duda	25
Tabela 11 - Interação tratamentos x blocos	25
Tabela 12 – Comparativo dos resultados dos parâmetros físico-químicos do etanol de batata-doce e de cana-de-açúcar, conforme os limites estabelecidos pela Resolução N° 19/2015 da ANP	26
Tabela 13 – Resultado de análise de etanol de batata-doce	32
Tabela 14 – Resultado de análise de etanol de cana-de-açúcar	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cultivar Amanda.....	10
Figura 2 – Cultivar Duda.....	11
Figura 3 - Plantio da batata-doce na área experimental da UFT. Palmas - TO, 2016	12
Figura 4 - Colheita da batata-doce na estação experimental da UFT. Palmas -TO, 2016	13
Figura 5 - Farinha da batata-doce	14
Figura 6 - Espectrofotômetro NIR 900.....	15
Figura 7 - Coproduto da produção de etanol de batata-doce	15
Figura 8 - Usina piloto de processamento automatizado de produção de etanol a partir da batata-doce. LASPER/UFT, Palmas - TO	18
Figura 9 - Micro-usina de processamento automatizado de produção de etanol a partir da batata-doce no LASPER/UFT, Palmas - TO	18
Figura 10 – Produtos adquiridos a partir do amido proveniente da batata-doce .	21

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações

ANOVA - Análise de Variância

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ASTM - American Society for Testing and Materials

CV - Coeficiente de variação

EHC - Etanol Hidratado Combustível

FV - Fonte de variação

GL - Graus de liberdade

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LACAUT - Laboratório de Análises de Combustíveis Automotivos

LASPER - Laboratório de Sistema de Produção de Energia a partir de Fontes Renováveis

NBR - Normas Brasileiras

QM - Quadrado Médio

t - tonelada

t/ha - Tonelada por hectare

UFT - Universidade Federal do Tocantins

v/v - volume/volume

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 GERAL.....	3
2.2 ESPECÍFICOS.....	3
3 REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1 BATATA-DOCE	4
3.2 AMIDO	5
3.3 ETANOL COMBUSTÍVEL	6
3.4 PRODUÇÃO DE ETANOL DE BATATA-DOCE.....	6
3.5 RESÍDUO DA BATATA-DOCE APÓS A PRODUÇÃO DE ETANOL	7
4 MATERIAS E MÉTODOS	9
4.1 LOCAIS DE REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	9
4.2 DESCRIÇÕES DOS GENÓTIPOS UTILIZADOS	9
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E PARCELA	11
4.3.1 Plantio	11
4.3.2 Colheita	12
4.4 PRODUÇÃO DE FARINHA DE BATATA-DOCE	13
4.4.1 Determinação dos teores de amido	14
4.5 PREPARO DO COPRODUTO PROVENIENTE DA DESTILAÇÃO DE ETANOL DE BATATA-DOCE	15
4.5.1 Teor de lipídios	16
4.5.2 Teor de proteínas	16
4.5.3 Teor de fibra bruta	16
4.5.4 Teor de Cinzas	17
4.6 PRODUÇÃO DO ETANOL.....	17
4.6.1 Análises de qualidade físico-química do etanol	18
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1 TEOR DE AMIDO	20

5.2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE PROTEÍNAS, FIBRA BRUTA, LIPÍDIOS E CINZAS.....	21
5.2.1 Proteínas.....	21
5.2.2 Fibra Bruta.....	22
5.2.3 Lipídios	24
5.2.4 Cinzas	25
5.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO ETANOL PROVENIENTE DE BATATA-DOCE E DE CANA-DE-AÇÚCAR	26
6 CONCLUSÕES.....	28
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
ANEXOS	32

1 INTRODUÇÃO

O século anterior foi marcado pelo uso intenso de fontes fósseis para a geração de energia, sem a preocupação pela possibilidade de esgotamento futuro das reservas. Além disso, a economia mundial se tornou extremamente dependente da demanda e da oferta dessas fontes não-renováveis de energia, sendo que se prevê ainda, um cenário de crescimento acelerado, devido a mudanças de hábitos e ao crescimento populacional (CUNHA, 2013).

Diante desse cenário, buscou-se diversas formas de energias renováveis para ponderar a demanda por petróleo, com potencial a curto e médio prazo, como a bioenergia resultante de biomassa, que vem despertado grande interesse em diversos países nos últimos anos, ganhado um papel de destaque na renovação da matriz energética mundial (ESPÍNDOLA, 2009).

O Brasil tem um grande potencial para produção de biomassa. Sendo um dos países que possui maior abundância de energia renovável do mundo, se destacando com a vantagem da capacidade de incorporar novas áreas à agricultura para geração de energia sem competir com a agricultura de alimento e com impactos ambientais limitados e socialmente aceito (BORGES et al., 2016).

Dentro deste contexto, a produção de biocombustíveis como o etanol é estratégica. Tecnologias para a produção deste biocombustível foram desenvolvidas ao longo de décadas em diversas empresas, universidades e centros de pesquisa pelo mundo (CUNHA, 2013).

A Universidade Federal do Tocantins (UFT) através de estudos realizados ao longo de 12 anos, tem mostrando o elevado potencial da batata-doce para produção de etanol.

Com a possibilidade de utilização da cultura, como fonte alternativa, foi estabelecido um programa de melhoramento genético voltado para o aumento da biomassa de raízes tuberosas e de teores de amido da batata-doce visando a produção de etanol. Em decorrência desses estudos, foram lançados cultivares com produtividades entre 32 e 65,5 t/ha de raízes tuberosas nas condições do estado do Tocantins, com rendimentos de etanol que variaram de 124 a 199 litros

de etanol por tonelada de raiz, podendo-se obter rendimentos de 4.615 a 10.467 litros de etanol por hectare no seu ciclo (SILVEIRA et al., 2014).

Desta maneira, torna-se imprescindível o conhecimento de técnicas e metodologias analíticas para a avaliação de combustíveis, de modo a comprovar a sua qualidade. Existindo ainda estudos que merecem a atenção de forma a contribuir para a inserção da batata-doce industrial na matriz bioenergética do país, como a quantidade do coproduto gerado no processo, que possui propriedades nutricionais que poderão ser usados para a produção de rações e alimentos, agregando valor à produção e conseqüentemente diminuir a poluição ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a produtividade de duas cultivares de batata-doce visando o rendimento de etanol nas condições do Tocantins.

2.2 ESPECÍFICOS

- Analisar o teor de amido das diferentes cultivares de batata-doce (Duda e Amanda);
- Avaliar o coproduto proveniente do processo de obtenção de etanol;
- Analisar, comparativamente, a qualidade do etanol hidratado combustível proveniente de batata-doce e cana-de-açúcar.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 BATATA-DOCE

A batata-doce [*Ipomoea batatas* (L) Lam] é a única espécie da família Convolvulaceae cultivada para fins alimentícios, tendo como origem a América Tropical (Cardoso, 2005). Foi levada para a Europa pelos portugueses e espanhóis, difundindo-se posteriormente para os demais continentes, sendo que atualmente é cultivada em 111 países com 84% da produção na Ásia, 12,7% na África, 2,6% nas Américas, 0,6% na Oceania e 0,1% na Europa. A China destaca-se como o maior produtor mundial (3.685.254 t) atingindo produtividade média de 23,1 t/ha (CASTRO, 2011). Na América do Sul o Brasil é o principal produtor de batata doce, sendo que a mesma é cultivada em quase todo território nacional. Segundo o IBGE (2013) a produção nacional foi de quase 545 mil toneladas em 2011.

A planta é herbácea, caule rasteiro, longo, ramificado, flexível e cilíndrico. As folhas podem ser inteiras ou recortadas, em função de variedades, e formadas ao longo dos ramos. A sua raiz principal pode atingir até 90 centímetros de profundidade, enquanto que outras raízes secundárias são mais superficiais e absorvem ativamente os nutrientes do solo. Algumas dessas raízes secundárias passam a armazenar nutrientes da planta, aumentam de diâmetro e transformam-se em raízes tuberosas, comumente denominadas de batatas. A planta é perene, mas cultivada como anual, porque a colheita de batatas é feita 100 a 115 dias após o plantio de ramos, para variedades precoces, e 140 a 170 dias, para variedades de ciclo longo. As flores são hermafroditas, isto é, têm os dois sexos na mesma flor e podem produzir sementes. As sementes de batata-doce não têm importância para produção comercial, mas é de grande importância aos pesquisadores para a obtenção de novas variedades. Existem variedades com polpa branca, amarela, rosada, roxa e alaranjada. A polpa de cor alaranjada está relacionada diretamente ao teor de betacaroteno, precursor da vitamina A. A batata-doce se desenvolve e produz bem em condições de clima quente e não tolera geada e regiões de clima frio. A propagação de plantas é feita através de ramos, principalmente as mais

novas, por apresentarem maior vigor, melhor estado sanitário e maior produção de batata. As mudas podem ser obtidas a partir de brotos de batatas ou de ramas da lavoura comercial. Recomenda-se o plantio de mudas de boa qualidade, livres de doenças e pragas (APHORTESP, 2009).

3.2 AMIDO

O amido é obtido a partir de fontes renováveis, como cereais, raízes, tubérculos, frutas e legumes, sendo estocado e biossintetizado pelas plantas na forma de grânulos de tamanhos variáveis, que dependem da fonte (SOUZA; ANDRADE, 2000), vem sendo usado ao longo da evolução não somente como reserva para a própria planta, mas também como uma das mais importantes fontes de energia para a cadeia alimentar em diferentes ecossistemas (ZEEMAN apud AMARAL, 2007). É a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana, representando de 80 a 90% de todos os polissacarídeos consumidos, destacando-se como o principal responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados (WALTER; SILVA; EMANUELLI, 2005).

Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina. A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas $\alpha(1\rightarrow4)$, originando uma cadeia linear. Já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em $\alpha(1\rightarrow4)$ e $\alpha(1\rightarrow6)$, formando uma estrutura ramificada (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

Para a produção de etanol a partir de uma fonte amilácea é imprescindível a hidrólise do amido, pois este não é fermentado pela levedura alcoólica. A hidrólise do polímero complexo constituinte dos grânulos de amido quebra as ligações glicosídicas progressivamente, gerando cadeias mais curtas de dextrina, maltose e glicose. No processo de conversão do amido em glicose, além de água e temperatura, existe a necessidade de catalisadores químicos ou enzimáticos capazes de catalisar a quebra das ligações glicosídicas. Para a hidrólise/sacarificação do material amiláceo podem ser utilizados três processos:

ácido, ácido-enzimático e enzimático (URBANO, 2012), sendo usual para o presente estudo o método enzimático referente a batata-doce.

3.3 ETANOL COMBUSTÍVEL

O etanol é uma substância leve, fácil de ser obtido e composta por um único tipo de molécula (C_2H_5OH), que se mistura facilmente com água e com a grande maioria dos líquidos de baixo peso molecular (CHAVES, 2013).

O Brasil e os EUA são atualmente os maiores produtores e consumidores mundiais de etanol. Nos EUA, o etanol é produzido a partir do milho apenas na forma anidra, sendo usado principalmente na mistura com a gasolina até o percentual de 15% em volume (E15) para veículos exclusivamente a gasolina. No Brasil, o etanol é produzido a partir da cana de açúcar, sendo usado na forma anidra na mistura com a gasolina com percentuais de 18% a 25% em volume (E18 - E25). No Brasil, o etanol também é produzido em larga escala na forma hidratada, contendo de 4,0 a 4,9% v/v de água, destinado para a venda ao consumidor final nos postos revendedores (MELO, 2012).

3.4 PRODUÇÃO DE ETANOL DE BATATA-DOCE

Nos últimos anos, devido ao aumento das preocupações ambientais e crises periódicas em alguns grandes países exportadores de petróleo, o etanol combustível tornou-se um substituto viável para a gasolina. O etanol combustível utilizado hoje é produzido principalmente a partir de fontes renováveis como a cana-de-açúcar no Brasil e milho nos Estados Unidos da América. No entanto, utilizar grãos para a produção de etanol parece não ser sustentável, principalmente pelo aumento da população mundial e conseqüentemente da demanda por alimentos. Assim, o etanol deve ser produzido a partir de outras fontes (YANLING. JIN et al., 2012).

A batata-doce, uma cultura rica em amido, é uma matéria-prima promissora para a produção de etanol combustível. Estudos recentes têm demonstrado que a batata-doce pode render 2 a 3 vezes mais etanol do que o milho, aproximando-se do valor que a cana-de-açúcar pode produzir (COMIS, 2008).

No Brasil a produção de etanol de batata-doce não é tão nova. Na década de 70 pesquisadores deram início à busca para se extrair combustível dessa cultura, mas sempre se deparavam com baixa produtividade, o que na maioria das vezes inviabilizou os projetos (VITAL, 2008).

Com a observação desses entraves na utilização da cultura, foi estabelecido um programa de melhoramento genético voltado para o aumento da biomassa de raízes tuberosas e de teores de amido da batata-doce visando a produção de etanol (SILVEIRA et al., 2014).

Em decorrência desses estudos, foram lançados cultivares com alta produtividades e rendimentos de etanol. O processo de obtenção do etanol ainda resulta em uma massa rica em proteína, que pode ser usada diretamente na alimentação animal (SILVEIRA et al., 2014).

3.5 RESÍDUO DA BATATA-DOCE APÓS A PRODUÇÃO DE ETANOL

A partir da pesquisa envolvendo a produção do álcool de batata-doce por Silveira et al. (2014), foi que se iniciaram estudos visando o aproveitamento da significativa quantidade do resíduo gerado no processo. Pensando no aproveitamento deste, atualmente pode-se sugerir a elaboração de diversas composições de rações para alimentação animal. Os testes preliminares indicaram que esse resíduo apresenta propriedades nutricionais que sustentam essa utilização, o que pode proporcionar uma fonte de renda valiosa para o produtor que, frente ao usineiro, poderia negociar o retorno do resíduo a sua propriedade para uso na alimentação animal. Para a usina também pode ser interessante, pressupondo-se o uso do resíduo como moeda de troca.

O processo de produção de etanol da batata-doce via fermentação úmida, origina 2 coprodutos: resíduo úmido, resíduo seco. O resíduo úmido é formado por um material de coloração marrom claro que prevalece na forma de um líquido

denso. Esse material é basicamente combinado de fibras lignificadas, fibras solúveis, material nitrogenado, sais minerais, diminutas concentrações de etanol e água, podendo ser utilizado diretamente para alimentação fluida de ruminantes; já o resíduo seco possui a mesma composição qualitativa do resíduo úmido, distinguindo-se deste, quantitativamente, apenas em relação aos conteúdos de etanol residual e de umidade. Após ser seco e triturado, possui aparência de um farelo, sendo esta uma importante característica físico-química para quando se pensar nas condições necessárias à formulação e armazenamento de uma ração.

4 MATERIAS E MÉTODOS

4.1 LOCAIS DE REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

O plantio foi conduzido no dia 01 de abril de 2016 na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins-UFT, Campus Universitário de Palmas (220 m de altitude, 10°10'S e 48°21'O) em um Latossolo Vermelho Amarelo-distrófico com o acompanhamento do colaborador Wesley Santana do LASPER/UFT e mão de obra de três funcionários da Universidade.

O estado do Tocantins encontra-se sob domínio climático tropical semiúmido, tendo por característica uma estação de quatro a cinco meses com estiagem, normalmente entre os meses de maio a outubro. A temperatura média anual é de 26°C e a precipitação tem 1.581 mm de média anual. O clima recebe a classificação de AW – Tropical de verão úmido e período de estiagem no inverno, de acordo com a classificação de Koppen. O mês de janeiro se caracteriza por ser o mais chuvoso e agosto o mais seco. Apresentando dessa forma condições climáticas favoráveis ao plantio.

As análises laboratoriais foram inicialmente realizadas no Laboratório de Sistema de Produção de Energia a partir de Fontes Renováveis (LASPER) localizado na área experimental da UFT, campus de Palmas-TO e com continuidade no Laboratório de análises de combustíveis automotivos (LACAUT), campus universitário de Curitiba-PR.

4.2 DESCRIÇÕES DOS GENÓTIPOS UTILIZADOS

Foram avaliados dois genótipos de batata-doce industrial, provenientes do programa de melhoramento genético do LASPER/UFT, sob a coordenação do Prof. DSc. Márcio Antônio da Silveira (Tabela 1).

Tabela 1 - Relação e origem dos genótipos de batata-doce utilizados no experimento. Palmas - TO, 2017.

Cultivar	Genótipo	Origem	Registro
1	Amanda	UFT	22593
2	Duda	UFT	22598

Fonte: Boletim Técnico: A cultura da batata-doce como fonte de matéria prima para produção de etanol

Sendo que os cultivares de batata-doce selecionados são voltados especificamente para indústria de etanol, adaptadas as condições do Tocantins.

De acordo com Silveira et al. (2014) suas características são:

Amanda: Possui película externa branca e polpa creme, com teor médio de amido de 24,4 %. Possui ciclo precoce (120 até os 150 dias), com raízes alongada, oval, redonda e desuniforme. A produtividade média no Tocantins é de 46,7 t/ha, proporcionando um rendimento de 141,24 litros de etanol por tonelada de raiz e uma produtividade de 6.595 litros de etanol/hectare;



Figura 1: Cultivar Amanda

Fonte: Do autor (2016).

Duda: Possui película externa roxa e polpa branca, com teor médio de amido de 24,4 %. Possui ciclo tardio (180 dias), com raiz irregular, alongada, redonda e muito desuniforme. Produtividade média no Tocantins de 65,5 t/ha proporcionando rendimento de 161,04 litros de etanol por tonelada de raiz e uma produtividade de 10.467 litros de etanol/hectare.



Figura 2 – Cultivar Duda
Fonte: Do autor (2016).

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E PARCELA

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado representados por 2 cultivares (Amanda e Duda) de forma aleatória.

A parcela experimental foi representada por dimensão de 35 x 32 m (cumprimento x largura), com 3.045 plantas com espaçamento de 40 cm entre planta e 90 cm entre leiras.

4.3.1 Plantio

O preparo da área experimental foi feito com uma aração e uma gradagem de forma a preparar o terreno, planificá-lo e torná-lo apto ao recebimento das culturas. As leiras foram construídas com espaçamentos de 90 cm e com aproximadamente 30 cm de altura.

As recomendações de adubação para a cultura da batata-doce específica para solos do estado do Tocantins foram baseadas de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo boletim técnico “a cultura da batata-doce como fonte de matéria

prima para produção de etanol” produzido por Silveira et al. (2014), mas reajustado para as exigências do solo da área experimental da UFT. Assim, foram utilizados 320 kg/há de adubo 5-25-15, 250 kg/há de sulfato de amônio e 1,0 L/há de herbicida pré-emergente Gamit. Não havendo necessidade da utilização de inseticidas.

No plantio foram utilizadas partes do caule (ramas) da batata-doce, retiradas de plantas matrizes provenientes do programa de melhoramento genético da UFT, com a utilização de tesoura de poda. Foram transplantadas uma rama por cova, sendo que cada rama possuía cerca de 30 cm, contendo de cinco a seis entrenós, retiradas das partes mais novas do caule, até cerca de 60 cm da extremidade, enterrando-a manualmente a uma profundidade aproximada de 10 cm.

Foram realizadas capinas manuais em todo período do experimento.



Figura 3 - Plantio da batata-doce na área experimental da UFT. Palmas - TO, 2016.
Fonte: Do autor (2016).

4.3.2 Colheita

A colheita foi efetuada no dia 30 de novembro 2016, com uma média de 7 meses após o plantio. Foram coletadas todas as raízes produzidas na parcela para as análises.



Figura 4 - Colheita da batata-doce na estação experimental da UFT. Palmas -TO, 2016.
Fonte: Do autor (2016).

4.4 PRODUÇÃO DE FARINHA DE BATATA-DOCE

Foi utilizada a metodologia de Savelli et. al. (1995), onde as raízes depois de lavadas foram fatiadas em um ralador industrial automático. O material resultante foi disposto em bandejas para a secagem em estufa com circulação e renovação a 55°C, durante 72 horas. A farinha foi obtida mediante a moagem do material desidratado em multiprocessador, e as partículas de menor tamanho foram selecionados numa peneira de malha de 200 mm.



Figura 5 - Farinha da batata-doce.
Fonte: Do autor (2017).

4.4.1 Determinação dos teores de amido

Após a produção da farinha, foi determinado o teor de amido nas raízes de batata-doce que seguiram os parâmetros da espectrofotometria, utilizando o espectrofotômetro de infravermelho próximo, NIR 900 PLS, marca FEMTO. Os espectros correlacionados serão obtidos através de referência interna com placa de teflon, uma fonte de luz de filamento de tungstênio e monocromador com rede de difração contínua. A aquisição dos espectros foi dada no modo de refletância difusa ($\log 1/R$) na faixa de 1100 – 2500 nm com varreduras ocorrendo de 5 em 5 nm, através do software FemWin 900. A farinha da batata-doce foi acondicionada na cubeta do aparelho, sendo realizadas suas leituras e lançadas na curva padrão. Sendo as avaliações realizadas em triplicata.



Figura 6 - Espectrofotômetro NIR 900.
Fonte: Do autor (2017).

4.5 PREPARO DO COPRODUTO PROVENIENTE DA DESTILAÇÃO DE ETANOL DE BATATA-DOCE

O coproduto úmido obtido após a destilação foi colocado em estufa com circulação de ar a 55°C durante 72 horas para secagem, segundo a metodologia proposta por Silveira et al. (2014), e após seco, foi triturado em um multiprocessador industrial para dar início as análises.



Figura 7 - Coproduto da produção de etanol de batata-doce.
Fonte: Do autor (2017).

4.5.1 Teor de lipídios

Pesou-se 3g de coproduto de batata-doce em papel de filtro e amarrou-se colocando dentro de um cartucho no interior do aparelho Soxhlet, previamente desengordurado e seco. Foi colocado hexano dentro do rebolier até cobrir o cartucho utilizando um extrator de óleos e graxas, modelo MA 044/8/50 a 105°C por 4 horas. Secou-se os rebolier em estufa modelo 420-4D a 105°C até atingir peso constante (A.O.A.C.,1995).

4.5.2 Teor de proteínas

A determinação de proteína foi realizada pelo método Macro Kjeldahl utilizando 1 g de amostra. Utilizou-se em cada amostra 5 g da mistura catalítica de sulfato de zinco e sulfato de cobre na proporção de 1/1. Adicionou-se 20 mL de H₂SO₄ a 37% e colocou em um bloco digestor modelo MA-541 a 420°C por 4 horas. Após a digestão adicionou-se 20 mL de água destilada e em um digestor de nitrogênio modelo MA-036, adicionou-se 50 mL de NaOH a 40%, acoplado ao digestor foi colocado em um Erlenmeyer de 125 mL com 15 mL de ácido bórico a 4% e 3 gotas do indicador Tashiro. Titulou-se com solução de HCl a 0,1 N, e utilizou-se o fator de correção 6,25 para o cálculo de proteína (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

4.5.3 Teor de fibra bruta

Para o teor de fibra bruta pesou-se 1g da amostra seca e desengordurada, colocou-se em um saco de tecido de TNT, digeridas com H₂SO₄ a 1,25% e com NaOH a 1,25% utilizando o digestor de fibras modelo MA-444/CI a 90°C. Após a digestão as amostras foram secas em estufa a 105°C por 12 horas e pesadas. (A.O.A.C, 1995).

4.5.4 Teor de Cinzas

Na determinação de cinzas foi pesado 5g da amostra em cadinho de porcelana previamente seco a 105°C por 6 horas, previamente aquecida em forno mufla a 550°C por 5 horas, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. No qual as cinzas apresentaram coloração acinzentadas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

4.6 PRODUÇÃO DO ETANOL

Para a produção de etanol, as raízes (Amanda e Duda) ao chegar do campo, foram lavadas para remover as impurezas e processadas em triturador para formar uma massa ralada. Essa massa foi transferida para o biorreator e adicionou-se água na proporção 1:1 (massa ralada/água), sob agitação. Quando a temperatura do meio atingiu 60°C foi adicionado a enzima liquidificante α -amilase Termamyl 120L, produzida pela empresa Novozymes. O aquecimento foi gradual até 90°C e a temperatura mantida por 1h30min. O meio hidrolisado foi resfriado e o pH ajustado para a faixa de 3,5 a 5,5. A sacarificação foi realizada adicionando enzima Amiloglicosidade AMG 300L, também fabricada pela empresa Novozymes, quando o meio atingiu 60°C. O meio hidrolisado foi resfriado para 30°C. Nesta fase o °Brix foi quantificado e adicionado água, até o Brix ficar inferior a 13°. Finalizado esta diluição, o fermento de panificação *Saccharomyces cerevisiae* da marca Fleischmann Royal foi inoculado numa concentração de 10 g/L de meio hidrolisado. Nesta concentração de inóculo, o tempo de fermentação tende a durar 24h. Finalizados estes processos, obtive o álcool hidratado a 70°GL através da destilação.



Figura 8 - Usina piloto de processamento automatizado de produção de etanol a partir da batata-doce. LASPER/UFT, Palmas – TO.
Fonte: Do autor (2017).

A redestilação foi feita na micro-usina até atingir a graduação de 95°GL.



Figura 9 - Micro-usina de processamento automatizado de produção de etanol a partir da batata-doce no LASPER/UFT, Palmas – TO.
Fonte: Do autor (2017).

4.6.1 Análises de qualidade físico-química do etanol

Determinou-se a qualidade do etanol de batata-doce obtido, bem como do etanol de cana-de-açúcar proveniente de um posto de gasolina localizado em Palmas – TO, através dos métodos de análise das propriedades físico-químicas

mais relevantes estabelecidas para a comercialização de Etanol Hidratado Combustível (EHC) em todo território nacional através da resolução Nº 19/2015 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), conforme a tabela a seguir:

Tabela 2 - Relação dos parâmetros e métodos físico-químicos analisados

Parâmetro	Método
Teor de etanol	ASTM D5501 – 12 [€] 1
Cor	PEA. 05 REV. 13
Aspecto	PEA. 05 REV. 13
Massa específica a 20 °C	NBR 5992 – 08
Teor alcóolico	NBR 5992 – 08
Condutividade	NBR 10547 – 16
pH	NBR 10891 – 13
Acidez total	NBR 9866 – 12
Teor de água	NBR 15531 – 16

Fonte: resolução Nº 19/2015 da ANP.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os experimentos foram conduzidos em triplicata e os resultados avaliados pela análise de variância (ANOVA) utilizando o software Assistat. Os efeitos dos tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e quando necessário, transformados usando a \sqrt{x} .

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 TEOR DE AMIDO

Na tabela 3 apresenta a produtividade (t/há), amido (%) e rendimento de etanol (Litros/ton) de duas cultivares de batata-doce (Amanda e Duda). A produtividade foi expressa segundo Silveira et al. (2014), a média do teor de amido (%) foi obtido através do espectrofotômetro de infravermelho próximo NIR 900 PLS, e o rendimento de etanol (Litros/ton) foi calculado diante da produtividade e do amido.

Tabela 3 – Avaliação do teor de amido de duas cultivares de batata-doce nas condições do Tocantins.

Cultivares	Produtividade (t/há)	Amido (%)	Rendimento de Etanol (L/ton)
Amanda	46,70	26,84	177,14
Duda	65,50	23,51	155,17

Fonte: Do autor (2017).

De acordo com a análise da tabela 3 pode-se observar que quanto maior o teor de amido presente na batata-doce maior será a quantidade de etanol produzido em litros por tonelada de raiz.

A relação entre o teor de amido presente na batata-doce com a produtividade por hectare impacta no volume total de rendimento de etanol.

Contrariando resultados expressos por Silveira et al. (2014) que alcançou 21,4% de amido em Amanda e 24,4% em Duda, neste estudo Amanda superou Duda, por ter sido plantadas em um solo com alguns anos de produção da mesma cultivar e sem manejo adequado, fazendo com que se esgotasse nutrientes que cada planta necessita para o seu crescimento normal e com taxas esperadas.

A molécula de amido é importante na indústria, pois cerca de mil produtos acabados são originados do mesmo, destinados a diversas utilizações industriais nas áreas agro-alimentar, papelreira, química, de medicamentos, têxtil, metalúrgica, petrolífera, de construção civil, entre outras. A indústria de alimentos utiliza o amido como ingrediente básico dos produtos ou aditivos para melhorar a fabricação, a

apresentação e a conservação dos produtos (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

Pensando de forma alternativa dentro da indústria, o amido pode ser explorado e utilizado como nas usinas de cana-de-açúcar, na qual se produz etanol e açúcar de acordo com a necessidade do mercado e valor econômico. Uma indústria de fonte amilácea pode-se funcionar produzindo etanol e outros produtos derivados do amido, como glicose, açúcar invertido, farinha, tapioca, bioplástico, agregando valor econômico ao processo (Figura 10).



Figura 10 – Produtos adquiridos a partir do amido proveniente da batata-doce.
Fonte: Do autor (2017).

5.2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE PROTEÍNAS, FIBRA BRUTA, LIPÍDIOS E CINZAS

5.2.1 Proteínas:

Tabela 4 - Análise de variância do teor de proteína do coproduto das cultivares Amanda e Duda

FV	GL	SQ	QM	Teste F
Tratamentos	1	286,1629	286,1629	1545,6640**
Blocos	2	2,3765	1,1883	6,4183*
Tratamentos x Blocos	2	4,7979	2,3989	12,9575**
Resíduos	12	2,2217	0,1851	
Total	17	295,5590		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Tabela 5- Interação tratamentos x blocos

Tratamento	Blocos		
	B1	B2	B3
Amanda	19,04 aA	16,91 aB	18,24 aA
Duda	9,88 bA	10,27 bA	10,12 bA

Médias com letras iguais, minúsculas para colunas e maiúscula para linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. DMS para colunas = 0.7651; DMS para linhas = 0.9365. C.V. (%) = 3.06.

A análise de variância para a proteína do coproduto das cultivares Amanda e Duda, mostrou que houve diferença estatisticamente significativa a 1% pelo teste de Tukey entre os tratamentos, sendo as médias entre cada tratamento foram de 18.06% e 10.08% respectivamente comprovando que as cultivares tem características diferentes, mas com destaque para a cultivar Amanda que apresentou maior teor de proteína. Houve também diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os blocos, no qual o bloco 3 não se difere estatisticamente do bloco 1 e do bloco 2, mas o bloco 1 e o bloco 2 são estatisticamente diferentes. Isto implica dizer que não há uniformidade dos resultados entre os blocos.

O coeficiente de variação determinado foi de 3.06%, considerado baixo, o que implica dizer que a confiabilidade dos resultados analisados para o experimento foi bastante significativa.

Segundo Salman (2011), as proteínas são nutrientes orgânicos nitrogenados presentes em todas as células vivas; portanto, são essenciais à vida de todo animal. Todos os animais necessitam receber uma quantidade de proteína e, além disso, para o homem, suínos, aves, cães entre outros, a quantidade é tão importante quanto a qualidade. O mesmo não acontece com os bovinos, ovinos e equinos. A proteína forma o principal constituinte do organismo do animal, sendo, pois, indispensável para o crescimento, a reprodução e a produção.

5.2.2 Fibra Bruta:

Tabela 6 – Análise de variância do teor de fibra bruta do coproduto das cultivares Amanda e Duda

FV	GL	SQ	QM	Teste F
----	----	----	----	---------

Tratamentos	1	16,62722	16,62722	16,3885 **
Blocos	2	0,80290	0,40145	0,3957 ns
Tratamentos x Blocos	2	22,87308	11,43654	11,2723 **
Resíduos	12	12,17480	1,01457	
Total	17	52,47800		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Tabela 7- Interação tratamentos x blocos

Tratamento	Blocos		
	B1	B2	B3
Amanda	19,86 aA	17,65 aB	16,68 aB
Duda	14,94 bB	16,28 aAB	17,20 aA

Médias com letras iguais, minúsculas para colunas e maiúscula para linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. DMS para colunas = 1.7911; DMS para linhas = 2.1924. C.V. (%) = 5.89.

A análise de variância para o teor de fibra bruta do coproduto das cultivares Amanda e Duda, mostrou que houve diferença estatisticamente significativa a 1% pelo teste de Tukey entre os tratamentos, sendo as médias entre cada tratamento foram de 18.06% e 16.14% respectivamente comprovando que as cultivares tem características diferentes, mas com destaque para a cultivar Amanda que apresentou maior teor de fibra bruta. Não existiu diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os blocos, mostrando uniformidade dos resultados entre eles.

O coeficiente de variação determinado foi de 5.89%, considerado baixo, o que implica dizer que a confiabilidade dos resultados analisados para o experimento foi bastante significativa.

Mattos e Martins (2000) classificaram os alimentos de acordo com o seu teor de fibras: baixo (inferior a 2,4 g fibras/100 g), moderado (de 2,4 a 4,4 g fibras/100 g) ou alto (superior a 4,4 g fibras/100 g).

As fibras alimentares exercem funções gastrintestinais através de sua ação física, capacidade de hidratação e de aumentar o volume e a velocidade de trânsito do bolo alimentar e fecal. Possuem também a capacidade de se complexar com

outros constituintes da dieta por meio de vários mecanismos, podendo arrastá-los em maior quantidade na excreção fecal (RAUPP et al., 1999).

5.2.3 Lipídios:

Tabela 8 – Análise de variância do teor de lipídios do coproduto das cultivares Amanda e Duda

FV	GL	SQ	QM	Teste F
Tratamentos	1	0,08405	0,08405	6,8057 *
Blocos	2	0,18021	0,09011	7,2960 **
Tratamentos x Blocos	2	0,12403	0,06202	5,0216 *
Resíduos	12	0,14820	0,01235	
Total	17	0,53649		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Tabela 9- Interação tratamentos x blocos

Tratamento	Blocos		
	B1	B2	B3
Amanda	1,69 aA	1,45 aB	1,34 aB
Duda	1,34 bAB	1,50 aA	1,23 aB

Médias com letras iguais, minúsculas para colunas e maiúscula para linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. DMS para colunas = 0.1976; DMS para linhas = 0.2419. C.V. (%) = 7.77.

A análise de variância para a proteína do coproduto das cultivares Amanda e Duda, mostrou que houve diferença estatisticamente significativa a 1% pelo teste de Tukey entre os tratamentos, sendo as médias entre cada tratamento foram de 1,49% e 1,36% respectivamente comprovando que as cultivares tem características diferentes, mas com destaque para a cultivar Amanda que apresentou maior teor de lipídios. Houve também diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os blocos, no qual o bloco 1 e o bloco 2 não se difere estatisticamente entre si, e o bloco 3 é estatisticamente diferente dos blocos 1 e 2. O coeficiente de variação determinado foi de 7.77%, considerado baixo, o

que implica dizer que a confiabilidade dos resultados analisados para o experimento foi significativa.

5.2.4 Cinzas:

Tabela 10 – Análise de variância do teor de cinzas do coproduto das cultivares Amanda e Duda

FV	GL	SQ	QM	Teste F
Tratamentos	1	0,96142	0,96142	55,3956 **
Blocos	2	0,05103	0,02552	1,4702 ns
Tratamentos x Blocos	2	0,19888	0,09944	5,7295 *
Resíduos	12	0,20827	0,01736	
Total	17	1,41960		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

Tabela 11- Interação tratamentos x blocos

Tratamento	Blocos		
	B1	B2	B3
Amanda	7,43 aA	7,17 aA	7,44 aA
Duda	6,74 bA	6,98 aA	6,94 bA

Médias com letras iguais, minúsculas para colunas e maiúscula para linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. DMS para colunas = 0.2343; DMS para linhas = 0.2867. C.V. (%) = 1.85.

A análise de variância para a proteína do coproduto das cultivares Amanda e Duda, mostrou que houve diferença estatisticamente significativa a 1% pelo teste de Tukey entre os tratamentos, sendo as médias entre cada tratamento foram de 7,35% e 6,88% respectivamente comprovando que as cultivares tem características diferentes, mas com destaque para a cultivar Amanda que apresentou maior teor de proteína. Não existiu diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os blocos, mostrando uniformidade dos resultados entre eles.

O coeficiente de variação determinado foi de 1.85%, considerado baixo, o que implica dizer que a confiabilidade dos resultados analisados para o experimento foi bastante significativa.

Segundo Moretto et al (2002), as cinzas de um alimento é o nome dado ao resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica, assim sendo, ela é o ponto de partida para a análise de minerais específicos. Estes minerais são analisados tanto para fins nutricionais como também para segurança. Como exemplo pode-se citar os resíduos metálicos provenientes de inseticidas e outros agrotóxicos. Os processos de determinação do conteúdo de cinzas são de grande valor em alimentos.

5.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO ETANOL PROVENIENTE DE BATATA-DOCE E DE CANA-DE-AÇÚCAR

De acordo com a Tabela 5, todos os resultados das análises físico-químicas do etanol obtido a partir da batata-doce, referentes ao teor, cor, aspecto, massa específica a 20°C, teor alcoólico, condutividade, pH, acidez total e teor de água ficaram entre os limites estabelecidos pela Resolução N° 19/2015 da ANP, para Etanol Hidratado Combustível.

Ainda foi analisada uma amostra de etanol de cana-de-açúcar obtido em um posto de combustível em Palmas-TO, observando que o mesmo se encontrava de acordo com a ANP.

Tabela 12 – Comparativo dos resultados dos parâmetros físico-químicos do etanol de batata-doce e de cana-de-açúcar, conforme os limites estabelecidos pela Resolução N° 19/2015 da ANP.

Parâmetro	Cultivares Analisadas		Limite	Unidade
	Batata-doce	Cana-de-açúcar		
Teor de etanol	95,78	95,20	94,5 min	% volume
Cor	Isento de corante	Isento de corante	Não pode apresentar as colorações laranja e azul.	-
Aspecto	Límpido e isento de impurezas	Límpido e isento de impurezas	Límpido e isento de impurezas	-
Massa específica a 20° C	808,3	809,8	805,2 a 811,2	kg/m ³

Teor alcoólico	93,5	93,0	92,5 a 94,6	% massa
Condutividade	74	178	300 máx.	μS/m
pH	7,7	7,2	6,0 a 8,0	-
Acidez total	5,17	7,25	30 máx.	mg _{CH₃COOH} /L
Teor de água	6,3	7,0	7,5 máx.	% massa

Fonte: Do autor (2017).

Nos postos de combustível, o álcool hidratado é aquele vendido como etanol comum, ou apenas etanol. Esse é o mesmo tipo de álcool utilizado na produção de bebidas, alimentos, cosméticos, aromatizantes, produtos de limpeza, remédios, vacinas, entre outros produtos, mudando nesses casos o processo de pós-fabricação. No Brasil, ele é feito principalmente através da fermentação da cana-de-açúcar, mas pode ser obtido também através de outros vegetais, como milho e batata-doce, ou em processos químicos controlados em laboratório (NOVACANA, 2017).

A vantagem do etanol da batata-doce em relação ao da cana-de-açúcar se dá a todo o processo de produção até o produto final. Destacando-se assim o envolvimento da agricultura familiar, ausência de queimas, a não geração de vinhoto, rusticidade da cultura e o valor agregado ao coproduto com altíssima rentabilidade, sendo produzida em todo território brasileiro (Silveira et al., 2014).

Mesmo com o uso de tecnologias e matérias primas diferentes para a produção do etanol, batata-doce (indiretamente fermentável) e de cana-de-açúcar (diretamente fermentável), ambos atenderam os limites estabelecidos pela ANP quanto a qualidade físico-química.

Tendo em vista que a molécula de etanol é uma só (C₂H₅OH), o etanol de batata-doce produzido na estação experimental da UFT, diante dos resultados de análises comparados aos limites estabelecidos pela ANP, está apto ao uso como combustível.

6 CONCLUSÕES

A cultivar Amanda apresentou cerca de 3,33% de teor de amido a mais do que a cultivar Duda.

O coproduto da cultivar Amanda apresentou melhores resultados em relação a cultivar Duda, quando se diz respeito aos teores de proteína, fibra bruta, lipídios e cinzas.

O etanol produzido apresenta valores dentro do estabelecidos pela resolução Nº 19/2015 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para as características físico-químicas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Methods of analysis of the Association of official Analytical Chemists**. 12 ed., Washington.1995. p.1994.1094.

AMARAL, L. I. V.; GASPAR, M.; COSTA, P. M. F.; AIDAR, M. P. M.; BUCKERIDGE, M. S. Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais. **Hoehnea** v. 34, n. 4, p. 425-431, 2007.

APHORTESP. Batata-Doce. Site Aphortesp Disponível em <<http://www.aphortesp.com.br/index.php/ct-menu-item-11/12-produtos/42-batata-doce>>. Acesso em 11 mar 2017.

BORGES, A. C. P.; SILVA, M. S.; ALVES, C. T.; TORRES, E. A. ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA CONTEXTUALIZAÇÃO DA BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA//\\Renewable energy: a contextualization of the biomass as power supply. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, n. 2, 2017.

CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; RAMOS, P. A. S.; MATSUMOTO, S. N.; AMARAL, C. L. F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.911-914, 2005.

CHAVES, R. T. **Estudo do uso de misturas de etanol hidratado e gasolinas automotivas em um motor astm-cfr**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

COMIS, D. Sweet potato out-yields corn in ethanol production study. **Agriculture Research Service USDA**, 2008. Disponível: <<http://www.ars.usda.gov/is/pr/2008/080820.htm>>. – Acessado em: 25 de jan. 2017.

CUNHA, G. P. **Identificação e análise de empresas internacionais produtoras de etanol 2G**. 2013. 234 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Biocombustíveis e Petroquímica) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CASTRO, L. A. S. et al. Cultivar de batata-doce BRS-cuia. **Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul,(Documento, 352)**, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/78647/1/documento-352.pdf>>. Acesso em 10 fev. 2017.

ESPÍNDOLA, A. A. Processo de certificação do etanol brasileiro. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 13, n. 17, p. 113-130, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 4ª edição, 2005. 1020 p.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F.. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização Starch films: production, properties and potential of utilization. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. **Consumo de fibras alimentares em população adulta**. Revista de Saúde Pública, v. 34, p. 50-55, 2000.

MELO, T. C. C. **Análise experimental e simulação computacional de um motor flex operando com diferentes misturas de etanol hidratado na gasolina**. 2012. 223 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da COPPE) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ.

MORETTO, E.; FETT, R.; GONZAGA, L. V.; KUSKOSKI, E. M. **Introdução à Ciência de Alimentos**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2002, 255p.

NOVACANA. Tipos de etanol combustível. 2017. Site: NovaCana Disponível em: <<https://www.novacana.com/etanol/tipos-combustivel/>>. Acesso em: 07 abr. 2017.

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, n. 2, 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611999000200009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 01 Maio 2017.

SAVELLI, R. A.; PADUA, T. S.; DOBRZYCKI, J. H.; CAL-VIDAL, J. Análises texturométricas e microestruturais de pães franceses contendo farinha de batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 395-400, 1995.

SILVEIRA, M. A.; ANDRÉ, C. M. G.; ALVIM, T. C. I. A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de etanol. Palmas: UFT, 45 p. **Boletim Técnico**, 2007.

SOUZA, R. C. R.; ANDRADE, C. T. Investigação dos processos de gelatinização e extrusão de amido de milho. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 24-30, 2000.

URBANO, L. H. **Fermentação etanólica em mostos de hidrolisados de amido de mandioca**. Botucatu: 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP Botucatu – SP.

VITAL, N. Batatálcool. **Revista Dinheiro Rural**, n. 38, fev. 2008. Disponível em: <<http://www.terra.com.br/revistadinheirorural/edicoes/38/artigo73088-1.htm>>. Acesso em 20 fev. 2017.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, v.35, n.4, p.974-980, 2005.

YANLING JIN; YANG FANG; GUOHUA ZHANG; LINGLING ZHOU; HAI ZHAO - Comparison of ethanol production performance in 10 varieties of sweet potato at different growth stages. **Acta oecologica**, v. 44, p. 33-37, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, 2013. Disponível em <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/2013/lspa_201308.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/2013/lspa_201308.pdf)> Acesso em: 20 de fev. de 2017.

ANEXOS

Tabela 13 – Resultado de análise de etanol de batata-doce

RESULTADO DE ANÁLISE				
Parâmetro	Resultado	Limite	Unidade	Método
Teor de etanol	95,78	94,5 min	% volume	ASTM D5501 – 12 [€] 1
Cor	Isento de corante	Não pode apresentar as colorações laranja e azul.	-	PEA. 05 REV. 13
Aspecto	Límpido e isento de impurezas	Límpido e isento de impurezas	-	PEA. 05 REV. 13
Massa específica a 20 °C	808,3	805,2 a 811,2	kg/m ³	NBR 5992 - 08
Teor alcoólico	93,5	92,5 a 94,6	% massa	NBR 5992 - 08
Condutividade	74	300 máx.	µS/m	NBR 10547 - 16
pH	7,7	6,0 a 8,0	-	NBR 10891 - 13
Acidez total	5,17	30 máx.	mg _{CH₃COOH} /L	NBR 9866 - 12
Teor de água	6,3	7,5 máx.	% massa	NBR 15531 - 16

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 14 – Resultado de análise de etanol de cana-de-açúcar

RESULTADO DE ANÁLISE				
Parâmetro	Resultado	Limite	Unidade	Método
Teor de etanol	95,20	94,5 min	% volume	ASTM D5501 – 12 ^{€1}
Cor	Isento de corante	Não pode apresentar as colorações laranja e azul.	-	PEA. 05 REV. 13
Aspecto	Límpido e isento de impurezas	Límpido e isento de impurezas	-	PEA. 05 REV. 13
Massa específica a 20 °C	809,8	805,2 a 811,2	kg/m ³	NBR 5992 - 08
Teor alcoólico	93,0	92,5 a 94,6	% massa	NBR 5992 - 08
Condutividade	178	300 máx.	µS/m	NBR 10547 - 16
pH	7,2	6,0 a 8,0	-	NBR 10891 - 13
Acidez total	7,25	30 máx.	mg _{CH₃COOH} /L	NBR 9866 - 12
Teor de água	7,0	7,5 máx.	% massa	NBR 15531 - 16

Fonte: Do autor (2017).