



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

**PRODUTIVIDADE E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES DE TRÊS CULTIVARES  
DE BATATA-DOCE [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] SELECIONADAS PARA A  
PRODUÇÃO DE ETANOL**

**Aluno: Rogério Cavalcante Gonçalves**

**Orientador: Luiz Eduardo Dias**

**Co-Orientador: Igor Rodrigues de Assis**

**PALMAS – TO  
2012**



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

**PRODUTIVIDADE E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES DE TRÊS CULTIVARES  
DE BATATA-DOCE [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] SELECIONADAS PARA A  
PRODUÇÃO DE ETANOL**

**Aluno: Rogério Cavalcante Gonçalves**

**Orientador: Luiz Eduardo Dias**

**Co-Orientador: Igor Rodrigues de Assis**

**Dissertação apresentada à Universidade  
Federal do Tocantins como parte dos  
requisitos para obtenção do Título de  
Mestre em Agroenergia (Processos de  
Obtenção de Biocombustíveis e  
Avaliação do Aproveitamento de seus  
Resíduos)**

**PALMAS – TO  
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Biblioteca da Universidade Federal do Tocantins**  
**Campus Universitário de Palmas**

G635p Gonçalves, Rogério Cavalcante  
Produtividade e absorção de nutrientes de três cultivares de batata-doce  
[ipomoea batatas (L.) Lam] selecionadas para a produção de etanol / Rogério  
Cavalcante Gonçalves. - Palmas, 2012.  
63 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Tocantins; Coordenação de  
Pós-Graduação em Agroenergia, 2012.  
Orientador: Luiz Eduardo Dias  
Co-Orientador: Igor Rodrigues de Assis

1. Nutrição mineral. 2. Nível crítico. 3. Adubação. I. Dias, Luiz Eduardo. II.  
Assis, Igor Rodrigues. III. Universidade Federal do Tocantins. IV. Título.  
CDD 631.8

**Bibliotecário: Emanuele Santos**  
**CRB-2 / 1309**

**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.**



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

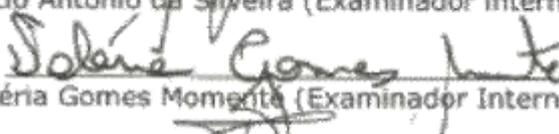
**PRODUTIVIDADE E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES DE TRÊS CULTIVARES  
DE BATATA-DOCE [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] SELECIONADAS PARA A  
PRODUÇÃO DE ETANOL**

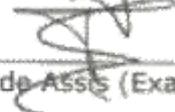
**ALUNO: Rogério Cavalcante Gonçalves**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luiz Eduardo Dias (Presidente)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Márcio Antônio da Silveira (Examinador Interno - UFT)

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Valéria Gomes Momença (Examinador Interno - UFT)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Igor Rodrigues de Assis (Examinador externo - UFV)

**Data da Defesa: 21 /09 /2012**

As sugestões da Comissão Examinadora e as Normas PGA para o formato da  
Dissertação foram contempladas

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Donizete e Silvia, meus irmãos Danilo e Natália e ao meu avô Clemente (*In memoriam*), dedico-lhes esta conquista, em especial ao meu pai Donizete Gonçalves.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e irmãos por sempre acreditar e me apoiar nas minhas decisões. Tenho orgulho em dizer que essa conquista não é minha e sim nossa. Obrigado!

A Universidade Federal do Tocantins que me oportunizou a realização do curso de Mestrado em Agroenergia e de poder fazer parte deste trabalho de pesquisa.

A coordenação do Mestrado em Agroenergia em nome do secretário Dyego, pelo apoio e estima sempre que foi solicitado.

Ao professor Dr. Luiz Eduardo Dias - UFV, pela confiança em mim depositada, pela orientação e amizade.

Ao professor Dr. Márcio Antônio da Silveira - UFT, em disponibilizar os materiais de batata-doce para a condução do experimento.

Ao professor Dr. Igor Rodrigues de Assis - UFV, pelo companheirismo e força sempre que foi solicitado, auxílio das análises laboratoriais e das análises estatísticas.

Ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa que proporcionou a realização das análises laboratoriais.

Aos professores do Programa de mestrado em Agroenergia da UFT, pela amizade e pelos ensinamentos que contribuíram para minha formação.

Aos funcionários do LASPER em nome dos técnicos Marcelo e Geane, pela amizade e auxílio nos trabalhos de laboratório.

Aos funcionários da Fenix em nome de Bento e Tiãozinho, pelo apoio e força nos trabalhos de campo.

Agradecimento incondicional ao meu pai Donizete Gonçalves, pela ajuda na colheita e pesagem dos materiais.

## RESUMO

O crescimento da demanda por energia tem pressionado o desenvolvimento de sistemas e tecnologias mais eficientes e a diversificação de fontes de suprimento, especialmente de energias limpas e renováveis. O Brasil é considerado um dos países que reúne as melhores condições para produção sustentável de etanol e com potencial de ser o maior produtor mundial. Com isso, além da cana de açúcar que já representa 18,2 % das fontes primárias de energia no Brasil, outras culturas que possam contribuir para a diversificação da matriz energética do país precisam ser estudadas. Entre as culturas amiláceas, a batata doce tem sido alvo de pesquisas há mais de uma década por parte de pesquisadores da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Fruto desses trabalhos se estruturou um programa de melhoramento genético voltado para o aumento da biomassa da batata-doce, visando à produção de etanol. Estes estudos resultaram na obtenção de cultivares com produtividades entre 32 e 65 t ha<sup>-1</sup> nas condições do estado do Tocantins e aumentos de 10 % a 15 % nos teores de amido. Vale ressaltar que o plantio de cultivares de alta produtividade não garante a otimização da produção de etanol, bem como sua sustentabilidade, onde um importante desafio consiste na necessidade de se conhecer a exigência nutricional relacionado à eficiência de absorção e manejo da adubação. Este trabalho compreendeu a condução de um experimento na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins-UFT, em Palmas, onde as cultivares de batata-doce Marcela, Amanda e Duda, obtidas a partir do programa de melhoramento genético da UFT, foram avaliadas em função de diferentes doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicados ao solo. O experimento compreendeu 33 tratamentos, dispostos em um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Aos 90 dias de cultivo foram retiradas amostras de folhas e de solo para a caracterização de teores foliares de N, P e K e da disponibilidade de nutrientes no solo. Ao final do ciclo de cultivo das cultivares, a parte aérea e raízes tuberosas das plantas foram colhidas para a caracterização da biomassa (folhas e ramas) da parte aérea, produtividade de raízes tuberosas e o teor de amido. A produtividade obtida com a testemunha absoluta (sem adubação com NPK, solo com 5 mg dm<sup>-3</sup> de de P, 145 mg dm<sup>-3</sup> de K) entre as três cultivares, a maior produtividade foi obtida com a Duda seguida

da Amanda e Marcela. De maneira geral, ao se considerar a produtividade média obtida de cada cultivar, independente das doses de nutrientes, a cultivar Marcela foi a que apresentou maior resposta à adubação, com 57 % de aumento de produtividade (de 13,6 t ha<sup>-1</sup> para 28,2 t ha<sup>-1</sup>), seguida da Amanda com 48 % (21,1 t ha<sup>-1</sup> para 40,5 t ha<sup>-1</sup>) e Duda com 30 % (33 t ha<sup>-1</sup> para 47,2 t ha<sup>-1</sup>). A maior eficiência de adubação (kg de raízes tuberosas por kg de nutriente aplicado) com nitrogênio foi obtida com a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> com a cultivar Amanda, enquanto que com fósforo e potássio com a dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> com a cultivar Duda. A produtividade e os teores de amido nas raízes tuberosas aumentaram em função do cultivar e das doses de nitrogênio, fósforo e potássio aplicados ao solo. A cultivar Duda acumulou mais nutrientes nas folhas, porém foi a que acumulou menos nutrientes nas ramas e raízes tuberosas que as demais cultivares, no entanto, foi a que apresentou maior produtividade média. A cultivar Amanda apresentou as maiores exportações de nutrientes em suas ramas e raízes. O aumento de biomassa de raízes tuberosas resultou na tendência de decréscimo na concentração de amido, indicando um efeito de diluição. As doses recomendadas de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para a cultivar Amanda foram superiores às aquelas recomendadas para as demais cultivares, enquanto que de K<sub>2</sub>O a maior dose recomendada foi para a cultivar Duda.

**Palavras-chave:** Nutrição mineral, Nível crítico, eficiência de adubação

## ABSTRACT

The growing demand for energy has pushed the development of more efficient systems and technologies and diversification of supply sources, especially renewable and clean energy. Brazil is considered one of the countries that have the best conditions for sustainable production of ethanol and the potential of being the largest producer. Thus, in addition to sugar cane which already represents 18.2% of primary energy sources in Brazil, other crops that can contribute to the diversification of the energy matrix of the country need to be studied. Among the starchy crops, sweet potato has been the subject of research for more than a decade by researchers at the Federal University of Tocantins (UFT). The result of these studies, if structured a breeding program aimed to increase the biomass of sweet potato, for the production of ethanol. These studies resulted in of cultivars with yields between 32 and 65 t ha<sup>-1</sup> under the conditions of the State of Tocantins and increases of 10% to 15% in starch. It is noteworthy that the planting of cultivars with high productivity does not guarantee the optimization of ethanol production, as well as its sustainability, where a major challenge is the need to know the nutritional requirement related to absorption efficiency and fertilizer management. This work included conducting an experiment at the Experimental Station of the Federal University of Tocantins, UFT, Palmas, where the cultivars of sweet potato Marcela, Amanda and Duda, obtained from the breeding program of the UFT, were evaluated according of different doses of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O applied to the soil. The experiment comprised 33 treatments arranged in a randomized block design with four replications. At 90 days of culture samples were taken from leaves and soil for characterization of foliar N, P and K and the availability of nutrients in the soil. At the end of the crop cycle cultivars, shoots and roots of the plants were harvested for characterization of biomass (leaves and stems) of shoot, root yield and starch content. Foliar N, P and K, obtained after 90 days of culture, showed no significant differences among cultivars. Comparing the yield obtained with the control treatment (without NPK fertilization, soil with 5 mg dm<sup>-3</sup> of P, 145 mg dm<sup>-3</sup>) among the three cultivars, the highest yield was obtained with Duda followed by Amanda and Marcela. Moreover, when considering the average yield obtained from each cultivar due to different doses of nutrients Marcela showed the

greatest response to fertilization, with 95 % productivity increase (from 14 t ha<sup>-1</sup> to 27, 3 t ha<sup>-1</sup>) followed by Amanda with 52 % (13.6 t ha<sup>-1</sup> to 22.6 t ha<sup>-1</sup>) and Duda with 28% (33.0 t ha<sup>-1</sup> to 47.0 t ha<sup>-1</sup>). The greater efficiency of nitrogen fertilization (324 kg kg<sup>-1</sup>) was obtained with a dose of 240 kg ha<sup>-1</sup> with Amanda, while phosphorus (207 kg kg<sup>-1</sup>) and potassium (224 kg kg<sup>-1</sup>) with the dose of 300 kg ha<sup>-1</sup> with the cultivar Duda. Productivity and starch content in the storage roots varied depending on the cultivar and nitrogen, phosphorus and potassium applied to the soil. Cultivar Duda accumulated more nutrients in the leaves, but that was the least accumulated nutrients in the stems and roots than the other cultivars, however, showed the highest average productivity. On the other hand, the cultivar Amanda had the highest exports of nutrients in their stems and roots. The increase of biomass of roots resulted in the tendency of decrease in starch concentration, indicating a dilution effect. The recommended doses of N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> for Amanda cultivar were higher than those recommended for other cultivars, whereas the highest dose of K<sub>2</sub>O was recommended to cultivate Duda.

**Keywords:** Mineral nutrition, critical level, fertilization

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Rendimento de etanol, demanda de nutrientes para produção de 1,0 t de raízes e colmos pelas culturas de mandioca, batata-doce e cana-de-açúcar para a produção de 100 L de etanol.....	7
Tabela 2. Consumo de energia entre culturas bioenergéticas com potencial para produção de etanol de acordo com a produção de fertilizantes	7
Tabela 3. Quantidade de nutrientes extraídos, reciclados e exportados no cultivo de três culturas utilizadas como matéria prima para a produção de etanol.....	8
Tabela 4. Recomendações de N – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> ) para a cultura da batata-doce, baseadas em faixas de disponibilidade de nutrientes no solo, segundo tabelas elaboradas para os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo .....	12
Tabela 5. Características químicas do solo da área experimental no campus da UFT em Palmas – TO .....	18
Tabela 6. Doses de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O testadas para cada cultivar de batata-doce e identificação dos respectivos tratamentos.....	20
Tabela 7. Teores médios de N, P e K nas amostras de folhas de três cultivares de batata-doce, aos 90 dias de cultivo, em função de diferentes doses de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O aplicadas ao solo .....	26
Tabela 8. Equações obtidas pela análise de regressão para os teores foliares de N, P e K nas folhas de três cultivares de batata-doce, aos 90 dias de cultivo, em função de diferentes doses de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O aplicadas ao solo .....	27
Tabela 9. Equações obtidas pela análise de regressão para os teores P e K disponíveis (Mehlich-1) no solo das parcelas de três cultivares de batata-doce, aos 90 dias de cultivo, em função de doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O aplicadas ao solo.....	28
Tabela 10. Produtividade média de raízes tuberosas, amido e eficiência de adubação de três cultivares de batata-doce, em função de diferentes doses de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O aplicadas ao solo .....	31
Tabela 11. Equações obtidas pela análise de regressão para produtividade máxima de raízes tuberosas de três cultivares de batata-doce (t ha <sup>-1</sup> ), em função em função de diferentes doses de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O aplicadas ao solo e dose recomendada (DR) de K <sub>2</sub> O e P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> para obtenção 90 % da produtividade máxima.....	33

Tabela 12. Quantidades de N, P e K acumuladas nas amostras de folhas de três cultivares de batata-doce, ao final do ciclo de cultivo, em função de diferentes doses de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O aplicadas ao solo .....	36
Tabela 13. Quantidades de N, P e K acumuladas nas amostras de ramos de três cultivares de batata-doce, ao final do ciclo de cultivo, em função de diferentes doses de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O aplicadas ao solo .....	38
Tabela 14. Quantidades de N, P e K acumuladas nas amostras de raízes tuberosas de três cultivares de batata-doce, ao final do ciclo de cultivo, em função de diferentes doses de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O aplicadas ao solo.....	40
Tabela 15. Médias de N, P e K acumuladas nas amostras de folhas, ramos, parte aérea, e raízes tuberosas e em toda a planta <sup>1/</sup> de três cultivares de batata-doce, ao final do ciclo de cultivo, em função de diferentes doses de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O aplicadas ao solo.....	41
Tabela 16. Níveis críticos de P e K disponíveis no solo e de N, P e K nas folhas das cultivares de batata-doce Marcela, Amanda e Duda, aos 90 dias de cultivo	42

## LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIACÖES

AOAC – Association of Official Analytical Chemists Official

BEN – Balanço Energético Nacional

IPC – Internacional Potato Center

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUA – Estados Unidos da América

IPC – Internacional Potato Center

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

AL - Alumínio

K – Potássio

Ca – Cálcio

K<sub>2</sub>O – Potássio

Mg – Magnésio

N – Nitrogênio

P – Fósforo

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - Fósforo

kg ha<sup>-1</sup> – quilos por hectare

g kg<sup>-1</sup> – gramas por quilo

dag kg<sup>-1</sup> – decagramas por quilo

L t<sup>-1</sup> – litros por tonelada

m – metros

MJ kg<sup>-1</sup> – Mega Joule por quilo

## SUMÁRIO

ABSTRACT .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xi
1.0 - INTRODUÇÃO .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.0 - REVISÃO LITERATURA .....	3
2.1 - Breve histórico da produção de etanol no Brasil.....	3
2.2 - Caráter renovável dos biocombustíveis .....	4
2.3 - Importância do balanço energético da produção de etanol: ênfase no gasto de energia através dos fertilizantes .....	6
2.4 - A cultura da batata-doce .....	9
2.5 - A batata-doce como cultura energética para a produção de etanol.....	11
2.6 - Exigências nutricionais e respostas à adubação na batata-doce.....	16
3.0 - MATERIAL E MÉTODOS .....	18
4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
4.1 - Teores foliares de nutrientes aos 90 dias de cultivo .....	24
4.2 - Produtividade de raízes tuberosas, eficiência de adubação e doses recomendadas de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e potássio .....	28
4.3 - Conteúdos de N, P e K acumuladas em folhas, ramas e raízes ao final do ciclo de cultivo .....	33
4.4 - Teores críticos de N, P e K nas folhas e no solo.....	41
5.0 - CONCLUSÕES.....	43
6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

## INTRODUÇÃO

O consumo e produção de energia estão calcados em fontes fósseis, o que acarreta ao meio ambiente grande quantidade de emissões de poluentes locais, gases de efeito estufa, colocando em risco o suprimento de longo prazo no planeta. É imprescindível mudar esses padrões estimulando as energias renováveis, e, nesse cenário, o Brasil apresenta condição bastante favorável em relação ao resto do mundo em virtude de suas condições edafoclimáticas privilegiadas, associado à abundância de recursos hídricos.

Segundo Masiero e Lopes (2008), não há tema mais universal que a questão dos recursos energéticos, sendo consenso entre estudiosos, autoridades, empresários e consumidores que o contínuo suprimento de energia pode propiciar um maior crescimento econômico e melhor qualidade de vida. Trabalhos acadêmicos e relatórios governamentais relacionam claramente a energia à segurança nacional e a estabilidade econômica global. O crescimento da demanda por energia tem pressionado o desenvolvimento de sistemas e tecnologias mais eficientes e a diversificação de fontes de suprimento, especialmente de energias limpas e renováveis.

O Brasil é considerado um dos países que reúne as melhores condições para produção sustentável de etanol e com potencial de ser o maior produtor mundial. Com isso, além da cana de açúcar que já representa 18,2 % das fontes primárias de energia no Brasil (BEN, 2010), outras culturas que possam contribuir para a diversificação da matriz energética do país precisam ser estudadas.

Entre as culturas amiláceas, a batata doce tem sido alvo de pesquisas há mais de uma década por parte de pesquisadores da Universidade Federal do Tocantins (UFT) (DIAS et al, 2010). Fruto desses trabalhos, Silveira et al., (2007) estabeleceram um programa de melhoramento genético voltado para o aumento da biomassa da batata-doce, visando à produção de etanol. Estes estudos possibilitaram a indicação de cultivares com produtividades entre 32 e 65 t ha<sup>-1</sup> nas condições do estado do Tocantins e aumentos de 10 % a 15 % nos teores de amido.

Esses acréscimos em produtividade tornam a cultura da batata-doce atrativa como fonte de matéria prima com o aproveitamento de amido para a

produção de etanol. O aproveitamento dessa cultura pode proporcionar geração de energia, e principalmente possibilitar a inovação tecnológica e desenvolvimento para a região norte do país.

Vale ressaltar que o plantio de cultivares de alta produtividade não garante a otimização da produção de etanol, bem como a sua sustentabilidade, onde um importante desafio consiste na necessidade de se conhecer a exigência nutricional relacionado à eficiência de absorção e manejo da adubação. Esse conhecimento torna-se uma ferramenta indispensável para se alcançar um balanço energético satisfatório, em virtude dos fertilizantes agrícolas terem enorme quantidade de energia fóssil embutida, devido os processos de extração, fabricação e transporte do mesmo. Portanto, o seu uso racional considerando a capacidade de suprimento pelo solo e a de absorção pela planta evidencia uma visão integrada, sendo um caminho seguro para a sustentabilidade ambiental, minimizando a entrada de energia fóssil no sistema através dos fertilizantes.

A partir desse cenário, evidencia-se a realização de pesquisas que permitam estabelecer critérios de recomendação de adubação para essas novas cultivares de batata-doce, sendo de grande importância para o estado do Tocantins, buscando otimizar ainda mais o processo produtivo de etanol a partir desta fonte amilácea (THUMÉ, 2010).

Assim, a presente pesquisa foi conduzida com os seguintes objetivos:

- Avaliar o efeito de doses de N, P e K sobre a produção de folhas, ramas e raízes tuberosas;
- Avaliar o efeito de doses de N, P e K na concentração de amido das cultivares Amanda, Marcela e Duda;
- Determinar a variabilidade na concentração de nutrientes em diferentes compartimentos das plantas das três cultivares em função das doses de N, P e K;

## 2.0 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Breve histórico da produção de etanol no Brasil

No final do ano 1975, o governo federal criou o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) com intuito de barrar a ameaça do aumento acentuado dos preços do barril de petróleo somado à tentativa de amenizar o colapso dos preços do açúcar, resultante da superprodução mundial, ficando conhecida como a primeira fase do Proálcool (ANDRIETTA et al., 2007; XAVIER, 2007).

Na década de 80, conhecida como a segunda fase do Proálcool, o governo brasileiro expandiu a capacidade industrial com investimento em usinas, destilarias e fábricas de automóveis, que iniciaram a fabricação de carros movidos somente a álcool. Estes veículos movidos a etanol hidratado com um teor de álcool mínimo de 92,6 % alcançaram 96 % das vendas de automóveis em 1985 (SOCCOL et al., 2005; SCANDIFFIO, 2005).

Logo depois, no ano 1984 a frota brasileira de veículos leves alimentados por etanol estava em torno de 94 %. A confiança no Proálcool começou a diminuir, devido a uma combinação de fatores, como o aumento rápido dos automóveis de passageiros movidos a álcool, a diminuição da produção de etanol causada pela baixa nos preços do etanol pago aos produtores de cana, o que gerou uma incerteza política para o programa (ROSILLO-CALLE e CORTEZ, 1998).

Na quarta fase que compreende 1990-2002, as desconfianças com o programa Proálcool continuaram refletindo de forma negativa nas vendas de carros movidos a etanol. Somado a esse descrédito, as instalações de processamento de cana de açúcar tanto para etanol como para o açúcar propiciou nesse período um melhor custo de produção do açúcar, resultando no acréscimo de 8 milhões em 1990 para 19 milhões de toneladas de produção de açúcar em 1999. (KHESHGI et al., 2000; RAMALHO e CORTEZ, 1999).

Um novo estímulo para produção de etanol acontece em março de 2003, com a introdução de veículos com a tecnologia *flex fuel*, que permitiu aos veículos leves a mistura de álcool e gasolina em qualquer proporção, dando ao consumidor maior flexibilidade de escolha a partir da diferença de preço entre os

dois combustíveis, mudando completamente a crença do consumidor em álcool combustível (XAVIER, 2007).

Para concretizar a oferta de biocombustíveis no mercado brasileiro, será necessário planejamento da produção no longo prazo, de políticas públicas de regulação do abastecimento interno e das exportações.

## **2.2 - Caráter renovável dos biocombustíveis**

As novas alternativas de fontes energéticas surgem graças a esforços de investigação, que têm sido orientados pelo aumento da demanda por biocombustíveis que se caracteriza por: a) crescente aumento do preço do barril de petróleo, sendo atualmente a principal fonte primária de energia e consequentemente ocasionando o encarecimento das matrizes energéticas de várias nações dependentes da *commodity*, gerando sérios desequilíbrios em suas balanças comerciais; b) a possibilidade de promover desenvolvimento regional sustentável através de projetos específicos para fins energéticos, podendo a expansão da utilização dos biocombustíveis trazer benefícios para o setor agrícola; e, c) capacidade de redução das emissões de gás carbônico que além do benefício em si poderá agregar valor através do mercado de carbono, uma vez que a parcela de gases não emitidos por um país poderá ser comercializada na forma de créditos a outro participante interessado em não reduzir suas emissões (MASIERO e LOPES, 2008).

A produção de biocombustíveis vem demonstrando notável expansão e interesse nos últimos anos. Fatores como a necessidade de fontes de energia de menor impacto ao meio ambiente e que tenham a capacidade de proporcionar a redução de emissões de gases de efeito estufa, a soberania em relação à segurança energética e a menor dependência de importações de petróleo em diversos países.

A Petrobras fez o anúncio recentemente de enormes reservas (extremamente profundas) de petróleo e gás na região denominada pré-sal, localizado na região entre o litoral do Espírito Santo e de São Paulo. Em contrapartida, a procura mundial de biocombustíveis, teve o seu aumento de produção rapidamente, em virtude do aumento recorde do petróleo, vendido a

mais de US\$ 140/barril. Portanto, o foco do interesse no Brasil, somado a fatores ambientais, está a estratégia da substituição da gasolina para o mercado interno, e na oportunidade excepcional de fornecimento de etanol não somente para o mercado nacional, mas, sobretudo em grande escala para o mercado internacional.

O Brasil é considerado autossuficiente no abastecimento de petróleo desde o ano de 2006 (exceto no fornecimento de óleo leve), onde o caráter eufórico de expansão da produção de biocombustíveis está alicerçado na discussão internacional sobre a mudança do clima e as tentativas do aumento da produção de energias renováveis com conseqüente diminuição de emissão de CO<sub>2</sub>, tendo em vista naturalmente à enorme subida do preço do petróleo. O Brasil possui condições edafoclimáticas favoráveis para a produção de biocombustíveis, potencial esse que certamente será útil para firmar seu lugar como futuro líder do etanol no mercado internacional (KOHLHEPP, 2010).

É importante ressaltar que a autossuficiência não é garantida no longo prazo, em decorrência da relação entre as reservas provadas e a produção atual ser na ordem de 20 anos. Os investimentos são considerados crescentes, mesmo com as novas descobertas. Ressalta-se que a autossuficiência é de ordem física e não econômica em virtude do nosso petróleo não ser de boa qualidade, sendo necessárias ainda importações (GOLDEMBERG e OSWALDO, 2007).

Esse cenário demonstra o grande interesse das empresas de petróleo na participação da produção de biocombustíveis, apresentando um “boom” internacional de investimentos nesse setor, sobretudo porque fundos e bancos de investimentos “descobriram” a produção de biocombustíveis no Brasil. (KOHLHEPP, 2010).

É evidente a expansão da produção de biocombustíveis nos últimos anos, onde os números da produção mundial saltaram de 20 bilhões de litros em 2001 para 50 bilhões de litros em 2007, enquanto a produção de biodiesel cresceu de 0,8 bilhão para 4 bilhões de litros no mesmo período (LICHT, 2008).

Intervenções de ordem política estão diretamente ligadas à alta da produção, como obrigações de percentuais mínimos de consumo e de misturas aos combustíveis fósseis, subsídios e isenções de impostos à produção, entre outras (GURGEL, 2011).

### **2.3 - Importância do balanço energético da produção de etanol: ênfase no gasto de energia através dos fertilizantes**

Os estudos de balanço energético se diferenciam de análises econômicas, pois permitem estimar a energia diretamente consumida e/ ou diretamente utilizada em um processo produtivo. Portanto, possibilitam determinar a dependência ou não de fontes de energia não renováveis que podem constituir-se como fatores limitantes no processo de produção agrícola (SALLA et al. 2009).

Avaliar os *inputs/outputs* energéticos das operações de cultivo e produção do etanol é essencial para estimar a energia que é disponibilizada para entrar no sistema, bem como, possibilitar a identificação dos pontos que causam desperdícios energéticos e os componentes que podem ser substituídos por outros de maior eficiência energética, estruturando um suporte científico à produção de energia de forma sustentável.

Considerando os macronutrientes tanto para a adubação básica como em cobertura, vários são os índices energéticos adotados, que além da energia contida no próprio fertilizante, a maioria dos autores leva em consideração os custos energéticos para a produção desses insumos (BUENO, 2002).

Esse conhecimento torna-se uma ferramenta indispensável para se alcançar um balanço energético satisfatório, em virtude dos fertilizantes agrícolas terem enorme quantidade de energia fóssil embutida, com destaque para o nitrogênio, devido os processos de extração, fabricação e transporte do mesmo,

Segundo Urquiaga et al. (2005) apenas as culturas de alta produção de biomassa e com baixa adubação nitrogenada têm apresentado balanços energéticos positivos, que poderia ser melhorado com a utilização de variedades de culturas bioenergéticas de melhor rendimento e a substituição e/ou redução da adubação nitrogenada com o uso de leguminosas como fonte de adubação verde, manejados em rotação ou consórcio.

Programas de melhoramento genético possibilitaram a obtenção de materiais com grande eficiência de utilização de nutrientes para a cultura da cana de açúcar. Infelizmente estudos com são quase inexistentes para cultura da batata-doce para a produção de etanol. Comparando-se a demanda de N, P e K

dessas culturas para obtenção de 100 L de etanol, fica evidente que batata-doce é uma cultura eficiente na utilização de nutrientes (Tabela 1).

Tabela 1. Rendimento de etanol, demanda de nutrientes para a produção de 1,0 tonelada de raízes e colmos pelas culturas de mandioca, batata doce, e cana de açúcar e produção de 100 L de etanol

Cultura	Rendimento L/t	Demanda			Nutrientes/100 L de etanol		
		N	P	K	N	P	K
		----- kg <sup>-1</sup> -----					
Mandioca	137	4,92	1,08	5,84	3,59	0,79	4,26
Batata-doce	160	2,3	0,5	3,00	1,44	0,31	1,88
Cana-de-açúcar	75	1,4	0,19	1,75	1,87	0,25	2,33

Adaptado de DIAS, (2010).

Em virtude do crescente interesse por culturas amiláceas para produção de etanol, realizou-se o balanço energético a partir de um sistema de produção de mandioca desenvolvido pela Embrapa e recomendado para pequenos e médios produtores, constando que a energia fóssil e não renovável investida no processo agrícola correspondeu a mais de 54 % do total de entrada de energia. Ressalta-se que a maior parte deste valor decorre de fertilizantes, corretivos e pesticidas. Apenas o nitrogênio responde por 38 % do gasto fóssil (SOARES et al, 2008).

Considerando os conteúdos energéticos advindo dos fertilizantes de 73,3 MJ kg<sup>-1</sup> para N (CAMPOS, 2001), 13,9 MJ kg<sup>-1</sup> para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (MERCIER, 1978) e 9,2 MJ kg<sup>-1</sup> para o K<sub>2</sub>O (SHAPOURI et al., 2002), pode-se fazer uma comparação de consumo de energia entre culturas bioenergéticas com potencial para produção de etanol (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo de energia entre culturas bioenergéticas com potencial para produção de etanol de acordo com a produção de fertilizantes

Cultura	Consumo em kg ha <sup>-1</sup>	Gasto energético MJ kg <sup>-1</sup>		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Mandioca	N- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O 85 - 170 -130	6.230,50	2.363,00	1.196,00
Milho	146 - 53 - 66	10.789,00	736,7	607,2
cana de açúcar	100 - 30 - 150	7.330,00	417,0	1.380,00

Adaptado: Soares et al. (2008), Boddey, (2008) e Salla, et al (2009).

Gazzoni et al. (2006) considera a utilização do balanço energético como o parâmetro mais adequado para definir a viabilidade técnica de um programa de bioenergia, onde o caráter positivo do balanço energético irá depender de diversos fatores, com destaque ao rendimento da cultura e do menor consumo de fertilizantes nitrogenados, que demanda grande quantidade de energia para sua produção.

No estudo de Salla e Cabello. (2010) a respeito do balanço energético da cultura da mandioca considerando a energia contida nos macronutrientes exportados e no etanol produzido, observou-se que a mandioca exporta 6.131,16 MJ ha<sup>-1</sup> de energia pelos macronutrientes para cada 184.704,9 MJ ha<sup>-1</sup> produzidos na forma de etanol, portanto 3,3 % da energia contida no etanol produzido advêm dos macronutrientes exportados. Já a cana de açúcar, para se produzir a mesma equivalência energética em etanol (184.704,9 MJ ha<sup>-1</sup>), é exportada do agroecossistema 8.430,04 MJ ha<sup>-1</sup>, ou seja, exporta 4,6 % da energia que está contida no etanol produzido. Quando observamos a cultura do milho à relação é ainda maior, sendo que para cada 11.923,73 MJ ha<sup>-1</sup> de energia exportada pelos grãos, 67.800,3 MJ ha<sup>-1</sup> são produzidas na forma de etanol. Portanto, 17,6 % do total da energia produzida pelo milho têm origem nos macronutrientes exportados do agroecossistema.

Tabela 3. Quantidade de nutrientes extraídos, reciclados e exportados no cultivo de três culturas utilizadas como matéria prima para a produção de etanol

Cultura	N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O		
	Extraídos	Reciclados	Exportados
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
Mandioca	672	453	219
Cana de açúcar	546	251	295
Milho	619	351	268

Adaptado de Salla e Cabello (2010).

Em uma análise mais focada, identificou-se que a mandioca representa o cultivo que menos exporta para a indústria os nutrientes extraídos do

agroecossistema, em virtude da quase totalidade da matéria seca de suas raízes serem constituída de carboidratos, o substrato principal de uma cultura amilácea na produção de etanol. Essa característica revela a adequação da mandioca como matéria-prima para a produção de etanol (SALLA et al., 2010).

#### **2.4 - A cultura da batata-doce**

A cultura da batata doce (*Ipomoea batatas* (L)) se encontra entre as mais importantes do mundo, ocupando o quinto lugar entre as culturas com maior produção (peso fresco) em países em desenvolvimento, depois do arroz, trigo, milho, e mandioca, sendo cultivada em mais de 100 países, sendo encontrada entre as cinco principais culturas produzidas em mais de 50 destes países. No entanto aproximadamente 90 % da produção mundial encontra-se na Ásia, 5 % na África e 5 % no restante do mundo, destacando-se a China como maior produtor mundial com 101 milhões de toneladas anuais em uma área de 4,7 milhões de hectares (IPC, 2010),

No Brasil, a Região Sul é a principal produtora de batata-doce, responsável por 48,4 % da produção, seguida pelo Nordeste e região Sudeste, com respectivamente 30,6 % e 14,2 %, com área plantada, área colhida, quantidade produzida e rendimento em kg/ha correspondendo respectivamente a 41.999 ha, 41.802 ha, 495.182 ton e 11.846 kg/ha (IBGE, 2010).

Constitui-se como uma espécie perene, contudo cultivada como anual, com ciclos médios de três a sete meses. Essa variação está ligada ao material genético, manejo, e a finalidade (mesa ou indústria) e das condições climáticas (FILGUEIRA, 2003). A necessidade hídrica durante o ciclo situa-se de 500 a 750 mm. (SOARES et al., 2002), se desenvolvendo melhor em temperaturas médias superiores a 24°C, com alta luminosidade e fotoperíodo longo (MIRANDA et al., 1995). Apresenta grande potencial de produção, sendo uma das plantas mais eficientes em quantidade de energia líquida produzida por unidade de área e tempo.

Suas características botânicas principais são: a presença de caule herbáceo, de hábito prostrado, com ramificações de tamanho, cor e pilosidade variáveis. As folhas de pecíolo longo são largas, com formato, cor e recortes

variáveis. Apesar de possuir flores hermafroditas, predomina a fecundação cruzada devido à ocorrência da autoincompatibilidade. Com a autoincompatibilidade e tratando-se de uma espécie hexaplóide, apresenta grande variabilidade genotípica e fenotípica.

As mudas, estacas, sementes botânicas, enraizamento de folhas destacadas e cultura de tecido compreendem o meio de propagação da cultura. Contudo, as ramas constituem o meio de propagação mais recomendado para as culturas comerciais por ser mais econômico (MIRANDA et al., 1995).

As raízes da batata doce se diferenciam em raízes tuberosas e adventícias com funções distintas. A de reserva ou tuberosa que constitui a parte de interesse comercial, e a absorvente ou adventícia responsável pela absorção de água e extração de nutrientes do solo. As raízes tuberosas são facilmente identificadas em decorrência de sua maior espessura e pela pouca presença de raízes secundárias, se formando desde o início do desenvolvimento da planta (SILVA et al., 2002).

O baixo nível tecnológico empregado no cultivo da batata doce, associado há falta de orientação técnica, vêm contribuindo para o declínio no mercado nacional da hortaliça, apresentando produtividade média de 11,3 t ha<sup>-1</sup>, bem abaixo do seu potencial.

A utilização da cultura da batata doce como fonte de matéria prima para produção de etanol surge como alternativa, em vista de boas perspectivas para o crescimento do setor, onde o Brasil é o segundo maior produtor mundial a partir do cultivo da cana de açúcar. Pesquisas recentes vêm destacando o potencial da cultura da batata-doce como contribuinte para a diversificação da matriz energética e inclusão social da agricultura familiar.

Consiste em uma das mais importantes culturas produtoras de amido cultivadas em todo o mundo, com teores de matéria seca variando de 21 a 30%, dos quais cerca de 80% é de amido (ZHANG e OATES, 1999). Devido à facilidade de cultivo, baixo custo de produção agrícola, alta adaptabilidade e elevado teor de amido, caracteriza a cultura da batata doce como atrativa para produção de etanol (WU e BAGBY, 1987).

## 2.5 - A batata-doce como cultura energética para a produção de etanol

Experimentos conduzidos nos EUA, como os de Jones et al. (1983) avaliando a potencial produtivo de etanol de batata-doce, utilizando as cultivares Jewel e Hi-Dry, sendo produzidos de 5.332 a 7.109 L ha<sup>-1</sup> e de 6.660 a 10.663 L ha<sup>-1</sup> de etanol, respectivamente. Contudo, estes autores reforçaram a adoção de cultivares com maiores teores de matéria seca, como alternativa para se aumentar os rendimentos de etanol. Kim & Hamdy (1985) obtiveram para a batata-doce cultivar Georgia Red (23,6 % de matéria seca e 21,4 % de amido) produtividade de 30,8 t ha<sup>-1</sup> de raízes, o equivalente a 4.032 litros de etanol por hectare. Ziskaa (2009) com experimentos conduzidos no norte, centro e sul do estado Alabana, concluiu através de seus resultados que a batata doce é um candidato viável para a produção de etanol.

A produção de etanol de batata doce não é recente no Brasil. Desde os anos 70 pesquisadores já buscavam desenvolver um combustível dessa cultura, mas sempre se deparavam com baixa produtividade, o que inviabilizava os projetos (VITAL 2008).

De acordo com esses entraves, 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<sup>-1</sup> de raízes tuberosas nas condições do estado do Tocantins, com rendimentos de etanol que variam de 124 a 199 L t<sup>-1</sup>, podendo-se obter rendimentos de 4.615 a 10.467 litros de etanol por hectare em ciclos de quatro a sete meses. 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., 2007).

Vale ressaltar que a sustentabilidade ambiental é essencial para uma cultura ser matéria prima para produção de etanol, não podendo ser avaliada apenas por seu rendimento físico. Fatores ligados ao balanço energético, como a demanda por água e nutrientes são exemplos de questões envolvidas com a sustentabilidade do sistema produtivo. Portanto, se torna inevitável a comparação com a cana-de-açúcar, cujo universo de pesquisas é significativamente superior

ao da batata-doce, onde os programas de melhoramento possibilitaram a obtenção de materiais com grande eficiência de utilização de nutrientes. Em contrapartida, a batata-doce tem sido pouco trabalhada com o objetivo de aumentar sua eficiência de utilização de nutrientes. Mesmo assim, comparando-se a demanda de N, P e K da batata-doce, mandioca e cana-de-açúcar para a obtenção de 100 L de etanol (Tabela 1), fica caracterizado que a batata-doce é uma cultura muito eficiente na utilização de nutrientes (DIAS, 2010).

Pode-se dizer que a ampliação da participação da biomassa a partir do desenvolvimento de fontes amiláceas, possibilita políticas de cunho social, ambiental e econômico em todo o território nacional. Será também uma iniciativa para promover importante aumento de novos investimentos, emprego, renda e desenvolvimento tecnológico, além de uma oportunidade para atender parte da crescente demanda mundial por combustíveis de reduzido impacto ambiental.

## **2.6 - Exigências nutricionais e respostas à adubação na batata-doce**

As exigências nutricionais de uma cultura podem ser supridas pelo fornecimento de doses equilibradas no solo, que combinadas com a época e modo de aplicação, norteiam o programa de adubação, que podem sofrer alterações em função de solo, da planta e do ambiente (SILVA, 2002). As culturas têm um potencial máximo de produtividade. Desse modo, a produtividade de um agroecossistema depende de inter-relações complexas entre plantas individuais, comunidade de plantas e meio. Além dos fatores genéticos, a produtividade de uma cultura depende das condições climáticas, particularmente da radiação solar. Essas relações de conformidade com o potencial genético manifestam-se por meio de processos fisiológicos (CONCEIÇÃO et al. 2004).

Ocorrem divergências de produtividades no cultivo da batata-doce em decorrência desses fatores, podendo ser atribuídos a fatores genéticos, como por exemplo, cultivares com pouco potencial produtivo, bem como em decorrência de níveis inadequados de disponibilidade de nutrientes, esse último como fator ambiental.

A Ausência de trabalhos regionais e partindo de recomendações existentes, tendem a seguir alguns limites práticos e levando a realização de

adubações genéricas, podendo ocasionar desbalanços de nutrientes o que pode ocasionar produtividades baixas (THUMÉ, 2010).

Tabela 4. Recomendações de N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) para a cultura da batata-doce, baseadas em faixas de disponibilidade de nutrientes no solo, segundo tabelas elaboradas para os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo

<b>Fósforo</b>	<b>Potássio</b>		
	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Alto</b>
<b>Espírito Santo</b>			
<b>Baixo</b>	20–90–100	20–90–70	20–90–40
<b>Médio</b>	20–60–100	20–60–70	20–60–40
<b>Alto</b>	20–40–100	20–40–70	20–40–40
<b>Minas Gerais</b>			
<b>Baixo</b>	60–180–90	60–180–60	60–180–30
<b>Médio</b>	60–120–90	60–120–60	60–120–30
<b>Alto</b>	60–60–90	60–60–60	60–60–30
<b>São Paulo</b>			
<b>Baixo</b>	40–100–120	40–100–90	40–100–60
<b>Médio</b>	40–80–120	40–80–90	40–80–60
<b>Alto</b>	40–60–120	40–60–90	40–60–60

Fontes: Rajj et al., 1996; Ribeiro et al., 1999; Dadalto et al., 2001

Obs: a) Aplicar todo o fósforo e metade do potássio e do nitrogênio no plantio;

b) Efetuar cobertura com nitrogênio e potássio aos 40 – 45 dias.

A batata-doce possui um sistema radicular absorvente muito ramificado, o que a torna eficiente na absorção de nutrientes. A resposta à adubação pela batata-doce depende das condições do solo. O cultivo em solos com presença de fertilidade natural de média a alta, normalmente não se identifica resposta à adubação, porém o mesmo não ocorre em solos de baixa fertilidade, onde o uso de fertilizantes minerais e orgânicos proporciona incrementos significativos na produtividade (MONTEIRO et al., 1997).

Segundo Conceição et al. (2004) ocorre uma correlação entre a matéria seca total e a produção de raízes tuberosas, identificando que produção de matéria seca teve comportamento crescente até os 90 dias após o transplante, com declínio até o final do ciclo, alcançando maiores acúmulos aos 150 dias após o transplante, resultado esse observado em duas cultivares de Batata-doce para mesa (Abóbora e Da Costa) em Pelotas-RS. A eficiência de utilização de nutriente tem sido definida como a razão entre a biomassa e a quantidade total de nutriente na biomassa (TOMAZ e AMARAL, 2008), onde a demanda de nutrientes requerida é função dos seus teores, no material vegetal bem como no total de matéria seca produzida. Em decorrência de variação de concentração e produção ser alta, as exigências minerais de diferentes espécies também o fazem. (FAQUIM, 2005).

Portanto, se torna essencial à otimização da quantidade de fertilizantes que deve ser adicionada ao solo.

A marcha de absorção das culturas proporciona considerável auxílio para os programas de adubação e o manejo de fertilizantes das lavouras, porém no Brasil, conhecimentos em relação à absorção de nutrientes e a curva de acúmulo de massa seca na cultura da batata-doce são escassos ou inexistentes (ERCHER et al., 2009). A exportação de nutrientes nos tubérculos pode ser uma ferramenta na busca de calibração das recomendações de adubação, acarretando menores perdas de nutrientes, bem como a contaminação ambiental (REIZ JÚNIOR e MONNERAT, 2001).

De acordo com Filgueira (2000) quando ocorre à aplicação eficaz de nutrientes a batata-doce responde de forma positiva. Identificando respostas para a produtividade, produção por planta e peso médio de raízes comerciais de batata-doce, em decorrência da utilização de fertilizantes. (MENDONÇA e PEIXOTO, 1991).

O uso de nitrogênio na cultura da batata doce tem que ser criterioso, em virtude de solos com alta disponibilidade desse elemento favorecer um intenso crescimento da parte aérea, em detrimento da formação de raízes tuberosas. Porém, diferentes variedades de batata-doce respondem de modo distinto à adubação de nitrogênio, podendo haver desenvolvimento de raízes em algumas, e desenvolvimento vegetativo exuberante em outras (CHAVES e PEREIRA,

1995). A diminuição da produção de raízes comerciais identificada nos níveis acima de 339 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, pode ressaltar que o excesso deste nutriente prejudicou a formação de raízes comerciais na batata-doce, em decorrência de um possível aumento na produção de massa verde e formação de raízes adventícias (EMBRAPA, 1995), havendo redução no teor de amido com o aumento dos níveis de uréia, com percentual mínimo de 57 % no nível de 460 kg ha<sup>-1</sup> (OLIVEIRA et al., 2005 a).

Os teores de amido nas raízes das plantas podem variar, entre outros aspectos, em função da adubação. Oliveira et al. (2005 a) observou redução nos teores de amido com a elevação dos níveis de uréia. Portanto, o estudo e conhecimento sobre a influência desse fator na acumulação de amido nas raízes das plantas proporcionará melhoria na qualidade e rendimento industrial do produto.

Segundo Oliveira et al. (2006 b) na dose máxima de N (200 kg ha<sup>-1</sup>) as produtividades total e não-comercial de raízes aumentaram de forma linear com incremento das doses de N adicionadas no solo, ocorrendo aumento de aproximadamente 45,2 e 12,6 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para cada quilograma de N adicionado. Na dose 154 kg ha<sup>-1</sup> se alcançou o valor máximo estimado 19,2 kg ha<sup>-1</sup> de raízes comerciais.

A dose de N em cobertura até 205,85 kg ha<sup>-1</sup> aumentou a produção de tubérculos, atingindo 833,66 g/planta, correspondente a 44,46 t ha<sup>-1</sup> (SILVA et al., 2009).

O potássio desenvolve papel metabólico na planta, com destaque para a ativação de enzimas, atuação e respiração, na síntese de proteínas, carboidratos e da ATP, na regulação osmótica, na manutenção de água na planta por meio do controle da abertura e fechamento dos estômatos (MARSCHNER, 1995), favorecendo a formação e translocação de carboidratos, condiciona equilíbrio a aplicação de nitrogênio (FILGUEIRA, 2003).

A morfologia do sistema radicular determina a absorção de potássio, o que influencia seu transporte na solução do solo em direção as raízes (ERNANI et al., 2007). Sendo assim, à medida que o sistema radicular aumenta, resultando na exploração de maior volume de solo, aumenta também a absorção de K (ECHER, 2009 a).

As hortaliças são exigentes em K disponível no solo, sendo esse o primeiro macronutriente em ordem de extração, para a maioria delas (OLIVEIRA et al., 2006), sendo considerado o nutriente mais exigido pela batata-doce, estimando que para produtividade de 30 t ha<sup>-1</sup> seja extraído 257 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (MIRANDA et al., 1987).

De acordo com Brito et al., (2006) as doses 194 e 173 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O alcançaram as máximas produtividades, total e comercial, estimadas de raízes de batata-doce, respectivamente, 14,8 e 8,4 t ha<sup>-1</sup>. Observou-se resposta à adubação potássica até a dose de 138 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com pico de produtividade de 21 t ha<sup>-1</sup>. (ECHER et al., 2009).

A batata-doce possui alta eficiência na absorção do fósforo. Mas ressalta-se que em decorrência da deficiência comum nos solos brasileiros nesse nutriente, se torna indispensável aplicar maiores quantidades do elemento na forma prontamente disponível (EMBRAPA, 1995), sendo considerado o nutriente que pode ocasionar melhores respostas para a cultura, quando aplicado corretamente (OLIVEIRA et al., 2005 b).

Oliveira et al. (2005) avaliando o efeito da adubação fosfatada e dois sistemas de plantio (uma e duas ramas por cova) obteve produção máxima de 21,6 e 23,5 t ha<sup>-1</sup> de raízes para 237 e 259 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente para uma e duas ramas por cova. Este mesmo autor observou acréscimos nos teores de amido com o aumento nos níveis de fósforo até a dose de 293 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, indicando a influência de fósforo na formação e na acumulação do amido na batata-doce.

É importante ressaltar que o conhecimento dos teores de nutrientes em vários órgãos do vegetal permite inferir sobre as exigências metabólicas desenvolvidas em cada compartimento, fornecendo base para o entendimento dessas variações e suas implicações nas respostas dos vegetais (AMARRAL, 2011).

### 3.0 – MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de dezembro 2010 a agosto de 2011 na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas (220 m de altitude, 10°10'S e 48°21'O) em um Latossolo Vermelho Amarelo-distrófico (Tabela 5)

Tabela 5. Características químicas do solo da área experimental no campus da UFT em Palmas – TO

pH CaCl <sub>2</sub>	P-rem	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	V	MO
	mg/L	mg dm <sup>-3</sup>		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					%	dag kg <sup>-1</sup>
4,18	22,7	5	145	1,59	0,51	0,5	6,1	8,72	30	2,79

P e K disponíveis extraídos com Mehlich I (Mehlich, 1978); Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol/L; Acidez potencial a pH 7,0 extraída com acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup>.

O estado do Tocantins está sob domínio climático tropical semi-úmido, caracterizado por apresentar uma estação com estiagem aproximada de quatro meses a cinco meses. Apresenta temperatura média anual de 26°C e precipitação média anual de 1.581 mm. Com essas temperaturas e índices de pluviosidade, o clima recebe a classificação de AW – Tropical de verão úmido e período de estiagem no inverno, de acordo com a classificação de Koppen. As precipitações pluviais crescentes do Sul para o Norte (1500 a 1750 mm/ano) e do Leste para o Oeste (1000 a 1800 mm/ano). O mês de janeiro se caracteriza por ser o mais chuvoso e agosto o mais seco.

O preparo da área experimental foi feito com uma aração e uma gradagem 30 dias antes do plantio. As leiras foram construídas com espaçamentos de 0,90 m e com aproximadamente 0,30 m de altura. Os nutrientes (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) foram incorporados na parte superior da leira por ocasião do plantio a aproximadamente 0,05 m de profundidade. A adubação com fósforo foi realizada integralmente no plantio e o potássio e nitrogênio parcelados igualmente em três aplicações (plantio, 30 e 60 dias após o plantio).

Foram utilizadas as cultivares Amanda, Marcela e Duda, obtidas pelo programa de melhoramento genético desenvolvido pela Universidade Federal do Tocantins, cujas características de acordo com Silveira et al., (2007) são:

- Amanda: cultivar com película externa branca e polpa creme, com teor médio de amido de 24,4 %. Possui ciclo precoce e raízes graúdas, com pesos superiores a 500 g. A produtividade média no Tocantins é de 46,7 t ha<sup>-1</sup>, proporcionando um rendimento de 141 L t<sup>-1</sup> e uma produtividade de 6.595 L ha<sup>-1</sup> de etanol;

- Marcela: é uma cultivar de película externa rosada, polpa creme, com formato irregular. Pode ser colhida com 180 dias, sendo, portanto de ciclo médio. A produtividade média obtida nos últimos cinco anos de ensaios foi de 36,80 t/ha. Ela apresenta, aproximadamente, 40,8 % de matéria seca. A produtividade mostrada foi de 147 litros de etanol por tonelada de raiz, e apresentando com isso rendimentos de 5392 litros de etanol por hectare.

- Duda: cultivar com película externa roxa e polpa branca, com teor médio de amido de 24,4 %. Possui ciclo tardio e produtividade média no Tocantins de 65,5 t ha<sup>-1</sup> proporcionando rendimento de 161 L t<sup>-1</sup> e uma produtividade de 10.467 L ha<sup>-1</sup> de etanol.

No plantio foram utilizados segmentos de ramas de aproximadamente 0,25 m, retirados de plantas matrizes da área experimental da UFT. Foi utilizada uma rama por cova enterrada manualmente a uma profundidade aproximada de 0,10 m. Aos 25 dias após o plantio, foi realizada a 1<sup>o</sup> capina manual e o remonte das leiras. As invasoras restantes na parte superior da leira foram catadas manualmente. Aos 45 e 60 dias foram realizadas respectivamente a 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> campina manual. Durante os primeiros 30 dias de cultivo as parcelas foram irrigadas conforme a demanda hídrica em função das precipitações no período.

O experimento foi montado em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, totalizando 132 parcelas decorrentes dos 33 tratamentos relativos as três cultivares de batata-doce submetidos a quatro doses de nitrogênio (0; 60; 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de N) na forma de uréia; de fósforo (0; 75, 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na forma de superfosfato triplo; e de potássio (0; 75, 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) na forma de cloreto de potássio. Com a finalidade de reduzir o número de tratamentos em relação a um esquema fatorial 3 x 3 x 4 completo, foi

utilizado um esquema determinado por uma matriz Baconiana, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O testadas para cada cultivar de batata-doce e identificação dos respectivos tratamentos

Tratamento	Identificação	Cultivar	Dose		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
1	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> -T	Marcela	0	0	0
2	N <sub>0</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Marcela	0	150	150
3	N <sub>60</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Marcela	60	150	150
4	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Marcela	120	150	150
5	N <sub>240</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Marcela	240	150	150
6	N <sub>120</sub> P <sub>0</sub> K <sub>150</sub>	Marcela	120	0	150
7	N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub>	Marcela	120	75	150
8	N <sub>120</sub> P <sub>300</sub> K <sub>150</sub>	Marcela	120	300	150
9	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>0</sub>	Marcela	120	150	0
10	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>75</sub>	Marcela	120	150	75
11	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	Marcela	120	150	300
12	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> -T	Amanda	0	0	0
13	N <sub>0</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Amanda	0	150	150
14	N <sub>60</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Amanda	60	150	150
15	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Amanda	120	150	150
16	N <sub>240</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Amanda	240	150	150
17	N <sub>120</sub> P <sub>0</sub> K <sub>150</sub>	Amanda	120	0	150
18	N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub>	Amanda	120	75	150
19	N <sub>120</sub> P <sub>300</sub> K <sub>150</sub>	Amanda	120	300	150
20	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>0</sub>	Amanda	120	150	0
21	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>75</sub>	Amanda	120	150	75
22	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	Amanda	120	150	300
23	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> -T	Duda	0	0	0
24	N <sub>0</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Duda	0	150	150
25	N <sub>60</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Duda	60	150	150
26	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Duda	120	150	150
27	N <sub>240</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	Duda	240	150	150
28	N <sub>120</sub> P <sub>0</sub> K <sub>150</sub>	Duda	120	0	150
29	N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub>	Duda	120	75	150
30	N <sub>120</sub> P <sub>300</sub> K <sub>150</sub>	Duda	120	300	150
31	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>0</sub>	Duda	120	150	0
32	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>75</sub>	Duda	120	150	75
33	N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>300</sub>	Duda	120	150	300

Cada parcela experimental foi formada por uma área de 3,60 x 4,5 m composta de cinco linhas de plantio (espaçadas de 0,9 m) contendo cada linha 12

plantas (espaçadas por 0,3 m) totalizando 60 plantas. Como parcela amostral, descartaram-se as plantas e linhas de bordadura, utilizando-se as 18 plantas centrais de cada parcela.

Aos 90 dias após o plantio, foram retiradas duas folhas totalmente expandidas e localizadas no terço médio das ramas de cada planta da área amostral. As folhas foram secas em estufa de circulação de ar forçado até peso constante, moídas, homogeneizadas e digeridas em solução nitro-perclórica (3:1) e posteriormente determinados os teores totais de, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Mn, Cu e Fe por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivelmente acoplado – ICP-OES. A determinação do teor total de N nas folhas foi realizada de acordo com método Kjeldahl (Bremner e Mulvaney, 1982). Nesta mesma oportunidade foi realizada a amostragem de solo de cada parcela sendo retiradas nove amostras simples (0-20 cm) na parte superior das leiras, para formar uma amostra composta após homogeneização e quarteamento. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Rotina de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Viçosa para a determinação dos teores de P, K, S e Zn disponíveis, trocáveis de Ca, Mg e Al, acidez potencial e matéria orgânica.

A colheita das plantas de cada parcela foi realizada aos 135,155 e 210 dias após o plantio, para as cultivares Amanda, Marcela e Duda, respectivamente. Para a caracterização dos teores foliares de N, P e K foram retiradas seis plantas, sendo duas de cada leira da parcela amostral, separando-se as ramas e as folhas. A avaliação do rendimento de massa verde da parte aérea (ramas e folhas) e a produtividade total de raízes tuberosas foram realizadas por meio da pesagem das 18 plantas da parcela amostral, convertidas em t ha<sup>-1</sup>.

As Amostras de folhas e ramas foram retiradas e pesadas em balança de precisão (0,01g) para determinação de peso fresco e posteriormente levadas para a estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 h, sendo posteriormente realizada a determinação do peso seco em balança de precisão.

Para a avaliação da biomassa de matéria seca na raiz tuberosa foi quantificada a percentagem, através da determinação de umidade, segundo a metodologia da AOAC (1975), descrita a seguir:

Primeiramente, placas de Petri foram secas a temperatura de 105°C durante 1 hora. Estas foram esfriadas no dessecador e pesadas em balança

analítica, com quatro casas de precisão. Cada placa de Petri previamente identificada recebeu 5 g de amostra fresca ralada. Depois, as placas com amostras foram colocadas em estufa com circulação de ar e com aquecimento a 105°C durante 8 horas. As mesmas foram retiradas após este período e pesadas. Novamente foram colocadas na estufa e deixadas por mais uma hora. A operação foi realizada até que o peso se tornasse constante. O manuseio das placas de Petri sempre se fez com o auxílio de uma pinça.

A quantificação da matéria seca foi efetuada pela seguinte equação:

---

O teor de amido das raízes foi determinado segundo a metodologia proposta por Savell et al. (1995), em espectrofotômetro de absorção molecular.

As amostras das raízes tuberosas foram secas, moídas e mineralizadas por digestão nitro-perclórica (3:1) para a determinação dos teores de P e K, conforme descrito para as amostras foliares. A determinação do teor total de N nas raízes tuberosas foi realizada de acordo com método Kjeldahl (Bremner e Mulvaney, 1982).

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância e análise de regressão, tendo as variáveis produtividade de raízes tuberosas, teores de nutrientes no solo e nos materiais vegetais como dependentes das doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas no solo. Os coeficientes das equações obtidas foram testados pelo teste de t ( $p = 0,05$ ).

A eficiência da adubação com N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O foi calculada a partir da fórmula:

---

Onde,

EA = eficiência de adubação (kg de raízes tuberosas por kg aplicado do nutriente – kg kg<sup>-1</sup>)

$Y_i$  = produtividade alcançada com a dose do nutriente

$Y_0$  = produtividade alcançada sem a aplicação do nutriente

$N_i$  = dose aplicada do nutriente

Os teores críticos foliares foram determinados a partir da dose recomendada para 90 % da produtividade máxima, de acordo com os modelos ajustados para produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) em função das doses de cada nutriente. A dose recomendada foi substituída nas equações obtidas para teores foliares em função das doses aplicadas de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .

Os teores críticos de P e K disponíveis no solo foram obtidos substituindo-se as doses recomendadas nas equações ajustadas para os teores disponíveis de P e K no solo, em função das doses aplicadas destes nutrientes.

## 4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Teores foliares de nutrientes aos 90 dias de cultivo

Os teores de nutrientes das folhas coletadas aos 90 dias após o plantio variaram em função dos níveis de adubação e das cultivares. Os menores teores de N para cultivar Marcela foram observados com as plantas das parcelas referente ao tratamento testemunha ( $37,1 \text{ g kg}^{-1}$ ), de P para o tratamento  $N_0 P_{150} K_{150}$  ( $2,6 \text{ g kg}^{-1}$ ), de K para o tratamento testemunha ( $13,1 \text{ g kg}^{-1}$ ). Para a cultivar Amanda, o menor teor de N foi observado para o tratamento testemunha ( $36,5 \text{ g kg}^{-1}$ ), de P para o tratamento  $N_{120}P_{150}K_0$  ( $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ ) e de K para o tratamento  $N_{120}P_{150}K_0$  ( $15,2 \text{ g kg}^{-1}$ ). Enquanto que para a cultivar Duda os menores teores foliares de N e K também foram observados para as plantas do tratamento testemunha ( $36,7$  e  $13,8 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente) e o de P para o tratamento  $N_{120}P_0K_{150}$  ( $1,8 \text{ g kg}^{-1}$ ). Por outro lado, ao se considerar os valores médios entre os tratamentos, as variações entre cultivares podem ser consideradas como de pequena magnitude, com exceção apenas para o teor foliar médio de K para a cultivar Amanda que foi cerca de 15 % superior ao observado para as duas outras cultivares (Tabela 7).

Quando se observa as variações entre os teores foliares de nutrientes podemos correlacionar com os fatores ambiental (solo e clima), planta, fonte e quantidade de fertilizante aplicado ao solo. Apesar da necessidade de se considerar efeitos de diluição e concentração do nutriente na interpretação dos resultados, o fato da padronização da época e do tamanho das folhas coletadas para comporem as amostras, tendem a diminuir este efeito.

Na literatura não consta grande volume de informações a respeito de teores que possam ser considerados normais de nutrientes nas folhas de batata-doce. Apenas para título de comparação com resultados obtidos em outras condições edafoclimáticas, os resultados obtidos de teores de N, P e K estão acima do considerado como mínimo (N  $19,6 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $P_2O_5$   $1,2 \text{ g kg}^{-1}$  e  $K_2O$   $11,7 \text{ g kg}^{-1}$ ) em 56 cultivos realizados na Índia, considerando os teores de macro e alguns micronutrientes nas folhas de batata-doce (RAMAKRISHNA et al., 2009).

Em trabalhos desenvolvidos em Palmas – TO, com as cultivares Amanda e Duda, os teores médios foliares foram (30,67 g kg<sup>-1</sup> de N, 1,55 g kg<sup>-1</sup> de P e 17,99 g kg<sup>-1</sup> de K) e (27,3 g kg<sup>-1</sup> de N, 1,31 g kg<sup>-1</sup> e 18,36 g kg<sup>-1</sup> de K), respectivamente, com as quantidades presentes no solo antes da adubação dos tratamentos de (0,8 mg dm<sup>-3</sup> de de P, 104 mg dm<sup>-3</sup> de K) (THUMÉ, 2010). No presente estudo (Tabela 7), com os mesmos tratamentos do estudo citado, se observa os teores médios foliares para a cultivar Marcela (42,6 g kg<sup>-1</sup> de N, 2,8 g kg<sup>-1</sup> de P e 16,3 g kg<sup>-1</sup> de K), cultivar Amanda (43,2 g kg<sup>-1</sup> de N, 3,01 g kg<sup>-1</sup> de P e 17, 19,7 g kg<sup>-1</sup> de K) e cultivar Duda (41,7 g kg<sup>-1</sup> de N, 2,8 g kg<sup>-1</sup> de P e 17, 16,7 g kg<sup>-1</sup> de K), com as quantidades presentes no solo antes da adubação dos tratamentos de (5 mg dm<sup>-3</sup> de P, 145 mg dm<sup>-3</sup> de K).

Tabela 7. Teores médios de N, P e K nas folhas de três cultivares de batata-doce, aos 90 dias de cultivo, em função de diferentes doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas ao solo

Cultivar	Doses			Teores foliares		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P	K
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----			----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Marcela	0	0	0	37,1	2,9	13,1
Marcela	0	150	150	39,5	2,6	12,2
Marcela	60	150	150	40,8	2,8	17,4
Marcela	120	150	150	40,2	3,2	15,4
Marcela	240	150	150	41,2	3,1	16,7
Marcela	120	0	150	44,7	2,8	17,8
Marcela	120	75	150	43,7	2,8	16,1
Marcela	120	300	150	44,7	3,1	16,7
Marcela	120	150	0	43,6	2,8	14,2
Marcela	120	150	75	40,3	2,9	14,6
Marcela	120	150	300	42,1	2,8	25,5
Média				42,6	2,8	16,3
Amanda	0	0	0	36,5	2,7	16,8
Amanda	0	150	150	38,7	2,8	20,5
Amanda	60	150	150	40,4	3,1	21,8
Amanda	120	150	150	42,2	3,0	20,8
Amanda	240	150	150	50,4	3,1	16,3
Amanda	120	0	150	42,5	1,9	17,8
Amanda	120	75	150	42,4	2,3	20,4
Amanda	120	300	150	44,9	3,4	21,6
Amanda	120	150	0	43,0	2,8	15,2
Amanda	120	150	75	46,4	3,1	19,4
Amanda	120	150	300	42,2	3,2	23,4
Média				43,2	3,01	19,7
Duda	0	0	0	37,6	2,8	13,8
Duda	0	150	150	42,7	2,8	16,8
Duda	60	150	150	45,2	3,2	15,5
Duda	120	150	150	48,0	2,8	19,6
Duda	240	150	150	56,8	2,8	15,2
Duda	120	0	150	41,8	1,8	17,2
Duda	120	75	150	42,6	2,7	19,8
Duda	120	300	150	39,0	3,2	21,4
Duda	120	150	0	38,8	2,5	10,8
Duda	120	150	75	44,1	3,1	13,6
Duda	120	150	300	41,2	2,9	20,5
Média				41,7	2,8	16,7

Em relação às equações de regressão para os teores de N, P e K nas folhas aos 90 dias, se observou que para o N e P para a cultivar Amanda e P para cultivar Marcela não houve resposta à adubação. Para o N e K foliar foi possível ajuste de equação modelo quadrático, sendo observado o mesmo para os três nutrientes foliares para a cultivar Duda. (Tabela 8).

Para as análises de regressão os teores P e K disponíveis no solo das parcelas de três cultivares de batata-doce, aos 90 dias de cultivo, em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas ao solo, foi possível ajuste de equações modelos lineares e quadráticos (Tabela 9).

Tabela 8. Equações obtidas pela análise de regressão para os teores foliares de N, P e K nas folhas de três cultivares de batata-doce, aos 90 dias de cultivo, em função de doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas ao solo

<b>Variável</b>	<b>Modelo</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Marcela</b>		
N foliar	$\hat{y} = 3,924 + 0,0049*x - 0,000018*x^2$	0,86
P foliar	$\hat{y} = \hat{y} = 2,98$	
K foliar	$\hat{y} = 1,436 - 0,0017**x - 0,000018*x^2$	0,99
<b>Amanda</b>		
N foliar	$\hat{y} = \hat{y} = 4,32$	
P foliar	$\hat{y} = \hat{y} = 3,01$	
K foliar	$\hat{y} = 1,816 + 0,0017*x$	0,99
<b>Duda</b>		
N foliar	$\hat{y} = 4,349 - 0,0002*x - 0,000004*x^2$	0,89
P foliar	$\hat{y} = 0,291 - 0,000059*x - 0,000000 *x^2$	0,94
K foliar	$\hat{y} = 1,018 + 0,007270**x - 0,000013*x^2$	0,92

\*, \*\* Coeficientes significativos a nível de 5 e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Tabela 9. Equações obtidas pela análise de regressão para os teores P e K disponíveis (Mehlich-1) no solo das parcelas de três cultivares de batata-doce, aos 90 dias de cultivo, em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas ao solo

Variável	Modelo	R <sup>2</sup>
<b>Marcela</b>		
P solo	$\hat{y} = 4,052 + 0,0380 *x$	0,88
K solo	$\hat{y} = 28,585 - 0,08006 **x + 0,00016 *x^2$	0,80
<b>Amanda</b>		
P solo	$\hat{y} = 5,129 + 0,0004*x$	0,89
K solo	$\hat{y} = 24,847 - 0,0240*x + 0,00018*x^2$	0,87
<b>Duda</b>		
Psolo	$\hat{y} = 5,055 + 0,0011**x + 0,000005*x^2$	0,99
K solo	$\hat{y} = 37,659 - 0,2877*x + 0,000943*x^2$	0,99

\*, \*\* Coeficientes significativos a nível de 5 e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

#### 4.2 - Produtividade de raízes tuberosas, teores de amido, eficiência de adubação e doses recomendadas de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O

As doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas no solo proporcionaram respostas diferenciadas de produtividade de raízes tuberosas entre as três cultivares avaliadas.

Comparando-se a produtividade obtida com a testemunha absoluta (sem adubação com NPK) entre as três cultivares, a maior produtividade foi obtida com a Duda seguida da Amanda e Marcela. Por outro lado, ao se considerar a produtividade média obtida de cada cultivar em função das diferentes doses de nutrientes, a cultivar Marcela foi o que apresentou maior resposta à adubação, com 57 % de aumento de produtividade (de 13,6 t ha<sup>-1</sup> para 27,9 t ha<sup>-1</sup>), seguida da Amanda com 48 % (21,1 t há<sup>-1</sup> para 40,5 t ha<sup>-1</sup>) e Duda com 30 % (33,0 t ha<sup>-1</sup> para 47,2 t ha<sup>-1</sup>) (Tabela 10).

As produtividades médias são superiores a 26 t ha<sup>-1</sup> e 20,8 t ha<sup>-1</sup>, para as cultivares Duda e Amanda, respectivamente (THUMÉ, 2010).

A maior produtividade verificada para a cultivar Marcela foi obtida com o tratamento N<sub>60</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub> (31,8 t ha<sup>-1</sup>). Para a cultivar Amanda, a maior produtividade (40,5 t ha<sup>-1</sup>) foi obtida com o tratamento N<sub>240</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>, enquanto que para a cultivar

Duda o tratamento  $N_{120}P_{300}K_{150}$  foi o responsável pela maior produtividade ( $47,2 \text{ t ha}^{-1}$ ). Considerando-se que a produtividade média brasileira é de  $11 \text{ t ha}^{-1}$ , os valores obtidos são bastante elevados. Admitindo-se um rendimento médio de  $160 \text{ L t}^{-1}$  no processo de obtenção de etanol (Silveira et al., 2007) a produtividade dos cultivares seria da ordem de 5.088, 6.480 e  $7.552 \text{ L ha}^{-1}$ , respectivamente para os cultivares Marcela, Amanda e Duda.

Em função de ser um cultivar de ciclo precoce (4-5 meses) a cultivar Amanda pode apresentar até dois cultivos em uma ano, o que elevaria a produtividade anual de etanol para algo em torno de  $13.000 \text{ L ha}^{-1}$ . Considerando-se a produtividade de  $87 \text{ t ha}^{-1}$  e um rendimento de  $80 \text{ L t}^{-1}$  para a produção de etanol a partir da cana de açúcar, seria necessário uma produtividade de  $162,5 \text{ t ha}^{-1}$  desta cultura para que se atinja aquele valor de produtividade de etanol apresentado pelo cultivar Amanda em um período de um ano.

Em experimentos com adubação na cultura da batata doce se obteve produtividade de  $23,52 \text{ t ha}^{-1}$ , utilizando-se  $20 \text{ t ha}^{-1}$  de esterco bovino,  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de superfosfato simples,  $68 \text{ kg ha}^{-1}$  de cloreto de potássio e com uma dose de uréia equivalente a  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (OLIVEIRA et al., 2006 b). Utilizando-se diferentes doses de  $P_2O_5$  foi com uma dose de  $210 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  na forma de superfosfato a maior produtividade alcançada  $21,6 \text{ t ha}^{-1}$  (OLIVEIRA et al., 2005 a). Em função de diferentes doses de  $K_2O$ , na forma de KCl a maior produtividade ( $14,8 \text{ t ha}^{-1}$ ) foi alcançada com uma dose de  $194 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  (BRITO et al., 2006).

De acordo com Mendonça e Peixoto (1991) se obteve respostas significativas para a produtividade de raízes comerciais da batata doce, avaliando níveis de adubação com doses de N, P e K. Segundo Phillips et al. (2005), houve incremento de raízes comerciais de batata doce até o nível de  $84 \text{ kg ha}^{-1}$ , em função de N.

Segundo Oliveira et al. (2006 b) a produtividade máxima obtida por derivada foi de  $18,7 \text{ t ha}^{-1}$  com a dose de  $210 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Os efeitos de doses de fósforo no incremento de raízes de batata doce são mais acentuados em solos de baixa fertilidade natural (SOUZA, 1990).

Os teores de amido nas raízes tuberosas das plantas variaram significativamente em função dos cultivares e das doses de nutrientes aplicados

ao solo. Para a cultivar Marcela os teores variaram de 22,7 a 27,9 dag kg<sup>-1</sup>, cultivar Amanda de 24,6 a 27,3 dag kg<sup>-1</sup> e cultivar Duda de 26,2 a 28,5 dag kg<sup>-1</sup>, com os maiores teores de amido observados no tratamento N<sub>60</sub> P<sub>150</sub> K<sub>150</sub>, para as três cultivares (Tabela 10). Estes teores são superiores aos teores médios apresentados por Silveira et al (2007) para os três cultivares, ou sejam: Marcela 22,2 dag kg<sup>-1</sup>, Amanda 21,4 dag kg<sup>-1</sup> e Duda 24,4 dag kg<sup>-1</sup>.

Quando se observa o incremento das doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O para as três cultivares ocorre uma variação com decréscimo nos teores de amido nas raízes tuberosas. De maneira geral houve tendência de redução dos teores de amido em função do aumento da produtividade de raízes tuberosas, indicando um efeito de diluição (Tabela 10).

Os teores de amido nas raízes das plantas podem variar, entre outros aspectos, em função da adubação. Oliveira et al. (2005 a) observou redução nos teores de amido com a elevação dos níveis de uréia. Portanto, o estudo e conhecimento sobre a influência desse fator na acumulação de amido nas raízes das plantas proporcionará melhoria na qualidade e rendimento industrial do produto.

A maior eficiência de adubação com nitrogênio (324 kg kg<sup>-1</sup>) foi obtida com a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> com a cultivar Amanda, enquanto que com fósforo (207 kg kg<sup>-1</sup>) e potássio (220 kg kg<sup>-1</sup>) com da dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> com a cultivar Duda (Tabela 10). As eficiências de adubação com valores negativos refletem a resposta negativa das plantas em relação ao aumento das doses de fertilizantes. Além de apresentar maiores valores de produtividade de raízes tuberosas a cultivar Duda mostrou ser aquele mais responsivo às adubações com fósforo e potássio. Por outro lado, a Cultivar Amanda mostrou-se bastante responsiva às adubações com nitrogênio. Este mesmo comportamento das cultivares Duda e Amanda foi obtido anteriormente em experimento conduzido em uma área próxima a onde se realizou o presente cultivo (THUMÉ, 2011).

Tabela 10. Produtividade média de raízes tuberosas, amido e eficiência de adubação de três cultivares de batata-doce, em função de diferentes doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas ao solo

Trat.	Cultivar	Dose			Produt.	Amido	Eficiência da adubação		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		----- kg ha <sup>-1</sup> -----			t ha <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	----- kg kg <sup>-1</sup> -----		
1	Marcela	0	0	0	13,6	25,2			
2	Marcela	0	150	150	24,5	26,8			
3	Marcela	60	150	150	31,8	27,9	46		
4	Marcela	120	150	150	26,8	22,7	39	-2	4
5	Marcela	240	150	150	26,6	26,6	36		
6	Marcela	120	0	150	27,0	25,3			
7	Marcela	120	75	150	28,2	27,4		21	
8	Marcela	120	300	150	26,4	25,2		-9	
9	Marcela	120	150	0	26,6	24,7			
10	Marcela	120	150	75	26,9	26,5			87
11	Marcela	120	150	300	27,2	26,1			15
Média					25,9	25,8			
12	Amanda	0	0	0	21,1	26,1			
13	Amanda	0	150	150	27,8	26,3			
14	Amanda	60	150	150	21,9	27,3	14		
15	Amanda	120	150	150	33,8	26,8	212	-48	12
16	Amanda	240	150	150	40,5	25,7	324		
17	Amanda	120	0	150	36,7	24,6			
18	Amanda	120	75	150	26,3	26,0		-173	
19	Amanda	120	300	150	33,7	25,0		-49	
20	Amanda	120	150	0	33,1	27,2			
21	Amanda	120	150	75	29,1	26,2			-67
22	Amanda	120	150	300	32,1	25,4			-17
Média					30,55	26,0			
23	Duda	0	0	0	33,0	26,2			
24	Duda	0	150	150	46,5	26,3			
25	Duda	60	150	150	39,0	28,5	-126		
26	Duda	120	150	150	41,8	27,2	-79	117	100
27	Duda	240	150	150	43,4	26,3	-52		
28	Duda	120	0	150	34,8	28,2			
29	Duda	120	75	150	43,2	27,7		140	
30	Duda	120	300	150	47,2	26,6		207	
31	Duda	120	150	0	33,6	27,9			
32	Duda	120	150	75	24,5	26,8			81
33	Duda	120	150	300	27,3	25,0			220
Média					37,6	26,9			

A análise de regressão para produtividade de raízes tuberosas em função das doses de cada nutriente resultou em ajuste de modelo linear para N para a cultivar Amanda e modelo quadráticos e positivos para N para a cultivar Marcela, P e K para a cultivar Duda. Com os modelos quadráticos obtidos pela análise de regressão, foi possível determinar a produtividade máxima, 90 % desta e a dose recomendada para a obtenção de 90 % da produtividade máxima (Tabela 11). Para a cultivar Marcela a dose recomendada de N (30,9 kg ha<sup>-1</sup>) é 81 % e inferior a recomendada (179,4 kg ha<sup>-1</sup>) para a cultivar Amanda.

Tabela 11. Equações obtidas pela análise de regressão para produtividade máxima de raízes tuberosas de três cultivares de batata-doce (t ha<sup>-1</sup>), em função de diferentes doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas ao solo, dose recomendada (DR) de N, K<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para obtenção 90 % da produtividade máxima

Variável	Modelo	R <sup>2</sup>	Prod. máxima t ha <sup>-1</sup>	DR kg ha <sup>-1</sup>
<b>Marcela</b>				
N	$\hat{y} = 24,76 + 0,0363^{**}x - 0,00012^{*}x^2$	0,79	30,2	35,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$\hat{y} = \bar{y} = 27,10$	-	-	-
K <sub>2</sub> O	$\hat{y} = \bar{y} = 28,18$	-	-	-
<b>Amanda</b>				
<sup>1/</sup> N	$\hat{y} = 24,11 + 0,066^{***}x$	0,71	39,9	179,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$\hat{y} = \bar{y} = 32,61$	-	-	-
K <sub>2</sub> O	$\hat{y} = \bar{y} = 32,01$	-	-	-
<b>Duda</b>				
N	$\hat{y} = \bar{y} = 42,78$	-	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$\hat{y} = 35,53 + 0,087^{***}x - 0,000164^{***}x^2$	0,91	47,0	95,0
K <sub>2</sub> O	$\hat{y} = 35,98 + 0,0596^{***}x - 0,000052^{o}x^2$	0,99	37,6	142,2

<sup>o</sup>, \*, \*\*, \*\*\* Significativo a 10, 5, 1 e 0,1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente. <sup>1/</sup> Produtividade máxima estimada a partir da maior dose de N testada (240 kg ha<sup>-1</sup>) em função do ajuste de um modelo linear.

### **4.3 - Conteúdos de N, P e K acumuladas em folhas, ramas e raízes ao final do ciclo de cultivo**

A partir dos teores de nutrientes nas folhas, ramas e raízes tuberosas ao final do ciclo de cultivo e a massa seca desses componentes vegetativos, foi possível calcular as quantidades de nutrientes acumuladas nestes compartimentos de plantas. Os conteúdos variaram entre os compartimentos e entre as cultivares em decorrência das doses aplicadas dos nutrientes.

Para a cultivar Marcela as maiores quantidades de N, P e K acumuladas nas folhas foram observados nas plantas submetidas ao tratamento  $N_{60}P_{150}K_{150}$ , com incremento de 50 % de N, 44,4 % de P e 59,1 % de K quando comparado com aquelas do tratamento testemunha. Por outro lado, ao se considerar as doses crescentes de cada nutriente ocorreu um decréscimo nas quantidades acumuladas nas folhas em decorrência do aumento das doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  (Tabela 12).

As maiores quantidades acumuladas de N e P nas folhas das plantas da cultivar Amanda foram observadas com o tratamento  $N_{120}P_{150}K_0$ , com incremento de 36 % de N e 29 % de P quando comparado ao tratamento testemunha. A maior quantidade acumulada de K se observa no tratamento  $N_{120}P_{150}K_{300}$ , com incremento de 45 % quando comparado à testemunha. Para os três nutrientes, ocorreu aumento nas quantidades acumuladas nas folhas em decorrência do aumento das doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  (Tabela 12).

Para a cultivar Duda as maiores quantidades de N e K acumuladas nas suas folhas foram observadas com o tratamento  $N_{60}P_{150}K_{150}$ , com incremento de 31 % de N, 38 % de K quando comparado as plantas do tratamento testemunha. O maior conteúdo foliar de P acumulada foi observado com o tratamento  $N_{120}P_{150}K_{75}$ , gerando incremento de 31 % quando comparado à testemunha. Para os nutrientes N e P, ocorreu um decréscimo nas quantidades acumuladas nas folhas em decorrência do aumento das doses de N e  $P_2O_5$ , mas para o K se observa um incremento em função do aumento das doses de  $K_2O$  (Tabela 12).

O conteúdo foliar de P foi menor quando comparados com os de N e K para as três cultivares em estudo. De acordo com (FILGUEIRA, 2000) a batata-doce é considerada uma hortaliça com grande eficiência na absorção de nutrientes. Em experimentos realizados na região Centro-Sul a resposta da

cultura à adubação fosfatada tem sido muito variada, mas sempre positiva. Devido à deficiência comum dos solos brasileiros nesse nutriente, é necessário aplicar maiores quantidades desse elemento na forma prontamente disponível e em época adequada (EMBRAPA, 1995).

Considerando os valores médios de conteúdos foliares entre as cultivares aquele de maior acúmulo foi o K, seguido do N e do P. Este mesmo comportamento foi observado por Furlani et al. (1978), contrariamente ao observado por Echer et al. (2009), cuja ordem observada foi  $N > K > P$ .

Tabela 12 - Quantidades de N, P e K acumuladas nas folhas de três cultivares de batata-doce, ao final do ciclo de cultivo, em função de diferentes doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas ao solo

Cultivar	Doses			Conteúdo foliar		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P	K
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----			-----mg/planta -----		
Marcela	0	0	0	340	49	447
Marcela	0	150	150	600	68	601
Marcela	60	150	150	690	88	1080
Marcela	120	150	150	520	70	646
Marcela	240	150	150	610	64	650
Marcela	120	0	150	680	71	760
Marcela	120	75	150	510	68	634
Marcela	120	300	150	512	50	570
Marcela	120	150	0	520	78	564
Marcela	120	150	75	676	79	751
Marcela	120	150	300	552	68	661
Média				564,5	68,5	669,9
Amanda	0	0	0	490	49	427
Amanda	0	150	150	510	57	648
Amanda	60	150	150	501	67	616
Amanda	120	150	150	544	63	626
Amanda	240	150	150	577	67	626
Amanda	120	0	150	551	62	598
Amanda	120	75	150	694	58	535
Amanda	120	300	150	659	66	556
Amanda	120	150	0	770	69	564
Amanda	120	150	75	629	67	699
Amanda	120	150	300	649	66	773
Média				597,3	63,2	606,1
Duda	0	0	0	540	65	491
Duda	0	150	150	670	71	573
Duda	60	150	150	779	79	783
Duda	120	150	150	724	64	654
Duda	240	150	150	662	73	604
Duda	120	0	150	524	74	601
Duda	120	75	150	617	58	713
Duda	120	300	150	605	65	629
Duda	120	150	0	604	82	591
Duda	120	150	75	653	94	688
Duda	120	150	300	670	72	747
Média				641,0	72,4	643,0

Para a cultivar Marcela o maior acúmulo de N nas ramas, foi observado com o tratamento  $N_{120}P_{75}K_{150}$ , com incremento de 67 % quando comparado ao tratamento testemunha. Para P e K as maiores quantidades se encontram no tratamento  $N_{60}P_{150}K_{150}$  com incremento de 55 % de P e 66 % de K. Para os nutrientes N e K ocorreu um aumento nas quantidades acumuladas nas ramas em decorrência do aumento das doses de N e  $K_2O$ , o mesmo não ocorrendo para P em função das doses crescentes de  $P_2O_5$  (Tabela 13).

As maiores quantidades acumuladas de N, P e K para a cultivar Amanda se observa nos tratamentos ( $N_{240}P_{150}K_{150}$ ,  $N_{120}P_{150}K_{75}$  e  $N_{120}P_{150}K_{150}$ ), com incremento de 42 %, 55 % e 48 %, respectivamente, quando comparado ao tratamento testemunha. Para os três nutrientes, ocorreu um aumento nas quantidades acumuladas nas ramas em decorrência do aumento das doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  (Tabela 13).

Em relação a cultivar Duda os tratamentos ( $N_{240}P_{150}K_{150}$ ,  $N_{120}P_{150}K_{75}$  e  $N_{60}P_{150}K_{150}$ ) resultaram nos maiores acúmulos de N, P e K nas ramas, respectivamente, com incremento de 15 % de N, 26 % de P e 47 % de K comparativamente aos acúmulos observados com as plantas do tratamento testemunha. Ocorreu um aumento nas quantidades de N acumuladas nas ramas em função do aumento das doses de N, não ocorrendo o mesmo para o P e K em relação ao aumento das doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$ . A cultivar Amanda obteve um aumento nas quantidades acumuladas de N, P e K superior a cultivar Duda em 35 % de N e 21 % de P e 29 % de K (Tabela 13).

Espíndola et al. (1998), ao avaliarem a influência da adubação verde sobre acúmulo de N, P e K nas ramas de batata doce, concluíram que o K foi o nutriente mais extraído, seguido pelo N e pelo P.

Tabela 13. Quantidades de N, P e K acumuladas nas ramas de três cultivares de batata-doce, ao final do ciclo de cultivo, em função de diferentes doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas ao solo

Cultivar	Doses			Conteúdo nas ramas		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P	K
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----			----- mg/planta-----		
Marcela	0	0	0	203	43	271
Marcela	0	150	150	288	58	444
Marcela	60	150	150	295	95	709
Marcela	120	150	150	232	50	443
Marcela	240	150	150	417	74	475
Marcela	120	0	150	413	61	598
Marcela	120	75	150	465	72	477
Marcela	120	300	150	297	58	379
Marcela	120	150	0	372	65	298
Marcela	120	150	75	433	83	558
Marcela	120	150	300	327	64	590
Média				340,1	65,7	476,5
Amanda	0	0	0	318	46	314
Amanda	0	150	150	301	66	526
Amanda	60	150	150	357	64	378
Amanda	120	150	150	459	81	598
Amanda	240	150	150	542	74	573
Amanda	120	0	150	383	44	459
Amanda	120	75	150	472	75	488
Amanda	120	300	150	387	86	405
Amanda	120	150	0	518	87	455
Amanda	120	150	75	467	102	479
Amanda	120	150	300	431	67	584
Media				421,3	72,0	478,0
Duda	0	0	0	275	58	293
Duda	0	150	150	228	45	281
Duda	60	150	150	285	71	465
Duda	120	150	150	295	54	380
Duda	240	150	150	320	49	305
Duda	120	0	150	300	71	395
Duda	120	75	150	263	43	296
Duda	120	300	150	230	38	265
Duda	120	150	0	289	72	304
Duda	120	150	75	301	78	427
Duda	120	150	300	240	47	355
Média				275,0	56,9	342,3

Nas raízes tuberosas se observa as maiores quantidades acumuladas de N, P e K para a cultivar Marcela no tratamento  $N_{240}P_{150}K_{150}$  com incremento de 45 % de N, 37 % de P e 40 % de K quando comparados ao tratamento testemunha. Para os três nutrientes ocorreu um aumento nas quantidades acumuladas nas raízes tuberosas em decorrência do aumento das doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  (Tabela 14).

As maiores quantidades acumuladas de N, P e K para a cultivar Amanda se observa nos tratamentos ( $N_{240}P_{150}K_{150}$ ,  $N_{120}P_{150}K_{150}$  e  $N_{120}P_{150}K_{300}$ ), com incremento de 29 %, 23 % e 24 %, respectivamente, quando comparado ao tratamento testemunha. Para os nutrientes N e K ocorreu um aumento nas quantidades acumuladas nas raízes tuberosas em decorrência do aumento das doses de N, e  $K_2O$ , não ocorrendo o mesmo para o P em função das doses crescentes de  $P_2O_5$  (Tabela 14).

Para a cultivar Duda as maiores quantidades de nutrientes acumuladas de N e P se observa no tratamento  $N_{120}P_{150}K_{150}$ , com incremento de 17 % de N, e 16 % de P quando comparado ao tratamento testemunha. A maior quantidade acumulada de K se observa no tratamento  $N_{120}P_{150}K_{300}$ , com incremento de 22 % quando comparado à testemunha. Para os nutrientes N e P, ocorreu um decréscimo nas quantidades acumuladas nas raízes tuberosas em decorrência do aumento das doses de N e  $P_2O_5$ , mas para o K se observa incremento em função do aumento das doses de  $K_2O$ . A cultivar Amanda apresentou aumento nas quantidades acumuladas de N e K superior a cultivar Duda em 19 % de N e 38 % de K (Tabela 14).

A ordem de extração de nutrientes nas raízes tuberosas em razão da colheita foi  $N > K > P > Mg > S$  na cultura batata doce (ECHER et al. 2009). Para as culturas produtoras de raízes tuberosas a ordem de extração da beterraba foi:  $K > N > P > S > Ca > Mg$ , na cenoura apresentou a seguinte ordem:  $K > N > Ca > P > Mg > S$  (FURLANI et al. 1978).

Para as três cultivares em estudo se obteve a seguinte ordem de acúmulo de N, P e K nos componentes vegetativos: folhas > ramos > raízes tuberosas, resultado semelhante ao encontrado por Echer et al. (2009) para o acúmulo de nutrientes nos componentes vegetativos.

O acúmulo de nutrientes nas folhas em relação a raízes tuberosas é superior em 56 %, 54 % e 70 %, respectivamente, para cultivares Marcela, Amanda e Duda (Tabela 15). A manutenção da parte aérea da planta (ramas e folhas) na área de cultivo e extraído apenas as raízes tuberosas, pode ser vantajoso para a cultura em virtude da presença dos resíduos vegetais na superfície do solo, que a partir de sua decomposição pode disponibilizar parte dos nutrientes que foram exportados pela cultura.

Considerando a exportação de nutrientes por ocasião da colheita da mandioca, observou-se que o potássio é o elemento mais exportado pelas raízes, seguindo-se magnésio, nitrogênio, fósforo, enxofre e cálcio. A incorporação dos restos culturais da mandioca recicla a maior parte dos nutrientes extraídos do durante o cultivo, ou seja, a permanência da parte aérea da mandioca recicla de fósforo e Nitrogênio (70,25%) e (56,5%) de potássio (SALLA, 2009).

Tabela 14. Quantidades de N, P e K acumuladas nas amostras de raízes tuberosas de três cultivares de batata-doce, ao final do ciclo de cultivo, em função de diferentes doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas ao solo

Cultivar	Doses			Conteúdo nas raízes tuberosas		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P	K
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----			----- mg/planta -----		
Marcela	0	0	0	188	45	227
Marcela	0	150	150	196	68	284
Marcela	60	150	150	210	51	291
Marcela	120	150	150	216	53	280
Marcela	240	150	150	339	71	374
Marcela	120	0	150	198	52	274
Marcela	120	75	150	210	59	243
Marcela	120	300	150	231	65	300
Marcela	120	150	0	198	57	243
Marcela	120	150	75	188	47	269
Marcela	120	150	300	202	55	314
Média				216,7	56,6	281,7
Amanda	0	0	0	145	38	281
Amanda	0	150	150	217	39	331
Amanda	60	150	150	225	47	323
Amanda	120	150	150	219	49	345
Amanda	240	150	150	270	44	341
Amanda	120	0	150	196	39	329
Amanda	120	75	150	234	45	347
Amanda	120	300	150	231	45	290
Amanda	120	150	0	230	47	283
Amanda	120	150	75	220	48	304
Amanda	120	150	300	215	44	368
Média				218,3	44,0	322,0
Duda	0	0	0	163	38	203
Duda	0	150	150	176	35	234
Duda	60	150	150	186	41	231
Duda	120	150	150	195	45	226
Duda	240	150	150	176	42	220
Duda	120	0	150	177	39	209
Duda	120	75	150	182	33	226
Duda	120	300	150	180	32	243
Duda	120	150	0	184	40	190
Duda	120	150	75	186	41	205
Duda	120	150	300	161	36	258
Média				178,7	38,3	201,3

Tabela 15. Médias de N, P e K acumuladas nas amostras de folhas, ramas, parte aérea, e raízes tuberosas e em toda a planta<sup>1/</sup> de três cultivares de batata-doce, ao final do ciclo de cultivo, em função de diferentes doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas ao solo

Compartimento	N	P	K
		mg/planta	
		Marcela	
Folhas	564,5	68,5	669,9
Ramas	340,1	65,7	476,5
Total parte aérea	904,6	134,2	1146,4
Raízes tuberosas	216,7	56,6	281,7
<b>Total</b>	<b>1121,3</b>	<b>190,8</b>	<b>1428,1</b>
		Amanda	
Folhas	597,3	63,2	606,1
Ramas	421,3	72,0	478,0
Total parte aérea	1018,6	135,2	1084,1
Raízes tuberosas	218,3	44,0	322,0
<b>Total</b>	<b>1236,9</b>	<b>179,2</b>	<b>1406,1</b>
		Duda	
Folhas	641,0	72,4	478,0
Ramas	421,3	72,0	478,0
Total parte aérea	1062,3	144,4	956,0
Raízes tuberosas	178,7	38,3	201,3
<b>Total</b>	<b>1241,0</b>	<b>182,7</b>	<b>1157,3</b>

<sup>1/</sup> Excetuando as raízes absorventes que não foram avaliadas.

#### **4.4 - Teores críticos de N, P e K nas folhas e no solo**

A partir da obtenção das doses recomendadas de cada nutriente por meio das equações de regressão ajustadas para produtividade de raízes tuberosas em função das doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O (Tabela 13), foram obtidos os níveis críticos foliares de N, P e K e no solo para P e K disponíveis para cada cultivar (Tabela 16). Define-se nível crítico como aquela concentração tanto no solo como foliar do nutriente, onde teores inferiores significam alta probabilidade de resposta positiva a adição (adubação) do nutriente, ou que teores acima significam baixa probabilidade de resposta positiva a adição do nutriente.

Não foi possível ajustar, entre os modelos testados, um modelo de equação para o nível crítico no solo e foliar de P e K para as cultivares Marcela e Amanda. Para a cultivar Duda o nível crítico no solo 5,1 e 28,2 de P e K,

respectivamente, e o nível crítico foliar 0,28 e 1,2 de P e K, respectivamente. (Tabela 16).

Tabela 16. Níveis críticos de P e K disponíveis no solo e de N, P e K nas folhas das cultivares de batata-doce Marcela, Amanda e Duda, aos 90 dias de cultivo

Cultivar	Nível crítico no solo		Nível crítico foliar		
	P	K	N	P	K
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----		----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Marcela	*	*	4,03	*	*
Amanda	*	*	*	*	*
Duda	5,1	28,2	*	0,28	1,2

\*Valores não determinados em função da não obtenção de modelos estatisticamente significativos entre os testados.

## 5.0 – CONCLUSÕES

A produtividade e os teores de amido nas raízes tuberosas variaram em função da cultivar e das doses de nitrogênio, fósforo e potássio aplicados ao solo, com a cultivar Duda obtendo maior produtividade de raízes tuberosas.

A cultivar Duda acumulou mais nutrientes nas folhas, porém foi a que acumulou menos nutrientes nas ramas e raízes tuberosas que as demais cultivares. Por outro lado, a cultivar Amanda apresentou as maiores exportações de nutrientes em suas ramas e raízes;

O aumento de biomassa de raízes tuberosas resultou na tendência de decréscimo na concentração de amido, indicando um efeito de diluição;

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARALL, J.F.T. et al. **Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares.** Ciência Rural, v.41, n.4, abr, 2011.

ANDRIETTA, M. G. S.; ANDRIETTA, S.; STECKELBERG, C.; STUPIELLO, E. N. **Bioethanol - Brazil, 30 years of Proalcool.** Int. Sugar J 109, p. 195-200, 2007.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists Official. **Methods of analysis of the Association of official Analytical Chemists.** 12 ed. Washington, 1985,1094 p.

BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. **Nitrogen total.** In: PAGE, A.L. (Ed). Methods of soil analysis. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 595-624.

BEM (Balanço Energético Nacional), 2010. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em: 05 fev. 2012.

BODDEY,R.M. **Balanço energético e emissões de gases de efeito estufa na produção de bioetanol de cana de açúcar em comparação com outros biocombustíveis.** Disponível em: [http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/seminbioenergia/robertboddey\\_2608.pdf](http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/seminbioenergia/robertboddey_2608.pdf). Acesso: 22 fev. 2012.

BRITO, C.H.; OLIVEIRA, A.P.; ALVES, A.U.; DORNELES, C.S.M.; SANTOS, J.F.; NÓBREGA, J.P.R. **Produtividade da batata-doce em função de doses de K<sub>2</sub>O em solo arenoso.** Horticultura Brasileira, v. 24, p. 320-323, 2006.

BUENO, O. C. **Eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá/SP.** Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista/UNESP,Botucatu-SP.147p.(Tese Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura), 2002.

CAMPOS,A.T. **Balanço energético relativo á produção de feno de coast – cross e alfafa em sistema intensivo de produção de leite.**Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista/UNESP, Botucatu-SP. 2001.267p. (Tese Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura), 2001.

CHAVES, L.H.G.; PEREIRA, H.H.G. **Nutrição e adubação de tubérculos.** Campinas: Fundação Cargill, 97p. 1995.

CONCEIÇÃO, M.K.; LOPES, N.F.; FORTES, G.R.L. **Partição de matéria entre órgãos de batata-doce [Ipomoea batatas (L.) Lam), cultivares Abóbora e Da Costa.** Rev. Bras. Agrociência, Pelotas, v. 10, n.3, p. 313-316, jul.-set., 2004.

DATALTO, G. G.; FULLIN, E. A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 4º aproximação**. Vitória, ES.180 p.2001.

DIAS, L.E; SILVEIRA, M.A; ALVIM, T. C. **Os desafios da ciência do solo na produção de bioombustíveis** .Boletim Informativo SBSC, Vol. 35, nº 1, 2010.

ECHER, F.R.; DOMINATO, J.C.; CRESTE, J.E.; SANTOS, D.H. **Fertilização de cobertura com boro e potássio na nutrição e produtividade da batatadoce**. Horticultura Brasileira, v. 27, p. 171-175, 2009 a.

ECHER, F.R.; DOMINATO, J.C.; CRESTE J.E. **Absorção de nutrientes e distribuição de massa fresca e seca entre órgãos da batata-doce**. Horticultura Brasileira, v. 27, p. 176-182, 2009 b.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Hortaliças. **Cultivo da batata-doce (Ipomoea batatas (L.) Lam.)**. 3. ed. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária,1995. (EMBRAPA - CNPH. Instruções Técnicas, 7).

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS F.C. 2007. **Potássio**. In: NOVAIS, R.F. et al. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS/UFV, p. 551-594,2007.

ESPINDOLA,J.A.Z.;ALMEIDA,D.L.;GUERRA,J.G.M.;SILVA,E.M.R.;SOUZA,F.A. **Influência da adubação verde na colonização micorriza e na produção de batata doce**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33, págs 339 a 347, 1998.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000, 402 p.

FURLANI,A.M.C;FURLANI,P.R;BATAGLIA,O.C;HIROCE,R.;GALLO,JR.**Composição mineral de diversas hortaliças**. Bragantia, v.37, p 33 a 34, 1978.

GAZZONI, D. L. et al. **Balanço energético das culturas de soja e girassol para produção de biodiesel**. 2006. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congressso2006/agricultura/>>. Acesso em: 18 fev. 2012.

GOLDEMBERG,J.; OSWALDO,L. **Energia e meio ambiente no Brasil.Estudos avançado**, v. 21, p. 59, 2007.

GURGEL. A.C. **Impactos da Política Americana de Estímulo aos Biocombustíveis sobre a Produção agropecuária e o uso da terra**. RESR, Piracicaba, SP, v. 49, nº 01, p. 181-214, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2010/PAM2010\\_Publicacao\\_completa.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2010/PAM2010_Publicacao_completa.pdf). Acesso em 27 fev. 2012.

INTERNATIONAL POTATO CENTER. CIP sweet potato facts. Disponível em: <[www.cipotato.org](http://www.cipotato.org)>. Acesso em: 15 jan. 2011.

KHESHGI, H. S.; PRINCE, R. C.; MARLAND, G. (2000). **The potential of biomass fuels in the context of global climate change: Focus on transportation fuels**. Ann. Rev. Energy Environ, v. 25, p199–244, 2000.

KIM, K.; HAMDY, M.K. **Acid hydrolysis of sweet potato for ethanol production**. Biotechnology and Bioengineering, v.27, n.3, p.31-320, 1985

KOHLHEPP, G. **Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil**. Estudos avançados, v. 24, p 68, 2010.

JONES, A.; DUKES, P.D.; SCHALK, J.M.; HAMILTON, M.G.; MULLEN, M.A.; BAUMGARDNER, R.A.; PATERSON, D.R.; BOSWELL, T.E. **'Resisto' sweet potato**. HortScience, v. 18, p. 251-252, 1983.

LICHT, F. O. **World ethanol and biofuels report**. May 5, 2008.

MARSCHNER H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 889 p, 1995.

MASIERO, G.; LOPES, H. **Etanol e biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia**. Rev. Bras. Polít. Int, v. 51, p 60-79, 2008.

MERCIER, J. R. **Energie et agriculture, le choix ecologique**. Paris: Debard, 187 p. 1978.

MENDONÇA, A.T.C.; PEIXOTO, N. **Efeitos do espaçamento e de níveis de adubação em cultivares de batata doce**. Horticultura Brasileira, v. 9, n. 2, p 80-82, 1991.

MIRANDA, J. E. C. de. et al. **A cultura da batata-doce**. Brasília, DF: EMBRAPA/CNPH, 1995. 94 p.

MIRANDA, J. E. C. et al. **Cultivo de batata-doce (Ipomoea batatas (L.) Lam.)**. Brasília, DF: EMBRAPA – CNPH, (EMBRAPA-CNPH. Instruções Técnicas, 7), p 7, 1987.

MONTEIRO, F.A. et al. **Nutrição mineral e qualidade de produtos agrícolas**. In: ABEAS. Curso de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Abras-Esalq, mod. 11, p 27, 1997.

OLIVEIRA, A.P.; MOURA, M.F.; NOGUEIRA, D.H.; CHAGAS, N.G.; BRAZ, M.S.S.; OLIVEIRA, M.R.T.; BARBOSA, J.A. **Produção de raízes de batata-doce em função do uso de doses de N aplicadas no solo e via foliar**. Horticultura Brasileira, v.24, p 279-282, 2006.

OLIVEIRA, A.P.; OLIVEIRA, M.R.T.; BARBOSA, J.A.; SILVA, G.G.; NOGUEIRA, D.H.; MOURA, M.F.; BRAZ, M.S.S. **Rendimento e qualidade de raízes de batata-doce adubada com níveis de uréia**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.4, p.925-928, 2005 a.

OLIVEIRA, A.P.; SILVA, J.E.L.; PEREIRA, W.E.; BARBOSA, L.J.N. **Produção da batata-doce em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em dois sistemas de plantio**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.3, p.768-772, 2005 b.

PHILLIPS, S.B.; WARREB, J.G.; MULLINS, G.L. **Nitrogen rate and application timing effect "Beauregard" sweet potato yield and quality**. Hortscience, nº 40, v.1, p 214 - 217, 2005.

RAIJ, B.; AVAN. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996, 285 p.

RAMALHO, E.L.; CORTEZ, L.A.B. **Proálcool e crises no setor sucroalcooleiro (EA PROALCOOL Crise do Setor sucroalcooleiro)**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Energia - CBE, Rio de Janeiro, Brasil, vol. 3, p 1390-1396, 1999.

REIS JÚNIOR, R.A.; MONNERAT, P.H. **Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 19, nº. 3, p. 227-231, 2001.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CRFSEMG. Viçosa, 1999, 180 p.

ROSILLO-CALLE, F.; CORTEZ, L.A.B. (1998). **Towards Pro-alcohol II - a review of the Brazilian ethanol program**, Biomassa Bioenerg. v.14, p 115-124, 1998.

SALLA, D.A.; FURLANETO, F. de P.B.; CABELLO, C. KANTHACK, R.A.D. **Avaliação energética da produção de etanol utilizando como matéria prima a cana de açúcar**. Ciência Rural, v.39, nº.8, 2009 a.

SALLA, D.A.; CABELLO, C. **Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho**. v 25, nº 2, p 32-53, Botucatu-SP, 2010 b.

SALLA, D.A.; CABELLO, C. **Análise de desempenho energético dos cultivos da mandioca, cana-de-açúcar e milho em função da extração/exportação de macronutrientes para produção sustentável de etanol**. 2009. Disponível em:

<http://www.abam.com.br/congresso/38%20Diones%20assis%20salla.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2012.

SAVELL, J. W. **Introduction to HACCP principles in meat plants**. 1995. Disponível em: <http://savellj.tamu.edu/HACCPintro.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2011.

SCANDIFFIO, M.I.G. **Análise prospectiva do álcool combustível no Brasil: cenários 2004-2024**. Universidade de Campinas. 182 p. (Tese de Doutorado), 2005.

SHAPOURI, H.; DUFFIELD, J.A.; WANG, M. **The Energy Balance of Corn ethanol: an update**. U.S. Department of Agriculture – Office of energy policy and new uses, Washington. 2002. 19p.

SILVA J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. **Cultura da batata-doce**. In: CEREDA MP; Agricultura: Tuberosas amiláceas latino americanas, São Paulo: Cargill, p.449-503, 2002.

SILVA, M.C.C.; FONTES, P.C.R.; MIRANDA, G.V. **Índice spad e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio**. Horticultura Brasileira, v.27, p. 17- 22, 2009.

SILVEIRA, Márcio Antônio (Org.). **A Cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de etanol**. Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO, (Boletim técnico, UFT), 2007.

SOARES, K. T.; MELO, A. S.; MATIAS, E. C. **A cultura da batata doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)**. João Pessoa: EMEPA-PB, 2002. 26 p. (EMEPA PB. Documentos, 41).

SOARES, L.H. de B.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. **Balço energético na produção de bioetanol de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Embrapa, 2008. (Circular Técnica nº 23).

SOCCOL, C.R. et al. **Brazilian biofuel program: an overview**. J. Sci. Ind. Res. v.64. p 897-904, 2005. Acesso em: 18 fev. 2012.

SOUZA, P.S. de. **Nutrição mineral e adubação da batata doce (*Ipomoea batatas* Lam)**. Universidade Federal da Paraíba, Areia. (Monografia curso de Agromomia), 1990.

THUMÉ, M. A. **Produtividade e absorção de nutrientes de três cultivares de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] selecionadas para a produção de etanol, em função de diferentes doses de N, P E K aplicados no solo**. Univ. Federal do Tocantins, Palmas-TO. 2011.58p. (Dissertação Mestrado).

TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T. **Eficiência nutricional em plantas**. Estudos avançados em produção vegetal. Alegre: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, v.1, p.23-41, 2008.

URQUIAGA, A.; RODRIGUES ALVES, B. J.; BOODEY, R. M. **Produção de biocombustíveis: a questão do balanço energético**. Política Agrícola, v. 14, n. 1, p. 42-46, 2005.

VITAL, N. **Batataálcool**. Revista Dinheiro Rural. nº 38, 2008.

WU, Y.V.; BAGBY, M.O. 1987. **Recovery of protein-rich byproducts from sweet stillage following alcohol distillation**. J. Agric. Food Chem, v. 35, p. 321-325, 1987.

XAVIER, M.R. **The Brazilian sugarcane ethanol experience**. Competitive Enterprise Institute, Washington, DC., 14p. Disponível em: <http://www.cei.org>. Acesso em: 10 dez. 2011.

ZHANG, T.; OATES, C.G. **Relationship between  $\alpha$ -amylase degradation and physicochemical properties of sweet potato starches**. Food Chem. v. 65, p.157-163, 1999.

ZISKAA, L.H. et al. **An evaluation of cassava, sweet potato and field corn as potential carbohydrate sources for bioethanol production in Alabama and Maryland**. Biomass and Bioenergy, v. 33, p 1503 -1508. 2009.

