

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Efeito da adubação com doses combinadas de Potássio e Boro no rendimento e qualidade da Batata-doce de Polpa Alaranjada (Ipomoea batatas L.).

Autor:

TUCO-TUCO, Orlando Mabureza

Supervisores:

Prof. Doutor Daniel Chongo

Prof. Doutora Zélia Menete

Prof. Doutor Roland Brouwer

Maputo, Outubro 2016



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Mestrado em Gestão de Solos e Água

**EFEITO DA ADUBAÇÃO COM DOSES COMBINADAS DE POTÁSSIO E BORO NO
RENDIMENTO E QUALIDADE DA BATATA-DOCE DE POLPA ALARANJADA
(*IPOMOEA BATATAS* L.).**

ORLANDO MABUREZA TUCO-TUCO

Dissertação submetida à Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, no programa de pós-graduação em Gestão de Solos e Água como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Gestão de Solos e Água**, sob orientação dos Professores Doutores Daniel Chongo, Maria Zélia Menete e Roland Brouwer.

Maputo, Outubro de 2016

RESUMO

Em Moçambique, a batata-doce de polpa alaranjada é usada como uma cultura estratégica para o alcance da segurança alimentar e nutricional da população. O potássio é um macronutriente essencial para o crescimento das plantas e a falta deste no solo pode levar a uma diminuição acentuada na produtividade da cultura. Também, desempenha um papel importante na formação e crescimento de raízes tuberosas e na sua qualidade. Um ensaio foi conduzido em Nwalate, distrito de Boane, entre os meses de Outubro de 2015 e Abril de 2016 num solo de textura argilosa para avaliar o efeito da adubação com doses combinadas de potássio e boro no rendimento e qualidade da batata-doce de polpa alaranjada (*Ipomoea batatas* Lam.). Usou-se o Delineamento de Blocos Completos Casualizados (DBCC) com 4 repetições arranjos num factorial $3 \times 3 \times 4$ para avaliar a combinação de 3 doses de potássio (0, 100 e 200 kg.ha⁻¹) e 3 de boro (0, 1.5 e 3 kg.ha⁻¹) no rendimento e qualidade de 4 variedades de batata-doce de polpa alaranjada (Irene, Ininda, Bela e Délvia). Os resultados da análise de variância (ANOVA) mostraram que a adubação tanto de forma isolada assim como combinada, não exerceu efeito significativo sobre o rendimento total e comercial ($p > 0.05$), mas a interação teve o efeito significativo sobre o número médio de raízes por planta ($p < 0.05$), ao contrário das variedades ($p < 0.05$) e com 20.5, 16.1 ton.ha⁻¹ e 3 raízes por planta. A adubação e as variedades exerceram efeito significativo ($p < 0.05$) sobre o teor de matéria seca, betacaroteno, amido e proteínas nas raízes, com teores médios de 27.25 %, 14.2 %, 61.1 % e 5.9 %, respectivamente.

Palavras-chave: batata-doce de polpa alaranjada (*Ipomoea batatas* Lam.), potássio, boro, variedades, rendimento, qualidade.

DEDICATÓRIA

Em *memória* da minha irmã, Maria Ermência Pedro.

Este trabalho é também dedicado à minha família e de forma especial aos meus pais, irmãos, tios e primos, e que este sirva de inspiração para a minha irmã Manucha e meus sobrinhos Maninha, Mãezinha, Brife, Leonissa, Constância, Kudhine, Mércia, Pedro, Helen e Nothi.

AGRADECIMENTOS

O Deus pela presença em todos os momentos da minha vida.

Um especial agradecimento aos meus supervisores, o *Prof. Doutor Daniel Chongo*, *Prof. Doutora Zélia Menete* e ao *Prof. Doutor Roland Brouwer* pelo apoio moral, disponibilidade, atenção, paciência e pela transmissão de conhecimento científico durante a realização e supervisão deste trabalho.

A *Aliance for Green Revolution in Africa (AGRA)* pela bolsa de estudos e disponibilização de fundos para a realização deste estudo.

O projecto *SUSTAIN* do *Centro Internacional de Batata (CIP)* pela disponibilização de material diverso para a realização e concretização deste trabalho.

A todos os docentes do curso de Mestrado em Gestão de Solos e Água da turma de 2014, pela transmissão de conhecimento científico durante a formação.

Aos técnicos do *Centro Internacional de Batata (CIP)* e de forma especial, ao *Eng.º Jaime Pechiço* pelo apoio técnico e moral durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais, *Pedro Matenguana e Elisa Mabalana*, e aos meus irmãos *Laura Pedro, Solomon Tuco-Tuco, Constância Pedro e Isabel Pedro* pelo amor, força, confiança, carinho e acima de tudo por sempre terem acreditado em mim.

Aos meus tios e de forma especial, *Joaquim Munhenhiua e Rosa Combelane* pelo apoio moral, pela força, pelo carinho e acima de tudo pela confiança depositada em mim. Aos meus primos *Júnior e Lola* pela força, companheirismo e carinho depositado.

Aos meus amigos e colegas: *Eng.º Jaime Pechiço, Eng.º Dionísio Varela, Eng.º Elton Manhique* e a *Eng.ª Sofia Martinho* pelo apoio moral, presença e ensinamentos durante os anos de formação.

A turma de Mestrado em Gestão de Solos e Água do ano 2014. E a todos aqueles que aqui não mencionei, **O MEU MUITO OBRIGADO.**

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Orlando Mabureza Tuco-Tuco**, declaro por minha honra que este trabalho é fruto da minha própria investigação e nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau acadêmico, seja nesta ou em qualquer outra Universidade. Este constitui o resultado da minha investigação pessoal, estando indicadas no texto e na bibliografia as fontes que utilizei para a sua realização.

ÍNDICE

RESUMO	iii
DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	vi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Problema de Estudo e Justificação.....	2
1.3. Objectivos	3
Hipóteses.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. O Sistema de Cultivo da Batata-doce.....	4
2.2. Crescimento e Desenvolvimento da Cultura de Batata-doce.....	4
2.3. Principais Pragas e Doenças da Cultura de Batata-doce.....	5
2.4. Exigências Edafoclimáticas da Cultura de Batata-doce.....	6
2.4.1. Necessidades Térmicas e Hídricas.....	6
2.4.2. Tipos de Solos e pH.....	7
2.5. Necessidades Nutricionais da Cultura de Batata-doce.....	7
2.6. Composição Química das Raízes da Batata-doce.....	8
2.7. O Potássio na Cultura de Batata-doce.....	9
2.7.1. Absorção, Ocorrência e Importância.....	9
2.7.2. Sintomas de Deficiência e de Toxicidade.....	10
2.7.3. Potássio no Solo: Disponibilidade e Perdas.....	11
2.8. O Nitrogênio na Cultura de Batata-doce.....	11
2.9. O Fósforo na Cultura de Batata-doce.....	12
2.10. O Boro na Cultura da Batata-doce.....	13

2.11. Alguns Estudos Realizados com Recurso a Adubação Potássica, Boro e outros Nutrientes na Cultura da Batata-doce.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1. Descrição e Caracterização da Área de Estudo.....	17
3.2. Descrição dos Tratamentos.....	17
3.3. Delineamento Experimental.....	18
3.4. Plantação, Rega, Adubação e Colheita	19
3.5. Descrição das variedades usadas no presente estudo	20
3.6. Colheita de Amostras e Variáveis Medidas	21
3.7. Análise Estatística.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Condições iniciais do solo.....	25
4.2. Resumo dos resultados.....	26
4.3. Rendimento Total e Comercial de Raízes.....	29
4.4. Número Médio de Raízes por Planta	35
4.5. Matéria seca	37
4.6. Betacaroteno	39
4.7. Amido	42
4.8. Açúcares Redutores	44
4.9. Proteína	46
5. Análise de correlação entre as variáveis medidas.....	49
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	50
6.1. Conclusões	50
6.2. Recomendações.....	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes fases de crescimento da cultura de batata-doce	5
Figura 2. Diferentes fases da condução do ensaio: lavoura (A), plantação (B); adubação (C) e sachas (D).....	20
Figura 3. Rendimento comercial (esquerda) e não comercial (direita) para as variedades Bela (A) e Irene (B).	22
Figura 4. Efeito dos tratamentos no rendimento e composição química das raízes da variedade Irene.	26
Figura 5. Efeito dos tratamentos no rendimento e composição química das raízes da variedade Ininda.	27
Figura 6. Efeito dos tratamentos no rendimento e composição química das raízes da variedade Délvia.....	27
Figura 7. Efeito dos tratamentos no rendimento e composição química das raízes da variedade Bela.	28
Figura 8. Comparação de médias de rendimentos totais e comerciais entre as variedades.	31
Figura 9. Rendimentos totais, comerciais e não comerciais em ton.ha ⁻¹ da variedade Irene em função das doses de potássio e boro.	32
Figura 10. Rendimentos totais, comerciais e não comerciais em ton.ha ⁻¹ da variedade Délvia em função das doses de potássio e boro.	33
Figura 11. Rendimentos totais, comerciais e não comerciais em ton.ha ⁻¹ da variedade Ininda em função das doses de potássio e boro.	33
Figura 12. Rendimentos totais, comerciais e não comerciais em ton.ha ⁻¹ da variedade Bela em função das doses de potássio e boro.	34
Figura 13. Comparação de médias de números de raízes por planta.	36
Figura 14. Teores de betacaroteno nas raízes das 4 variedades estudadas	40

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Composição química média das raízes de batata-doce em 100g, de acordo com vários autores.....	9
Tabela 2. Dados climáticos da Estação Agrária de Umbelúzi no período da realização do ensaio	17
Tabela 3. Descrição dos tratamentos	18
Tabela 4. Descrição das principais características das quatro variedades de BDPA usadas neste estudo	21
Tabela 5. Características físicas e químicas da camada de 0-20 cm do solo da área de estudo ...	25
Tabela 6. Resumo da análise de variância nas variáveis: rendimento total, rendimento comercial, rendimento não comercial e o número médio de raízes por planta.....	29
Tabela 7. Comparação de médias de raízes por planta para a interacção entre potássio e boro... 36	
Tabela 8. Resumo da análise de variância para componentes químicos das raízes.....	37
Tabela 9. Comparação dos teores de matéria seca, betacaroteno, amido, proteína e açúcares redutores entre as variedades.	39
Tabela 10. Efeito do potássio no teor de betacaroteno nas raízes das variedades de BDPA.....	41
Tabela 11. Comparação de médias da interacção entre variedades e boro para o teor de betacaroteno nas raízes.	42
Tabela 12. Comparação de médias da interacção entre variedades e potássio para o teor de amido nas raízes.	44
Tabela 13. Comparação de médias da interacção entre variedades e boro para o teor de proteínas nas raízes.	47
Tabela 14. Comparação de médias da interacção entre potássio e boro para o teor de proteínas nas raízes.	47
Tabela 15. Correlação entre o rendimento total, seus componentes e parâmetros químicos.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de Variância
BDPA	Batata-doce de Polpa Alaranjada
CIP	Centro Internacional de Batata
cm	Centímetro
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DBCC	Delineamento de Blocos Completos Casualizados
DDP	Dias Depois da Plantação
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agro-pecuária
FAEF	Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal
FAO	Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
g	Gramas
Ha	Hectare
IIAM	Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
INE	Instituto Nacional de Estatística
K ₂ O	Óxido de Potássio
K ₂ SO ₄	Sulfato de Potássio
Kg.ha ⁻¹	Quilogramas por Hectare
meq.100g ⁻¹	Mili-equivalente por 100 gramas de solo
mg.dm ⁻³	Miligramas por decímetro cúbico
°C	Graus Celsius
P ₂ O ₅	Pentóxido de Fósforo
Ton.ha ⁻¹	Toneladas por Hectare

1. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades.

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma cultura de fácil cultivo, rústica e de baixo custo de produção. Esta cultura pertence à família *Convolvulaceae* e provavelmente originária das Américas Central e do Sul e é maioritariamente cultivada na zona tropical e subtropical. A cultura assume grande importância económico-social, participando no suprimento de calorias, pois é fonte de carboidratos, vitaminas e minerais na alimentação humana (Espindola *et al.*, 1997; Gomes, 2010; Momade, 2005; Nóbrega, 2011).

A batata-doce está entre as culturas de maior importância alimentar no mundo. Com uma produção anual superior a 133 milhões de toneladas, ela ocupa o quinto lugar depois do arroz, trigo, milho e mandioca na maior parte dos países em desenvolvimento. A China é o maior produtor da batata-doce com cerca de 80% da produção mundial, seguido de Japão e EUA com 0.8% e 0.6% respectivamente. A média mundial de rendimentos da batata-doce é de 14 ton. ha⁻¹, e muito baixo quando comparado com os 20-26 ton. ha⁻¹ obtidos na China, Japão e Estados Unidos (Nóbrega, 2011; Truong *et al.*, 2011).

Em Moçambique, a batata-doce é cultivada em todo o país maioritariamente nas pequenas explorações com destaque para as províncias de Zambézia (33 788 ha), Sofala (19 515 ha), Manica (18 172 ha) e Tete (15 991 ha) (INE, 2011). Serve como cultura clássica de segurança alimentar (Gomes, 2010; Low *et al.*, 2000). De acordo com os dados da FAOSTAT (2013), estima-se que nos anos 2012 e 2013 as áreas usadas em Moçambique para o cultivo da batata-doce foram de 120 000 ha, 122 000 ha respectivamente, onde se produziu cerca de 900 000 toneladas com rendimentos na ordem dos 7.5 ton. ha⁻¹.

A batata-doce apresenta grande adaptação às diferentes condições edafoclimáticas. Tem sido maioritariamente cultivada em pequena escala, com pouco uso de tecnologia, obtendo-se baixos índices de produtividade e baixa qualidade dos produtos (Barbosa, 2005; Nóbrega, 2011). No entanto, vários factores limitam a produção da cultura da batata-doce. Dentre esses, destacam-se a temperatura, luz (Mathai, 1988; Queiroga *et al.*, 2007), baixos teores de matéria orgânica no solo, ataque de pragas e doenças (Conceição *et al.*, 2005; Segeren *et al.*, 1994) e a ausência de

um programa de adubação que satisfaça as necessidades nutricionais da cultura, pois esta cultura muitas das vezes é produzida nas zonas marginais.

1.2. Problema de Estudo e Justificação

A batata-doce é uma cultura alimentar cultivada em vários países das zonas tropicais e subtropicais, predominantemente como uma cultura de subsistência. Em Moçambique é extensivamente cultivada em pequenas parcelas e serve como cultura clássica de segurança alimentar (Gomes, 2010; Low *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2005). A batata-doce é uma importante fonte de carboidratos, complexo B, sais minerais e as variedades de polpa alaranjada contém um elevado conteúdo de betacaroteno, o precursor da vitamina A (Momade, 2005).

Apesar do reconhecimento unânime do valor da cultura na estratégia de segurança alimentar e na mitigação da desnutrição (crónica) infantil como importante fonte de vitamina A (Low *et al.*, 2000), tanto os rendimentos bem como a qualidade do produto obtido pelos pequenos agricultores são baixos e a FAOSTAT (2013) cita um valor de 7.5 ton.ha⁻¹ para Moçambique situado abaixo da média mundial de 14 ton.ha⁻¹ (Nóbrega, 2011; Truong *et al.*, 2011). Segundo Pechiço (2013), a baixa qualidade dos produtos obtidos tem a ver com as características como o formato, baixo teor de matéria seca e de beta caroteno nas raízes para as variedades de polpa alaranjada. Os baixos rendimentos obtidos podem estar associados a diversos factores do sistema de cultivo principalmente, a ausência de um programa de adubação que satisfaça as necessidades nutricionais da cultura uma vez que esta muitas das vezes é produzida nas zonas marginais (Silva *et al.*, 2005).

Em 2011, o Centro Internacional de Batata (CIP) em parceria com o Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) libertou em 15 variedades de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA). Essas variedades apresentam algumas vantagens reactivamente às de polpa branca como a sua tolerância à seca, ciclo médio. São ricas em beta caroteno e os rendimentos obtidos nos ensaios de adaptabilidade são elevados quando comparados com as variedades de polpa branca.

O potássio é o macronutriente mais extraído pelas culturas de raízes e tubérculos e em particular pela batata-doce dada a sua importância tanto na formação, crescimento, desenvolvimento assim como na qualidade de raízes tuberosas. No entanto, o facto de não existirem recomendações explícitas e nem estudos feitos em relação ao uso de adubos potássicos, de boro, e a combinação desses no rendimento e na qualidade nutricional da batata-doce de polpa alaranjada em Moçambique, torna necessário fazer um estudo a fim de conhecer-se a dose óptima de potássio e boro, e a melhor combinação destes que proporcione bons rendimentos e produtos de boa qualidade por forma a recomendar o seu uso nos campos de produção.

1.3. Objectivos

O objectivo geral deste estudo é:

- Avaliar o efeito da combinação de diferentes doses de Potássio e Boro no rendimento e qualidade da batata-doce de polpa alaranjada;

Os objectivos específicos deste estudo são:

- Determinar o efeito de Potássio e Boro no rendimento da Batata-doce e suas componentes;
- Determinar o efeito de Potássio e Boro na qualidade das raízes de Batata-doce de polpa alaranjada;

Hipóteses

- ✓ A batata-doce adubada com uma combinação de potássio e boro apresenta rendimentos mais altos que a não adubada;
- ✓ A cultura adubada com uma combinação de potássio e boro apresenta raízes de alta qualidade que a não adubada;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O Sistema de Cultivo da Batata-doce em Moçambique.

Em Moçambique, a batata-doce é considerada como cultura clássica de segurança alimentar, pois, esta pode ser usada com o duplo propósito (consumo de raízes e folhas), pode preencher lacunas de disponibilização de nutrientes de outras fontes porque, uma vez madura, as suas raízes podem ser colhidas de forma gradual quando for precisa durante vários meses. Pode ser produzido sem o uso de fertilizantes e pesticidas fazendo com que os custos referentes à sua produção sejam baixos quando comparados com outras culturas importantes na dieta alimentar da população, sendo desta forma importante nos sistemas de cultivo dos pequenos agricultores (Gomes, 2010; Low *et al.*, 2000).

A batata-doce é cultivada em todo o país maioritariamente em pequenas parcelas, com baixo uso de tecnologia e em conjunto com diversas outras culturas visando à alimentação familiar, obtendo-se baixos índices de produtividade e baixa qualidade dos produtos (Barbosa, 2000; Nóbrega, 2011). Segundo o INE (2011), o destaque é dado para as províncias de Zambézia (33 788 ha), Sofala (19 515 ha), Manica (18 172 ha) e Tete (15 991 ha) em termos de áreas usadas pelas pequenas explorações no cultivo da batata-doce.

Como qualquer outra cultura, a produção da batata-doce também é afectada por factores abióticos e bióticos. O sector produtivo da batata-doce é confrontado por vários constrangimentos e o ataque de pragas, especialmente o gorgulho, é considerado como sendo uma problemática nos campos de cultivo, onde dependendo da espécie, os danos podem atingir cerca de 70% (Andrade *et al.*, 2010; Segeren *et al.*, 1996).

2.2. Crescimento e Desenvolvimento da Cultura de Batata-doce.

A batata-doce é uma planta perene, mas cultivada como anual e geralmente a sua propagação é feita usando ramas. Durante o crescimento anual da cultura de batata-doce são identificadas três fases fisiológicas, sendo a primeira em que predomina o desenvolvimento da parte aérea mantendo-se moderado o crescimento das ramas, embora nesta fase sejam formadas as raízes absorventes e as aptas à tuberização. A segunda em que ocorre o crescimento radical

(tuberização) e vegetativo e, a terceira em que prevalece a tuberização (Figura 1). Em geral, cerca de 80% das raízes de reserva já estarão formadas 7 semanas depois da plantação, contudo, a planta deixa de formar novas raízes de reserva 8 a 12 semanas depois de plantação. A partir dessa altura, dá-se a translocação dos fotoassimilados das folhas para as raízes, crescimento e engrossamento das raízes de reserva devido a acumulação rápida de carboidratos e a redução da área foliar devido a senescência das folhas (Andrade *et al.*, 2010; Mithra e Somasundaram, 2008; Onwueme e Charles, 1994; Queiroga *et al.*, 2007).

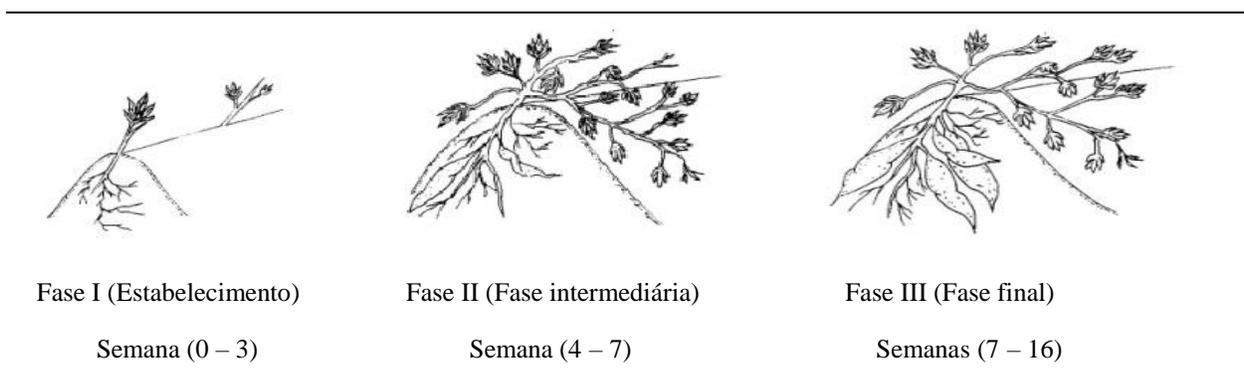


Figura 1. Diferentes fases de crescimento da cultura de batata-doce.

Fonte: Stathers *et al.* (2012).

A duração das fases de crescimento pode variar com a cultivar e condições ambientais. Em condições tropicais, algumas experiências indicam que a iniciação dos tubérculos dava-se 4 semanas depois da plantação enquanto na maior parte dos casos ocorre 7 semanas depois da plantação e é nesta altura onde o número máximo de raízes tuberosas por planta é determinado (Onwueme e Charles, 1994). Segundo Andrade *et al.* (2010), o ponto de colheita ou maturação da batata-doce pode ser indicado de diversas maneiras pois, as exigências tanto para o consumo humano, quer para a indústria assim como para a forragem são variáveis.

2.3. Principais Pragas e Doenças da Cultura de Batata-doce.

Segundo Andrade *et al.* (2010) e Segeren *et al.* (1994), as principais pragas da cultura são: Gorgulho pequeno (*Cylas formicarius*, *C. puncticollis* e *C. brunneus*), Gorgulho grande (*Alcidodes* sp.), Nemátodo da galha (*Meloidogyne* spp.), Rato de campo (*Praomys natalensis*) e

Traça da batata-doce (*Acraea acerata*). Essas pragas actuam nas folhas, no caule e nas raízes reduzindo a área fotossintética, danificando os vasos condutores ao nível do caule impossibilitando a translocação de fotoassimilados e perfurando as raízes tuberosas depreciando o seu valor tanto para o consumo caseiro assim como para o mercado.

A batata-doce é susceptível aos nemátodes *Rotylenchulus reniformis*, *Pratylenchus* spp., *Ditylenchus destructor* e aos nemátodes causadores das galhas *Meloidogyne incógnita*, uma vez que o seu ataque, além de ocasionar uma redução na produção, pode causar rachaduras nos tubérculos (Nóbrega, 2011; Viana, 2009). Alguns estudos realizados no Brasil indicam que cerca de 95% das infestações por nematódes são ocasionados pelas espécies *Meloidogyne* spp., estima-se 12.7% como média de perdas (Kalkmann, 2011).

2.4. Exigências Edafoclimáticas da Cultura de Batata-doce.

2.4.1. Necessidades Térmicas e Hídricas.

A cultura de batata-doce adapta-se melhor a climas onde as temperaturas são mais altas, exigindo temperatura média superior a 24 °C, alta luminosidade para um bom desenvolvimento vegetativo. Temperaturas médias de 20-24 °C combinadas com fraca luminosidade, curto fotoperíodo e baixa humidade do solo favorecem o desenvolvimento das raízes de reserva. Para um bom crescimento vegetativo, as temperaturas mínimas e óptimas devem variar de 12-14 °C e 21-24 °C respectivamente, e a paragem do desenvolvimento vegetativo da cultura é dada quando a temperatura é inferior a 10 °C. As temperaturas críticas para a plantação são: nocturnas 10 °C e diurnas 16-18 °C (Andrade *et al.*, 2010; Barbosa, 2005; Cêrmeno, 1988; Santos, 2009).

A cultura de batata-doce é tolerante a seca quando comparada com outras culturas, mas a falta de humidade na fase inicial de formação das raízes de reserva pode reduzir o rendimento. A fase crítica de disponibilidade de humidade no solo ocorre na primeira semana após o plantio, pois as ramas não possuem ainda um sistema radicular para explorar a humidade contida no solo, tornando-se necessário fazer pelo menos duas regas. Quanto ao regime pluviométrico, a cultura deve ser implantada em regiões com média anual de 750 a 1000 mm de chuva, onde 500 mm são necessários durante a fase de crescimento (Andrade *et al.*, 2010; Mayhew e Penny, 1988).

2.4.2. Tipos de Solos e pH.

A batata-doce pode ser cultivada com êxito em diferentes tipos de solos, desde os francos arenosos até os mais argilosos produzindo melhor em solos franco-argilosos. Entretanto, quando os solos são muito pesados os rendimentos são baixos porque há formação de raízes de reserva pequenas, com formatos irregulares e não aptas para a comercialização. Por outro lado os solos leves (arenosos) facilitam o crescimento lateral das raízes, evitando a formação de raízes tortas ou dobradas, facilitando a colheita. Porém, nestes mesmos solos, quando chove os caules e as raízes ficam expostos e são facilmente infestados por gorgulho (Braga, 2005; Maroto, 1995; Santos, 2008).

Segundo Andrade *et al.* (2010) e Maroto (1995), a batata-doce pode ser considerada como tolerante à acidez do solo, sendo mais tolerante que a maioria das outras hortícolas, podendo crescer e produzir bem em solos com pH na faixa de 4.5 a 7.7.

2.5. Necessidades Nutricionais da Cultura de Batata-doce.

A extração de nutrientes depende das cultivares, solo, clima, ciclo da cultura, e os rendimentos obtidos estão diretamente relacionados com o suprimento das necessidades em K, N e P (Maroto, 1995). Segundo de Wit, Chongo e Menete (2001), a batata-doce necessita de 150-200 kg.ha⁻¹ de K, 120-180 kg.ha⁻¹ de N e 20-30 kg.ha⁻¹ de P durante todo o ciclo. Porém, de acordo com Echer *et al.* (2009), a batata-doce chega a remover cerca de 300 a 400 kg.ha⁻¹ de K₂O por meio da colheita das raízes tuberosas, para uma colheita de 30 ton. ha⁻¹, podendo esgotar rapidamente as reservas dos solos, principalmente os mais arenosos.

Porém, segundo Maroto (1995), algumas experiências de adubação realizadas na batata-doce indicam que para se obter 15 ton. ha⁻¹ ela extrai cerca de 90-100 kg.ha⁻¹ de K₂O, 60-70 kg.ha⁻¹ de N, 15-20 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e para se obter 30 ton. ha⁻¹ necessita de 257 kg.ha⁻¹ de K₂O, 129 kg.ha⁻¹ de N e 50 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. Contudo, a aplicação de doses elevadas de nutrientes, como potássio, ocasiona uma diminuição na produtividade devido à elevação da salinidade do solo ocasionada pelas maiores concentrações de adubo nas raízes (Viana, 2009).

A batata-doce possui um sistema radicular muito ramificado, apresentando alta capacidade de exploração e esgotamento do solo, o que a torna eficiente na absorção e exportação de nutrientes levando a uma rápida diminuição da reserva destes no solo. Quando a batata-doce é cultivada em solos com fertilidade natural média a alta, geralmente não há resposta à adubação. Mas em solos pouco férteis o uso de fertilizantes minerais e orgânicos proporciona um aumento significativo na produtividade. A combinação de K e N é importante para o aumento do número e peso das raízes tuberosas. As exigências minerais da cultura da batata-doce estão na seguinte ordem decrescente potássio, nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio (Mithra e Somasundaram, 2008; Santos, 2008; Viana, 2009).

2.6. Composição Química das Raízes da Batata-doce.

Segundo Bradbury e Hollyway (1988), o teor da matéria seca nas raízes da Batata-doce varia entre 16 a 40% do peso fresco, dependendo das condições ambientais, variedades e de práticas culturais. As raízes constituem uma excelente fonte de energia, com a vantagem de produzir elevado teor de carboidratos por unidade de área e de tempo em relação as outras culturas de raízes e tubérculos. Aproximadamente 80 a 90 % da matéria seca é composta por carboidratos, onde o amido é o mais abundante com teores que variam entre 60 a 70 % da matéria seca, seguido pelos açúcares totais e menores quantidades de pectina, hemicelulose e celulose. As raízes desta cultura possuem proteínas embora que em baixos teores, aproximadamente 2 %, porém superior ao teor de proteína da mandioca e banana (Laurie, 2010). Contém também fibra dietética, lípidos e cinzas, minerais essenciais tais como: Ca, P, Mg, Na, K, S, Fe, Cu, Zn, Mn, e B, é fonte da vitamina A, C, complexo B, e uma gama de compostos químicos relevantes para o homem (Islam, 2006).

Diferentemente das outras variedades, as de polpa alaranjada tais como as usadas neste estudo, são ricas em betacaroteno, um pigmento amarelo alaranjado que quando consumido pelo organismo humano, é convertido em vitamina A. Para além de ser fonte de vitamina A o betacaroteno tem acção anti-oxidante, que consiste na eliminação de radicais livres que causam uma vasta gama de doenças cancerígenas. Estudos realizados em raízes de polpa alaranjada

revelam que em cada 100g de raiz contém a quantidade de vitamina A equivalente a 23 kg da batata-reno (Bisone e Marezki, 1982).

Segundo Silveira *et al.* (2011), a composição química das raízes depende das condições climáticas, sistema de cultivo, época de colheita e as variedades. Nota-se que para a mesmo composto, os teores diferem entre os diferentes autores (Tabela 1), e de acordo com Bradbury e Hollyway (1988), para as raízes de batata-doce, essa diferença pode se dever as diferenças na composição genética entre as variedades, das condições climáticas e de solo onde as plantas se desenvolveram assim como a data em que as raízes foram colhidas.

Tabela 1. Composição química média das raízes de batata-doce em 100g, de acordo com vários autores.

Nutrientes	Unidade	Woolfe (1992)	USDA (2009)	Kruger <i>et al</i>	Sai (2005)
Matéria seca	g	29.1	22.7	19.6	33.1
Energia	kJ	438	359	232	552
Proteína	g	1.4	1.6	1.1	1.22
Carboidratos	g	-	20.1	15.6	31.5
Açúcares red.	g	2.4	4.3	4.4	-
Amido	g	20.1	12.6	11.2	-
Ferro	mg	0.49	0.61	0.3	0.7
Zinco	mg	0.59	0.3	0.18	0.2
Betacaroteno	µg	7820	944	20	0

Fonte: Adaptado de Laurie (2010).

2.7. O Potássio na Cultura de Batata-doce.

2.7.1. Absorção, Ocorrência e Importância.

O potássio é absorvido pelas plantas, tanto através das raízes bem como das folhas na forma do íon K^+ e nessa forma ocorre nos vacúolos de células, em tecidos novos e nos caules. É absorvido pelas raízes pelos processos de difusão e fluxo de massa (K_s e K_t), sendo o mais importante o processo de difusão com cerca de 60-70% de contribuição seguida do fluxo de massa com 30-40%. O potássio ocorre em quatro formas: estrutural (K_{est}), não trocável (K_{nt}), trocável (K_t) e na solução (K_s) do solo. As formas de potássio em solução e trocável são consideradas

prontamente disponíveis às plantas e as restantes constituem a reserva deste nos solos. Em regiões tropicais, onde há predominância de solos meteorizados (Ferralsolos e Lixisolos), a reserva de potássio é muito baixa. Porém, os Lixisolos apresentam maiores teores de potássio quando comparados com solos meteorizados ou de textura arenosa que apresentam uma limitada reserva deste, necessitando de fertilização (Faria *et al.*, 2012; de Mello *et al.*, 1987; Santos, 1996; Werle *et al.*, 2008; de Wit, Chongo e Menete, 2001).

O potássio aumenta a eficiência da luz na fotossíntese, regulando o mecanismo de abertura e fechamento dos estômas e na translocação dos produtos assimilados das folhas para os drenos da planta, quando bem utilizado melhora a qualidade da produção. Quando há um amplo fornecimento deste no solo as plantas são mais fortes, melhora a qualidade de fibra, tendem a formarem um maior sistema radicular que é importante para a absorção de outros nutrientes e água, mais carboidratos são formados nas culturas de tubérculos e há maior resistência contra o ataque de pragas e doenças. De uma forma geral, o potássio desempenha papel importante na formação, no crescimento e na qualidade dos tubérculos, implicando na produção de tubérculos bem desenvolvidos em detrimento da produção de tubérculos menores (Borchardt, 2010; Brito *et al.*, 2006; Cogo, 2006; de Wit, Chongo e Menete, 2001).

2.7.2. Sintomas de Deficiência e de Toxicidade.

Os sintomas de deficiência de potássio nas plantas são variáveis. No caso das folhas, ocorre um intenso amarelecimento e necrose nas bordas entre as nervuras das folhas velhas, há uma diminuição da pigmentação roxa em folhas jovens. Também pode traduzir-se por uma redução da produção de raízes comerciais, maior formação de raízes curtas e irregulares com menor intensidade de cor (Borchardt, 2010; Brito *et al.*, 2006; Echer *et al.*, 2009; Gros, 1967).

Segundo Barker e Pilbean (2007), a toxicidade é verificada quando níveis excessivos de potássio são aplicados, pois podem interferir no crescimento e produtividade da cultura por distúrbios nutricionais decorrentes do antagonismo com outros cátions com efeito na produção e qualidade do produto. Porém, resultados de experiências realizadas por Cogo (2006), indicam que níveis elevados de adubação potássica não exercem efeito depressivo na produtividade em condições de níveis compatíveis de outros cátions macronutrientes, mas ainda segundo Barker e Pilbean

(2007), o excesso de potássio no solo reduz a disponibilidade e absorção de Mg^{2+} e Ca^{2+} pela planta.

2.7.3. Potássio no Solo: Disponibilidade e Perdas.

A disponibilidade do potássio no solo, não só depende das formas presentes no solo, mas também da quantidade armazenada em cada uma dessas formas. Segundo de Mello *et al.* (1987), Steiner (2010) e Werle *et al.* (2008), quanto à possibilidade de utilização pelas plantas, o potássio encontra-se disponível no solo em três formas: potássio prontamente disponível, lentamente disponível e não disponível. As formas disponíveis são absorvidas pelos processos de difusão, fluxo de massa e interceptação radicular, e as formas não disponíveis encontram-se nos minerais primários (Micas e Feldspato).

A lixiviação, a erosão e colheita são geralmente as formas mais importantes de perdas físicas de potássio. Werle *et al.* (2008), estudando a “*lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente*”, constataram que a lixiviação também é favorecida em solos argilosos com alta CTC e com a elevação dos teores de potássio no solo.

2.8. O Nitrogênio na Cultura de Batata-doce.

O nitrogênio é o segundo nutriente mais exigido pela batata-doce. Encontra-se nas plantas em quantidades referidas à matéria seca na ordem de 1% a 5% do total e 40% a 50% do protoplasma das células. A utilização deste nutriente merece atenção especial, pois em solos com alta disponibilidade desse elemento ocorre um intenso crescimento da parte aérea em detrimento da formação de raízes tuberosas (Menete e Chongo, 1999; Santos, 1996; de Wit, Chongo e Menete, 2001). Em pesquisas feitas por Oliveira *et al.* (2005) visando a obtenção de “*Rendimento e qualidade de raízes de batata-doce adubada com níveis de uréia*”, constatou-se que a produção de raízes comerciais de batata-doce em função das doses de N atingiu valor máximo estimado de $18.8 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ no nível de $339 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de uréia. O teor de glicose (açúcares redutores), nas raízes da batata-doce, aumentou em função dos níveis de uréia, até o nível de 187 kg ha^{-1} , com teor

máximo de 8.7%. O teor de amido foi reduzido com a elevação dos níveis de uréia, com percentual mínimo de 57% no nível de 460 kg ha⁻¹.

De uma forma geral, o nitrogénio é o nutriente que estimula o crescimento vegetal, formação da planta e folhas desenvolvidas (Menete e Chongo, 1999).

Sintomas de Deficiência e Toxicidade: a deficiência de nitrogénio manifesta-se inicialmente nas folhas mais velhas ficando cloróticas, seguido das mais novas, sendo que com o agravamento da deficiência surgem manchas necróticas internervais, podendo ocorrer abscisão das folhas, ocorrendo igualmente redução significativa na qualidade. A toxicidade pode ser resultado de adubação excessiva e/ou da presença de formas de nitrogénio menos preferidas pela cultura (Maroto, 1995; de Wit, Chongo e Menete, 2001).

2.9. O Fósforo na Cultura de Batata-doce.

O fósforo é o nutriente menos extraído pela cultura quando comparado com o potássio e nitrogénio. Este nutriente é extremamente importante para o desenvolvimento inicial das raízes, pois a planta precisará de raízes bem desenvolvidas para a absorção de água e outros nutrientes. Quando aplicado correctamente, é o nutriente que pode ocasionar melhores respostas na batata-doce, pois o fornecimento de doses adequadas estimula o desenvolvimento radicular, é importante para a formação de primórdios florais. De uma maneira geral este nutriente tem a função de fornecer e armazenar energia para a realização de funções vitais na planta (Gros, 1967; Hirosse *et al.*, 2012; Maroto, 1995).

Sintomas de Deficiência e Toxicidade: o fósforo é móvel na planta e devido a isso, os sintomas de deficiência ocorrem, inicialmente, nas folhas mais velhas, surgindo áreas amareladas nas bordas. Nas folhas novas, os sintomas manifestam-se de seguinte maneira: folhas verdes escuras e curvadas para cima. Em geral, as plantas têm um crescimento reduzido e ocorre a redução do ciclo vegetativo. O excesso de fósforo induz a deficiência de micronutrientes particularmente o Zinco ou Cobre (Barker e Pilbeam, 2007; Maroto, 1995; de Wit, Chongo e Menete, 2001).

2.10. O Boro na Cultura da Batata-doce.

De acordo com Goldberg (1993), a absorção de boro pelas plantas depende somente da sua actividade na solução do solo. Esta, por sua vez, depende das reações de adsorção entre o boro e seus adsorventes existentes no solo, tais como, os óxidos de ferro e alumínio, os minerais de argila, a matéria orgânica, o hidróxido de magnésio e o carbonato de cálcio. A adsorção aumenta com o aumento do pH, da temperatura, do teor de materiais adsorventes e com a diminuição da humidade do solo. Os óxidos de alumínio fixam mais boro que os óxidos de ferro. Assim, em pH 6.0 a adsorção de boro é aproximadamente 20 vezes maior nos óxidos de alumínio que nos óxidos de ferro.

Segundo Yamada (2000), o boro está relacionado a muitos processos fisiológicos da planta que são afectados pela sua deficiência, como transporte de açúcares, síntese da parede celular, estrutura da parede, metabolismo de carboidratos. Alguns estudos indicam que, a absorção de potássio aumenta com o boro e quase não ocorre na sua ausência, ou seja, muitos casos de deficiência aparente de potássio podem ser, de facto, deficiência de boro. Também, o boro tem um papel importante no transporte de fósforo através das membranas e, assim, como ocorre com o potássio, muitos casos de deficiência de fósforo podem ser, na verdade, o reflexo da deficiência de boro.

Segundo Mesquita *et al.* (2007) e Yamada (2000), o boro também desempenha um papel importante na migração e metabolismo de carboidratos, facilitando o transporte de açúcares através das membranas. A deficiência de boro, além de diminuir a eficiência da adubação potássica, libera sacarose e aminoácidos que são nutrientes para pragas e patógenos de plantas.

2.11. Alguns Estudos Realizados com Recurso a Adubação Potássica, Boro e outros Nutrientes na Cultura da Batata-doce.

Com o objectivo de avaliar o efeito da adubação potássica no rendimento da cultura de batata-doce, Tuco-Tuco (2013), testou quatro doses de potássio (0, 75, 150 e 225 kg.ha⁻¹) num solo inerte de classe textural arenoso, tendo constatado que tanto as doses de adubação, as variedades assim como a interação entre elas não exerceram nenhum efeito sobre as variáveis medidas no

ensaio tais como, rendimento total, rendimento comercial, número médio de raízes por planta, peso médio de raízes e diâmetro e comprimento.

Pechiço (2013), avaliando o efeito da variedade na composição química das folhas e raízes, testou 15 variedades de polpa alaranjada. Ele, constatou que as variedades exercem efeitos significativos em todas as variáveis medidas para a composição química das raízes tais como, matéria seca, betacaroteno, amido, açúcares redutores (sacarose, glicose e frutose), proteínas, ferro e zinco.

Brito *et al.* (2006), testando diferentes doses de potássio (0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg.ha⁻¹) num solo de textura franco-arenosa com baixo teor inicial de potássio, obtiveram cerca de 14.8 e 8.4 ton. ha⁻¹ de produção total e comercial de raízes nas doses de 194 e 174 kg.ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. O baixo teor inicial de potássio no solo e o parcelamento deste pode ter influenciado na resposta a adubação potássica. Segundo Cardoso *et al.* (2007), o parcelamento da adubação potássica na cultura da batata para além de garantir menor perda por lixiviação, reduzir o efeito salino, também influencia na produtividade de tubérculos.

Valores superiores aos encontrados por Brito *et al.* (2006) foram por Echer *et al.* (2009) obtidos, estudando o efeito de boro e potássio na produtividade da batata-doce, onde cerca de 21 ton. ha⁻¹ de produtividade eram obtidas quando se aplicavam 138 kg.ha⁻¹ de K₂O na ausência de boro. De salientar que esses valores superiores foram obtidos num solo de textura arenosa com baixo teor inicial de potássio e com o parcelamento do mesmo nas adubações. Deste modo, pode-se constatar que o teor inicial de potássio no solo e o seu parcelamento durante as adubações foram de alguma forma importante na resposta da cultura à adubação potássica.

Wei *et al.* (2001), estudando a resposta de potássio no rendimento da Batata-doce obteve aumentos significativos de rendimentos de 1.6 para 21.5 ton. ha⁻¹ com uma média de 9.2 ton. ha⁻¹. A resposta no rendimento por kg de K₂O foi de 10.5 para 9.5 kg com uma média de 43.9 kgs. Echer *et al.* (2007), verificaram que a utilização de 120 kg.ha⁻¹ de K₂O em combinação com 100 kg.ha⁻¹ de N foram responsáveis pela produtividade máxima de raízes, cerca de 23.4 ton. ha⁻¹ estudando a resposta da interação entre diferentes doses de N e de K.

Maroto (1995), utilizando duas doses de N (171 e 202 kg.ha⁻¹) conjuntamente com três doses de K (70, 140 e 280 kg.ha⁻¹) num solo arenoso, constatou que o uso de doses baixas de N e elevadas de K proporcionaram maiores rendimentos de tubérculos ao contrário do uso de doses elevadas de N e baixas de K. No mesmo diapasão, Foloni *et al.* (2013) obtiveram uma resposta positiva no rendimento comercial de raízes, cerca de 24.4 kg.ha⁻¹ nas doses mais altas de potássio combinado com baixas de nitrogênio. Resultados aproximados foram obtidos em ensaios experimentais por Bourke (1985) testando níveis de N (0, 75, 150 e 225 kg.ha⁻¹) e K (0, 125, 250 e 375 kg.ha⁻¹) e pelo Hartemink (2003) testando de forma conjunta o N e K em Papua New Guinea, onde se notou um aumento no rendimento das raízes tuberosas, no número de raízes por planta e no peso médio das raízes com a aplicação de K. Segundo Brito *et al.* (2006) e Gomes (2010), num solo arenoso e de baixa fertilidade verifica-se uma maior necessidade em potássio e este é o nutriente requerido em maior quantidade pela batata-doce exercendo decisiva influência na formação das raízes tuberosas.

Al-Moshileh e Errebi (2004), em suas pesquisas usando cinco níveis de Sulfato de Potássio (0, 150, 300, 450 e 600 kg.ha⁻¹) para avaliar o seu efeito no crescimento, rendimento e qualidade da Batata (*Solanum tuberosum*) num solo arenoso e sob condições áridas, constataram que com o aumento dos níveis de Sulfato de Potássio até 450 kg.ha⁻¹, houve uma resposta positiva no rendimento comercial da batata em 17.91, 21.53, 28.66 e 31.90 ton.ha⁻¹ nos respectivos níveis de adubação e em contrapartida, níveis altos de K não incrementaram o rendimento da batata. Segundo Cardoso *et al.* (2007), Nava *et al.* (2007) e Reis Júnior (2001), o uso excessivo deste nutriente pode reduzir a produção de tubérculos, diminuir a matéria seca e o amido nos tubérculos pese embora o K seja importante para o aumento do rendimento dos tubérculos.

Lenoble *et al.* (1993) observaram que em dicotiledóneas o boro proporcionou o desenvolvimento das raízes mesmo sob condições de alumínio tóxico. Também, Mesquita *et al.* (2007), testando quatro doses de boro (0, 0.75, 1.5 e 3 mg.dm⁻³) em duas cultivares de batata, constataram que as doses crescentes de boro aumentaram a produtividade com a dose de 2.19 mg.dm⁻³, tendo também constatado o aumento de matéria seca e amido, enquanto os teores de açúcares redutores reduziram-se com o aumento de boro nas duas cultivares de batata.

Echer e Creste (2011), ao avaliar a produtividade da cultura de batata-doce em resposta a fontes, doses e modos de aplicação de boro, constataram que a produtividade máxima de batata-doce foi alcançada com a aplicação de 2 kg.ha⁻¹ de boro.

3. MATERIAIS E MÉTODOS.

3.1. Descrição e Caracterização da Área de Estudo.

O ensaio foi conduzido entre os meses de Outubro de 2015 a Março de 2016, no campo de multiplicação de batata-doce e mandioca do Centro Internacional de Batata em Nwalate com as coordenadas 26°1'23.39"S e 32°17'44.70"E, localizado no distrito de Boane a sudeste da Província de Maputo e a 30 km da cidade de Maputo (MAE, 2005). Durante a condução do ensaio, foi registado uma temperatura média mensal de 27.2 °C e uma precipitação total de 61.1 mm para todo o ciclo (Tabela 2). Esta temperatura é considerada favorável para um bom crescimento da cultura de batata-doce, porém, a precipitação registada foi muito baixa, deste modo, o défice foi completado pela rega.

Tabela 2. Dados climáticos da Estação Agrária de Umbelúzi no período da realização do ensaio (Outubro de 2015 a Março 2016).

Meses	Tmin (°C)	Tmáx (°C)	Pr (mm)	HR (%)
Outubro	18.9	32.3	16.8	50.3
Novembro	19.4	31.9	13.1	55.2
Dezembro	22.5	34.8	9.1	53.5
Janeiro	22.2	33.2	15.6	61.4
Fevereiro	22.8	34.4	6.6	58.5
Março	21.9	32.6	0.0	69.2
Total			61.1	

Tmin: temperatura mínima; **Tmáx:** temperatura máxima; **Pr:** precipitação; **HR:** humidade relativa.

Fonte: CIP_MOZ (2016).

3.2. Descrição dos Tratamentos.

Os tratamentos consistiram basicamente na combinação de diferentes doses de potássio e boro, juntamente com as diferentes variedades de batata-doce de polpa alaranjada (Tabela 3). O tratamento controlo consistiu em não aplicação de potássio e boro, mas com as quantidades recomendadas de fósforo. Para os restantes tratamentos, a aplicação de potássio e boro, juntamente com o fosforo foi feita na adubação de fundo. Importa referir que não houve adubação nitrogenada, pois o solo possuía quantidades recomendáveis para o crescimento da planta, que segundo o de Wit, Chongo e Menete (2001) varia de 120 a 180 kg.ha⁻¹, foi feita uma

transformação usando factores de conversão de percentagem para o respectivo valor em quilograma por hectare para os teores de nitrogénio no solo ($\% \times 10000 = \text{ppm}$ e $\text{ppm} \times 2 = \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Tabela 3. Descrição dos tratamentos.

Variedades	B (kg.ha-1)	K (kg.ha-1)	Significado	Tratamentos	Variedades	B (kg.ha-1)	K (kg.ha-1)	Significado	Tratamentos
Irene	0	0	Irene-0-0	T1	Bela	0	0	Bela-0-0	T19
		100	Irene -0-100	T2			100	Bela -0-100	T20
		200	Irene -0-200	T3			200	Bela-0-200	T21
	1.5	0	Irene -1.5-0	T4		1.5	0	Bela-1.5-0	T22
		100	Irene -1.5-100	T5			100	Bela-1.5-100	T23
		200	Irene -1.5-150	T6			200	Bela-1.5-150	T24
	3	0	Irene -3-0	T7		3	0	Bela-3-0	T25
		100	Irene -3-100	T8			100	Bela-3-100	T26
		200	Irene -3-200	T9			200	Bela-3-200	T27
Ininda	0	0	Ininda-0-0	T10	Délvia	0	0	Délvia-0-0	T28
		100	Ininda -0-100	T11			100	Délvia -0-100	T29
		200	Ininda -0-200	T12			200	Délvia-0-200	T30
	1.5	0	Ininda -1.5-0	T13		1.5	0	Délvia-1.5-0	T31
		100	Ininda -1.5-100	T14			100	Délvia-1.5-100	T32
		200	Ininda -1.5-150	T15			200	Délvia -1.5-200	T33
	3	0	Ininda -3-0	T16		3	0	Délvia-3-0	T34
		100	Ininda -3-100	T17			100	Délvia-3-100	T35
		200	Ininda -3-200	T18			200	Délvia-3-200	T36

3.3. Delineamento Experimental

O ensaio teve uma duração de 168 dias aproximadamente e os tratamentos estavam arranados num factorial ($3 \times 3 \times 4$) em Blocos Completos Casualizados (DBCC), onde foram testadas a combinação de três diferentes doses de potássio (0, 100 e 200 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) e três doses de boro (0, 1.5 e 3 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) no rendimento e qualidade de quatro variedades de batata-doce de polpa alaranjada (Irene, Ininda, Bela e Délvia) em 4 repetições e 36 tratamentos. Este delineamento experimental permite analisar a resposta das variáveis medidas (variáveis dependentes) das 4 variedades de batata-doce de polpa alaranjada à adubação com potássio e boro (variáveis independentes). Este tipo de delineamento experimental e o respectivo modelo de análise estatística é recomendado para análise combinada dos tratamentos de adubação sem necessidade de análise independente ou isolada de cada um dos 36 tratamentos (Gomez e Gomez, 1984).

3.4. Plantação, Rega, Adubação e Colheita

O ensaio teve uma área total de 1596 m², constituído por 144 parcelas dispostas em 4 blocos de 36 parcelas cada. A distância entre os blocos foi de 2 m e entre as parcelas dentro do bloco de 0.5 m. Cada parcela tinha uma área de 7.2 m², constituído por três camalhões de 3 m de comprimento separados por 0.5 m, e uma área útil de 1.92 m².

A preparação do campo foi antecedida pela colheita de amostras de solo na camada 0-20 cm. As amostras foram colhidas em ziguezague usando um padrão de amostragem X, onde foram colhidas cerca de 10 sub-amostras, uma sub-amostra em cada 30 passos, e misturadas num balde, e de seguida retirado 1000 g de solo e colocado num saco plástico devidamente etiquetado e enviado ao Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF), para a análise das suas propriedades físicas e químicas. Para a determinação das propriedades físico-químicas do solo, foram usados os métodos recomendados por Houba *et al.* (1989) e Westerhout e Boove (1985), e a sua classificação feita segundo de Wit, Chongo e Menete (2001). A preparação do solo consistiu em uma lavoura e duas gradagens, seguida de abertura dos camalhões e demarcação das parcelas. A plantação foi feita nos dias 19 e 20 de Outubro de 2015, usando mini-ramas com cerca de 30 cm de comprimento com o mínimo de 3 nós, obtidas no campo de multiplicação do CIP, localizada em Nwalate (Boane). Foram plantadas a uma taxa de uma mini-rama por covacho, obedecendo a um compasso de 0.8 * 0.3 m, resultando em 30 plantas por parcela e 8 plantas na área útil. A adubação foi feita usando 521.7 g e 782.6 g por talhão de sulfato de potássio nas doses de 100 e 200 kg.ha⁻¹ de potássio, com cerca de 63.5 g e 127 g por talhão de ultrabor nas doses de 1.5 e 3 kg.ha⁻¹ de boro. Foi aplicado cerca de 471.3 g de superfosfato simples por talhão para todos os tratamentos de estudo (Figura 2).



Figura 2. Diferentes fases da condução do ensaio: lavoura (A), plantação (B); adubação (C) e sachas (D).

A rega foi feita por gravidade, duas regas por semana nos primeiros 20 dias (15 mm/regas), uma rega por semana de 20 a 40 dias, e uma rega de 10 em 10 dias até a fase de colheita como recomendado por Andrade *et al.* (2010). Foi feita uma pulverização contra lagartas aos 110 DDP, usando Cipermetrina Ripcord 20% EC, numa dose de 1 ml/L de água e 300ml/ha. O controlo de infestantes foi feito sempre que necessário usando sachas seguido de amontoas com o objectivo de proteger as raízes contra os raios solares e ataque de pragas.

3.5. Descrição das variedades usadas no presente estudo.

Neste estudo, foram usadas quatro variedades de BDPA com características distintas (Tabela 4) libertadas pelo CIP em parceria com o IIAM. Estas variedades resultaram de um programa de melhoramento levado a cabo pelo CIP e o IIAM onde se fez cruzamentos entre as variedades de polpa alaranjada provenientes de outros países com as variedades locais de forma a salvaguardar as características preferidas pelos produtores locais. Posteriormente foram conduzidos ensaios de adaptabilidade às diferentes condições agro-ecológicas do país com vista a seleccionar as variedades melhor adaptadas a cada região (Andrade *et al.*, 2012).

Tabela 4. Descrição das principais características das quatro variedades de BDPA usadas neste estudo.

Variedade	Hábito de Crescimento	Adaptabilidade, Resistência a Pragas e Doenças	Cor da Polpa	Matéria seca (%)	Betacaroteno (mg/100g)
Bela	Prostrado	AA e AR	Laranja	27.5	8.39
Délvia	Semi-erecto	EM e AR	Laranja-Amarelado	32.84	5.54
Irene	Erecto	AA e AR	Laranja-Amarelado	28.8	8.3
Ininda	Semi-erecto	AA e AR	Laranja	29.32	5.31

AA: amplamente adaptado; AR: altamente resistente; EM: específica para Moçambique;

Fonte: Adaptado de Andrade *et al.* (2012) e Tumwegamire *et al.* (2013).

3.6. Colheita de Amostras e Variáveis Medidas.

A colheita de amostras de raízes foi tardia devido à precipitação que se observou a partir dos 120 DDP, período este recomendado por Pechiço (2013). Deste modo, foi feita aos 145 DDP (~21 semanas), foi colhido um total de 432 amostras o que corresponde a três amostras de raízes por tratamento nas quatro repetições, ou seja, uma amostra de três raízes colhidas aleatoriamente em cada parcela. As amostras foram colocadas em cartuchos de papel devidamente etiquetados e em seguida levadas ao laboratório de análises do CIP.

- **Matéria seca das raízes (%):** no laboratório, as amostras foram lavadas, descascadas, cortadas longitudinalmente e pesou-se cerca de 50 g de cada amostra para obtenção do peso fresco (pf), de seguida foram levadas ao *freeze dried*¹, onde permaneceram a secar durante 72 horas, depois foram pesadas para obter o peso seco (ps), posteriormente determinado o teor da matéria seca da raiz através da fórmula: $Ms = \frac{ps}{pf} * 100\%$ (1)

As amostras de raízes foram moídas e através da técnica NIRS (Near-infrared Reflectance Spectroscopy) e na base do peso seco, determinou-se os teores de amido, betacaroteno, açúcares redutores (Frutose + Sacarose + Glicose), proteínas e minerais.

¹ Aparelho usado para secar amostras de raízes à temperaturas de congelamento.

O NIRS (Near-Infrared Reflectance Spectroscopy): é uma técnica de medição da composição química da matéria orgânica baseada na relação entre as propriedades químicas e absorção de energia em diferentes comprimentos de onda na região infravermelha próxima. Actualmente a tecnologia NIRS é aplicada em extensos programas de análise de qualidade nutricional de muitas culturas alimentares (Lu *et al.*, 2006).

- **Rendimento das raízes:** na altura da colheita, as raízes foram separadas em comerciais e não comerciais dentro da área útil (Figura 3), e em seguida pesada, a partir dos pesos foram calculados os rendimentos comercial, não comercial e total usando a seguinte expressão:

$$\text{Rendimento (ton/ha)} = \frac{(P \times 10\,000 \text{ m}^2) / \text{Autil}}{1\,000} \quad (2)$$

P - Peso de raízes em kg dentro da área útil;

Autil - Área útil (1.92 m²);

Aspectos externos como rachaduras e peso das raízes (≥ 80 g) determinaram a classificação de raízes comerciais segundo a EMBRAPA (1995).



Figura 3. Rendimento comercial (esquerda) e não comercial (direita) para as variedades Bela (A) e Irene (B).

Fonte: O autor.

- **Número médio de raízes por planta:** mediu-se através da divisão do somatório das raízes de todos os tratamentos pelo número de plantas por tratamento;

3.7. Análise Estatística

Para fazer a análise do efeito da adubação com potássio e boro, tanto de forma isolada assim como combinada e das variedades, nas variáveis de estudo tais como, rendimento total, comercial e não comercial, número médio de raízes por planta, teores de matéria seca, amido, betacaroteno, proteínas, açúcares redutores, fez-se ANOVA a 5% de significância com base no pacote estatístico STATA na *versão 13.1*. Foram feitos os testes de especificações de Shapiro-Wilk e de Breusch-Pagan para verificar os pressupostos de normalidade e homocedasticidade dos resíduos respectivamente.

Nos casos em que se observou um efeito significativo das fontes de variação sobre as variáveis respostas (variáveis medidas), foi feito o teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância com o objectivo de identificar os melhores tratamentos. As variáveis matéria seca, beta caroteno, amido, proteínas e açúcares redutores foram submetidas à transformação $\sin(X)$ de modo a restabelecer a normalidade dos resíduos, onde X é a variável antes da transformação (Gomez e Gomez, 1984).

Para além da ANOVA fez-se também o teste de correlação de Pearson com a finalidade de verificar o grau de associação entre as variáveis, rendimento total, comercial e não comercial, número médio de raízes por planta, teores de matéria seca, amido, beta caroteno, proteínas, açúcares redutores e minerais nas raízes com base no pacote estatístico STATA *versão 13.1*.

O modelo estatístico do delineamento usado encontra-se apresentado a seguir:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \phi_l + \epsilon_{ijkl}; \quad i=1,2,3; j:1,2,3; k:1,2,3,4; l:1,2,3,4 \quad (3)$$

$$\epsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2);$$

Onde:

i = representa os níveis de adubação potássica;

j = representa os níveis de boro;

k = representa as diferentes variedades;

l = representa o número de blocos;

Y_{ilkj} = representa o valor da variável resposta obtida na repetição l que recebeu o nível i de potássio, j de boro e k de variedade.

μ = média geral;

α_i = é o efeito do nível i do potássio;

β_j = é o efeito do nível j do boro;

γ_k = é o efeito do nível k de variedade;

$(\alpha\beta)_{ij}$ = é a interação do nível i do potássio e o nível j de boro;

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = é a interação do nível i do potássio e o nível k de variedade;

$(\beta\gamma)_{jk}$ = é a interação do nível j de boro e o nível k de variedade;

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = é a interação do nível i do potássio, nível j de boro e nível k de variedade;

Φ_l = é o efeito do bloco;

ϵ_{ijkl} = é o termo erro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições iniciais do solo.

Segundo os dados laboratoriais, o solo da área de estudo foi classificada como sendo de classe textural argilosa, com o pH favorável ao bom crescimento das plantas. O solo apresenta altos teores de alguns macronutrientes tais como, nitrogénio, cálcio, magnésio e teores médios de potássio, porém pobre em fósforo (Tabela 5), o que suscitou uma adubação fosfatada usando superfosfato simples.

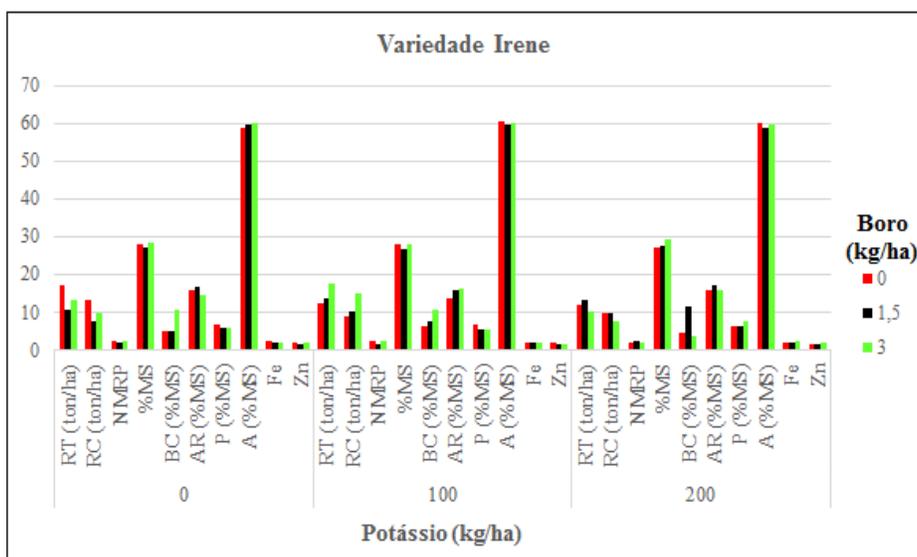
Tabela 5. Características físicas e químicas da camada de 0-20 cm do solo da área de estudo.

Parâmetro	Unidade	Valor	Classificação	Métodos usados
pH		6.98	Muito ligeiramente ácido	Potenciômetro
CEe	mS.cm-1	0.142	Não salino	Condutímetro
Argila	%	65	Argiloso	Pipeta
Limo		29.5		
Areia		5.5		
Materia Orgânica		2.68	Médio	Walkley e Black
Nitrogénio		0.18	Alto	Kjeldahl
Fósforo	meq.100g-1	0.003484	Muito baixa	Olsen
Potássio		0.18	Médio	Fotômetro de chama
Cálcio		20.8	Alto	Complexometria
Magnésio		12.8	Alto	Complexometria
Sódio		0.52	Médio	Fotômetro de chama

CEe: condutividade eléctrica do extracto saturado;

4.2. Resumo dos resultados

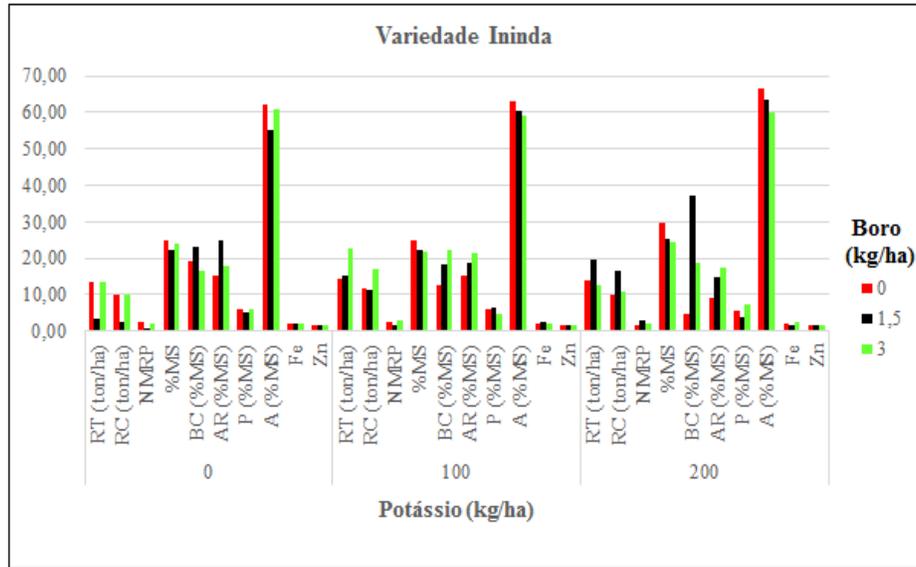
De uma forma geral, todas as variedades estudadas apresentaram teores de amido acima dos 50% da matéria seca (Figuras 4, 5, 6 e 7). Este, pode ser explicado pelo facto de em culturas de raízes e tubérculos, o amido constituir o principal componente (Oliveira *et al.*, 2005; Silva, 2013).



RT: Rendimento Total; **RC:** Rendimento Comercial; **NMRP:** Número Médio de Raízes por Planta; **MS:** Matéria Seca; **BC:** Betacaroteno; **Fe:** Ferro; **Zn:** Zinco; **AR:** Açúcares Redutores; **P:** Proteína; **A:** Amido.

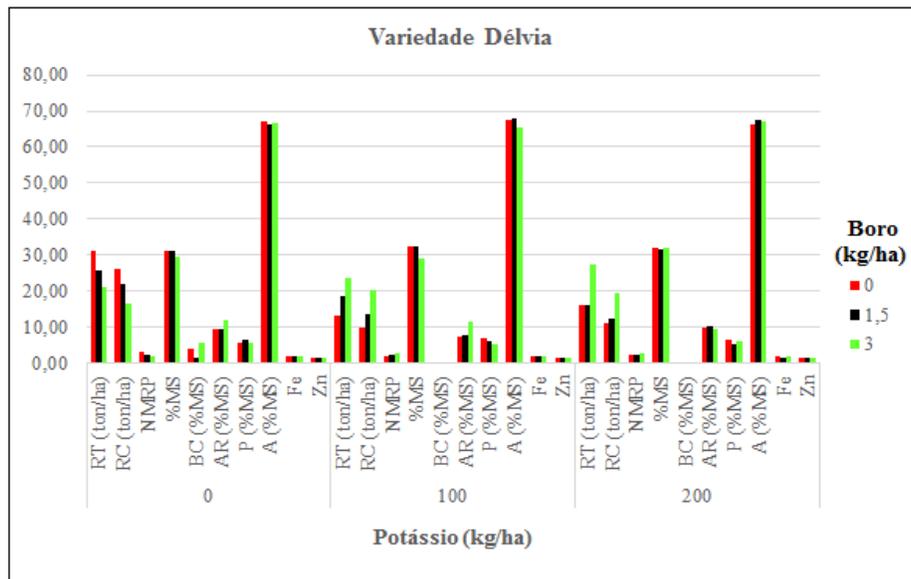
Figura 4. Efeito dos tratamentos no rendimento e composição química das raízes da variedade Irene.

A variedade Irene apresentou baixos rendimentos em todos os tratamentos estudados. Também, apresentou maiores teores de matéria seca nas raízes (Figura 4) que os de betacaroteno em todos os tratamentos. Este pode ser explicado pela correlação negativa que se observou entre os dois componentes. A variedade Ininda apresentou maiores teores de betacaroteno (Figura 5) nas raízes que a Irene, o que pode ser explicado pela coloração da polpa, pois esta variedade possui a cor de polpa alaranjada, e a cor da polpa está directamente relacionado com o teor de betacaroteno nas raízes. Os rendimentos observados para esta variedade, apresentam uma tendência crescente quando aplicado cerca de 100 e 200 kg.ha⁻¹ de potássio em todos os níveis de boro.



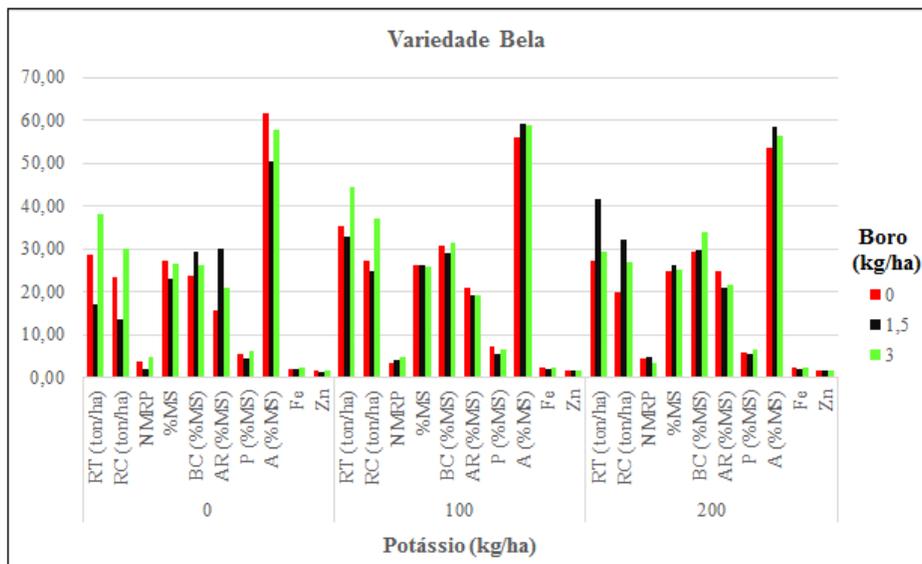
RT: Rendimento Total; **RC:** Rendimento Comercial; **NMRP:** Número Médio de Raízes por Planta; **MS:** Matéria Seca; **BC:** Betacaroteno; **Fe:** Ferro; **Zn:** Zinco; **AR:** Açúcares Redutores; **P:** Proteína; **A:** Amido.

Figura 5. Efeito dos tratamentos no rendimento e composição química das raízes da variedade Ininda.



RT: Rendimento Total; **RC:** Rendimento Comercial; **NMRP:** Número Médio de Raízes por Planta; **MS:** Matéria Seca; **BC:** Betacaroteno; **Fe:** Ferro; **Zn:** Zinco; **AR:** Açúcares Redutores; **P:** Proteína; **A:** Amido.

Figura 6. Efeito dos tratamentos no rendimento e composição química das raízes da variedade Délvia.



RT: Rendimento Total; **RC:** Rendimento Comercial; **NMRP:** Número Médio de Raízes por Planta; **MS:** Matéria Seca; **BC:** Betacaroteno; **Fe:** Ferro; **Zn:** Zinco; **AR:** Açúcares Redutores; **P:** Proteína; **A:** Amido.

Figura 7. Efeito dos tratamentos no rendimento e composição química das raízes da variedade Bela.

As variedades Bela e Délvia foram as que apresentaram maiores rendimentos quando comparadas com as restantes outras (Figuras 6 e 7). A variedade Bela foi a que mais se destacou em termos de teores de BC nas raízes (Figura 7), esta variedade apresentou maiores teores de BC que as restantes variedades. A variedade Délvia apresentou menores teores de BC nas raízes quando comparados com a %MS, o que pode ser explicado devido a correlação negativa existente entre essas duas variáveis, pois, a Délvia não possui uma intensidade de cor da polpa muito alaranjada e a intensidade da coloração da polpa está directamente relacionado com o teor de betacaroteno nas raízes, como indicam Melo, Silva e Moita (2010). Esta variedade, apresentou os rendimentos mais altos na ausência da aplicação de potássio e boro (Figura 6).

4.3. Rendimento Total e Comercial de Raízes.

A análise de variância (ANOVA) mostrou que as variedades estudadas diferem entre si quanto ao rendimento total e comercial de raízes ($p < 0.05$, Tabela 6). Essa análise mostrou ainda não haver diferenças nos rendimentos totais e comerciais quando feito a aplicação de potássio e boro no solo, tanto de forma isolada assim como combinada. Também não foi observado um efeito significativo nas variáveis estudadas quando combinados as variedades, potássio e boro ($p > 0.05$, Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância nas variáveis: rendimento total, rendimento comercial, rendimento não comercial e o número médio de raízes por planta.

	RT (ton.ha ⁻¹)	RC (ton.ha ⁻¹)	RNC (ton.ha ⁻¹)	NMRP
Variedade	S	S	NS	S
Potássio	NS	NS	NS	NS
Boro	NS	NS	NS	NS
Variedade*Potássio	NS	NS	NS	NS
Variedade*Boro	NS	NS	NS	NS
Potássio*Boro	NS	NS	NS	S
Variedade*Potássio*Boro	NS	NS	NS	NS

RT: Rendimento Total; **RC:** Rendimento Comercial; **RNC:** Rendimento Não comercial; **NMRP:** Número Médio de Raízes por Planta; **S:** Efeito Significativo ($p < 0.05$); **NS:** Efeito Não Significativo ($p > 0.05$).

As diferenças observadas nas variedades quanto ao rendimento total e comercial de raízes no presente estudo eram de se esperar, pois essas variedades apresentam características intrínsecas e extrínsecas diferentes, por exemplo, o teor de matéria seca e betacaroteno nas raízes são diferentes, e essas características estão negativamente correlacionadas, e plantas com uma boa capacidade de acumulação de matéria seca nas raízes apresentam bons rendimentos. Resultados similares também foram observados por vários autores quando avaliavam o desempenho de clones de batata-doce, a destacar por Camara (2009) avaliando o crescimento e desempenho agronômico de diferentes cultivares de batata-doce.

Adubação potássica e com boro tanto de forma isolada assim como combinada, não teve efeitos significativos nas variáveis medidas, o que pode ser explicado pela presença de teores iniciais destes nutrientes no solo que fizeram com que não houvesse resposta a adubação, e esses resultados não vão de acordo com o preconizado por Foloni *et al.* (2013) e por Rós, Narita e

Hirata (2014), pois, a batata-doce não só responde de forma satisfatória a adubação em virtude do seu sistema radicular, mas também nota-se um aumento de produtividade das raízes. E de acordo com Borchardt (2010) e Brito *et al.* (2006), o potássio é o primeiro nutriente mineral em ordem de extração, pois para além de ser importante na formação de raízes tuberosas, também desempenha um papel importante no crescimento e na qualidade dos mesmos contribuindo para o aumento de produção. O boro é um micronutriente importante, pois, de acordo com Echer *et al.* (2009), este micronutriente não só aumenta a absorção de potássio e fósforo através do sistema radicular, como também actua no transporte de carboidratos até aos órgãos de reserva.

Neste estudo não foram observadas diferenças significativas quando as adubações foram combinadas, porém, o mesmo não foi observado por Echer *et al.* (2009), pois estes observaram um efeito sinérgico entre potássio e boro, uma vez que a aplicação de um potencializou a utilização do outro, tendo-se obtido uma produtividade máxima de 27.7 ton.ha⁻¹ com a aplicação de 2 kg.ha⁻¹ de B e 200 kg.ha⁻¹ de K₂O. Também, alguns estudos desenvolvidos na cultura de Tomate por Davis *et al.* (2003) e Soja por Schons e Bleins (1990), mostraram evidências de que o uso de boro aumentou a absorção e translocação de potássio.

É possível notar que tanto para o rendimento total assim como para o comercial, a variedade Bela mostrou-se estatisticamente diferente das outras, com cerca de 32.7 e 26.1 ton.ha⁻¹ respectivamente. Por sua vez, a variedade Délvia também diferiu das restantes, mas com rendimentos inferiores aos da variedade Bela, mais superiores aos de Ininda e Irene, com cerca de 21.5 e 16.9 ton.ha⁻¹ de rendimento total e comercial respectivamente. As variedades Ininda e Irene não diferiram estatisticamente tanto no rendimento total assim como comercial de raízes e com os rendimentos mais baixos que os das variedades Bela e Délvia (Figura 8).

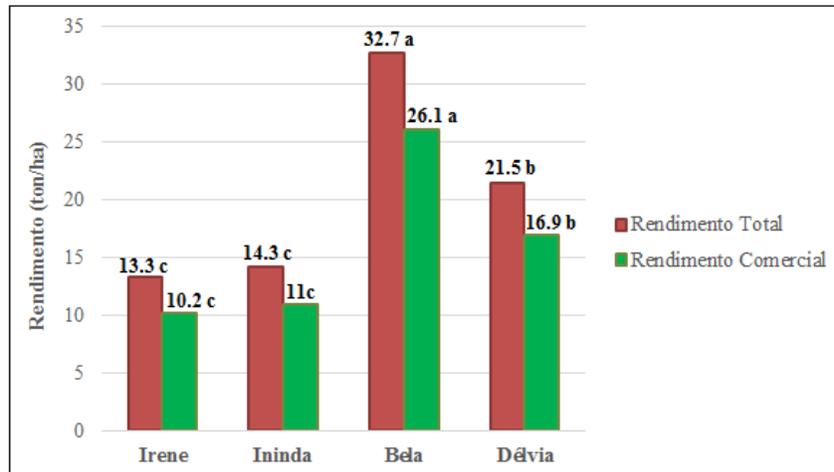


Figura 8. Comparação de médias de rendimentos totais e comerciais entre as variedades.

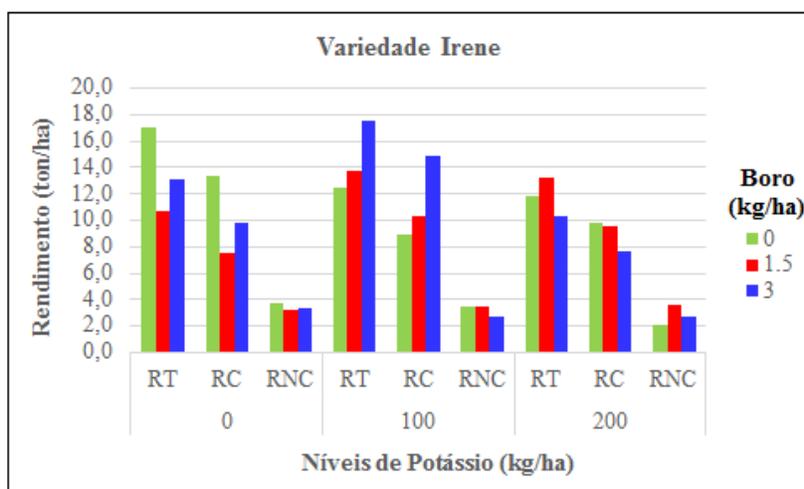
Pares de Médias seguidas da mesma letra para o mesmo tipo de avaliação (rendimento total ou comercial) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

Os rendimentos totais obtidos neste estudo para as variedades Ininda e Irene, cerca de 14.3 e 13.3 ton.ha⁻¹ respectivamente (Figura 8), são baixos quando comparados com os rendimentos observados nos ensaios de adaptabilidade em vários locais do país e também apresentados por Tumwegamire *et al.* (2013) de 22.2 e 19.6 ton.ha⁻¹ respectivamente. Esses baixos rendimentos podem ser explicados pelo facto de se ter observado um excessivo crescimento vegetativo para estas variedades durante o ensaio, devido a existência de altas concentrações de nitrogénio no solo, o que vai de acordo com o preconizado por Foloni *et al.* (2013), pois para estes, em solos com alta disponibilidade de nitrogénio ocorre intenso crescimento da parte aérea, em detrimento da formação de raízes tuberosas. Oliveira *et al.* (2005) também observou uma redução na produção de raízes com níveis acima de 339 kg.ha⁻¹ de ureia, o que pode indicar que o excesso deste nutriente foi prejudicial à formação de raízes na batata-doce, possivelmente em função da elevada produção de massa verde e formação de raízes adventícias.

Para a variedade Délvia, a diferença de rendimento foi ligeiro, pois neste estudo foram obtidos cerca de 21.5 ton.ha⁻¹ para os 23.4 ton.ha⁻¹ apresentados por Tumwegamire *et al.* (2013) e obtidos em ensaios de adaptabilidade dessa variedade. E em contrapartida, o rendimento obtido para a variedade Bela de 32.7 ton.ha⁻¹ é superior aos 25.9 ton.ha⁻¹ apresentados por Tumwegamire *et al.* (2013).

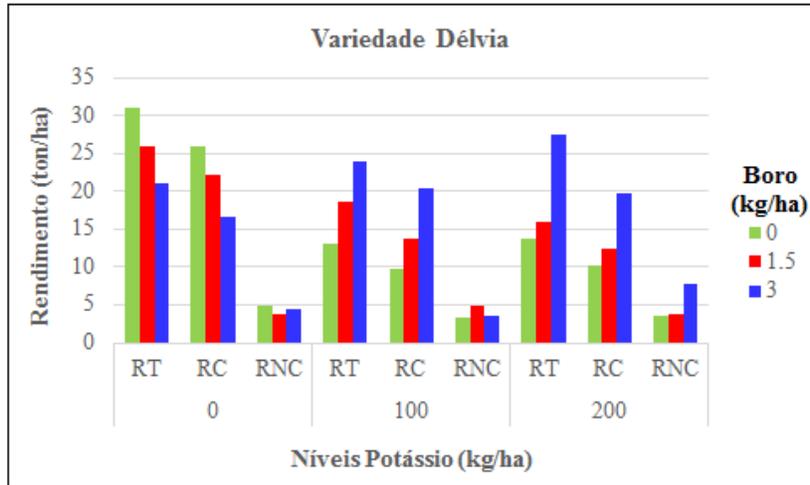
Pode-se notar que, na ausência de potássio e boro, foram observados os rendimentos totais mais altos, com cerca de 31 e 17 ton.ha⁻¹ para as variedades Délvia e Irene respectivamente (Figura 9 e 10), quando comparados com os observados com o incremento dos níveis de boro fixando o potássio e vice-versa. Essa situação pode ser explicada pelo facto do teor inicial de potássio (0.18 meq.100g⁻¹ de solo) ter fornecido o mínimo suficiente para se alcançar esses rendimentos, pois de acordo com Brito *et al.* (2006), Gomes (2010) e Steiner (2010), a resposta da batata-doce à adubação potássica é muito dependente do teor inicial deste no solo que não deve ser superior que 0.21 meq.100g⁻¹ de solo. Esses resultados sugerem que em solos com o teor inicial de potássio entre 0.18 a 0.21 meq.100g⁻¹, não aplicar adubos potássicos pode gerar rendimentos satisfatórios.

Brito *et al.* (2006), verificaram que na ausência da adubação potássica, houve incremento na produtividade de batata-doce conforme o aumento das doses de boro, o que também pode ser explicado pelo facto do teor inicial de potássio no solo ter sido de 0.21 meq.100g⁻¹ de solo.



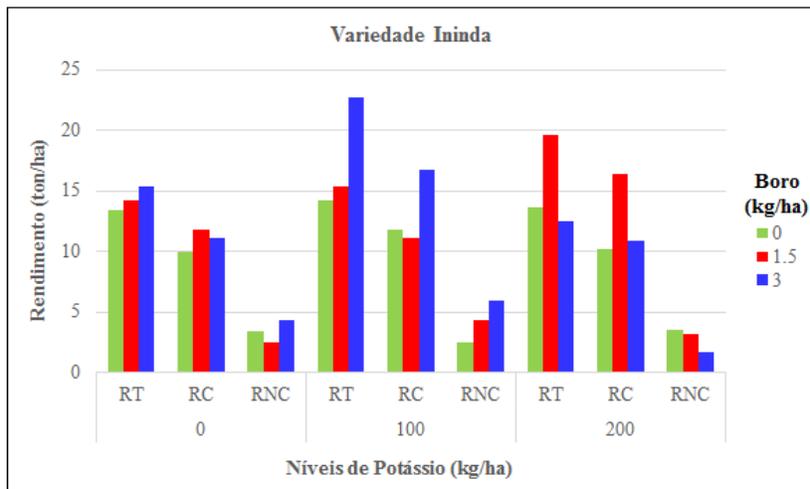
RT: Rendimento Total; **RC:** Rendimento Comercial; **RNC:** Rendimento Não Comercial.

Figura 9. Rendimentos totais, comerciais e não comerciais em ton.ha⁻¹ da variedade Irene em função das doses de potássio e boro.



RT: Rendimento Total; **RC:** Rendimento Comercial; **RNC:** Rendimento Não Comercial.

Figura 10. Rendimentos totais, comerciais e não comerciais em $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ da variedade Délvia em função das doses de potássio e boro.

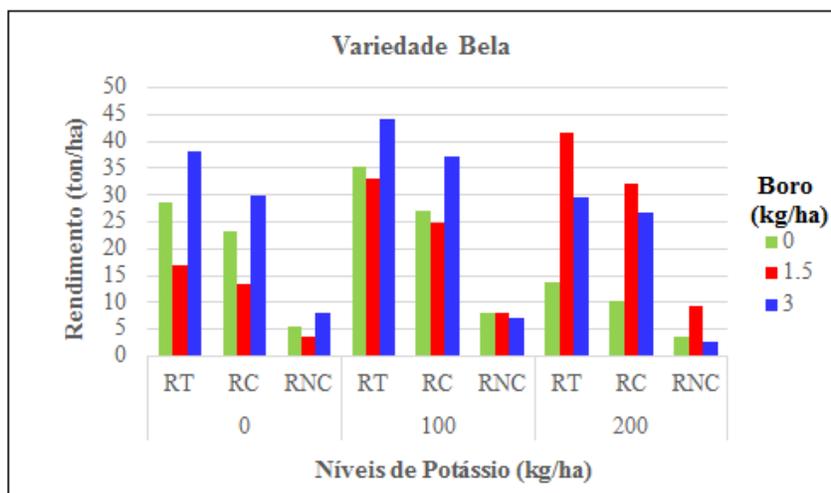


RT: Rendimento Total; **RC:** Rendimento Comercial; **RNC:** Rendimento Não Comercial.

Figura 11. Rendimentos totais, comerciais e não comerciais em $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ da variedade Ininda em função das doses de potássio e boro.

Foi observado o pico de rendimento, cerca de 44.3 e $37 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ de rendimento total e comercial respectivamente com a aplicação de $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O e $3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de B, também foi observado que com a aplicação de $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O combinado com $1.5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de B, o rendimento total e comercial foi de 41.5 a $32.2 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente. Porém, na ausência de potássio, os

rendimentos foram satisfatórios, chegando a atingir cerca de 38.1 e 30 ton.ha⁻¹ de rendimento total e comercial respectivamente com o incremento de 3 kg.ha⁻¹ de B (Figura 12).



RT: Rendimento Total; **RC:** Rendimento Comercial; **RNC:** Rendimento Não Comercial.

Figura 12. Rendimentos totais, comerciais e não comerciais em ton.ha⁻¹ da variedade Bela em função das doses de potássio e boro.

Brito *et al.* (2006), também observaram que com a ausência de potássio, a produtividade da batata-doce aumentou em função do incremento dos níveis de boro no solo, o que pode se explicar pelo facto do teor inicial do potássio no solo (0.21 meq.100 g⁻¹) ter sido suficiente para fornecer o mínimo a cultura para se atingir produtividades satisfatórias mesmo sem a adubação potássica.

Os rendimentos observados para a variedade Bela (Figura 12), para além de serem maiores que os indicados por Tumwegamire *et al.* (2013) de 25.9 ton.ha⁻¹, também são maiores que os encontrados por vários autores em ensaios de campo, por exemplo, Brito *et al.* (2006) que obtiveram cerca de 14.8 ton.ha⁻¹ ao se aplicar 194 kg.ha⁻¹ de K₂O, Echer *et al.* (2009) obtiveram 21 ton.ha⁻¹ com 138 kg.ha⁻¹ de K₂O e cerca de 27.7 ton.ha⁻¹ com a utilização de 2 kg.ha⁻¹ de B aliada aplicação de 200 kg.ha⁻¹ de K₂O, Foloni *et al.* (2013) observou um rendimento máximo de 24.9 ton.ha⁻¹ de raízes com a dose de 120 kg.ha⁻¹ de K₂O em cobertura, associada a 102 kg.ha⁻¹ de N, e por fim Wei *et al.* (2001) com 9.2 ton.ha⁻¹. Esses resultados sugerem que a variedade Bela respondeu da melhor forma a adubação, pese embora a adubação não tenha exercido algum efeito no rendimento das raízes.

4.4. Número Médio de Raízes por Planta.

A análise de variância (ANOVA) mostrou que as variedades estudadas diferiram quanto ao número médio de raízes por planta ($p < 0.05$). Essa análise também mostrou que de forma isolada, a adubação potássica e boratada não tiveram efeitos na variável estudada ($p > 0.05$), porém, tiveram efeito significativo quando combinados ($p < 0.05$). Também não foi observado um efeito significativo quando combinado os factores variedade, potássio e boro ($p > 0.05$) para a variável estudada.

O incremento dos níveis de adubação potássica neste estudo não foi acompanhado com o aumento de número de raízes por planta, porém, Bourke (1985), observou que com a aplicação de potássio no solo, o número de raízes por planta aumentou de forma significativa quando testava a influência de adubos nitrogenados e potássicos no crescimento da batata-doce em Papua New Guinea.

De uma forma geral, a média de raízes por planta aproxima-se à 3 (Figura 13), esse número é ligeiramente inferior aos encontrados por Camara (2009) de 4 raízes por planta, e ligeiramente superior aos encontrados por Tuco-Tuco (2013) que obteve cerca de 2 raízes por planta num ensaio em estufa e utilizando baldes que podem não ter fornecido um espaço suficiente para um bom desenvolvimento radicular. Também é possível notar a partir da figura 13 que, a variedade Bela mostrou-se estatisticamente diferente das restantes variedades, tendo deste modo alcançado o número médio de raízes por planta máximo e igual a 3.8 (~ 4 raízes por planta). Porém, os números observados neste estudo são inferiores aos encontrados por Cogo (2006) apesar de ser em tubérculos, pois foram observados cerca de 14 a 18 tubérculos por planta estudando o crescimento, qualidade de tubérculos da cultura de batata (*Solanum tuberosum*) sob doses elevadas de potássio.

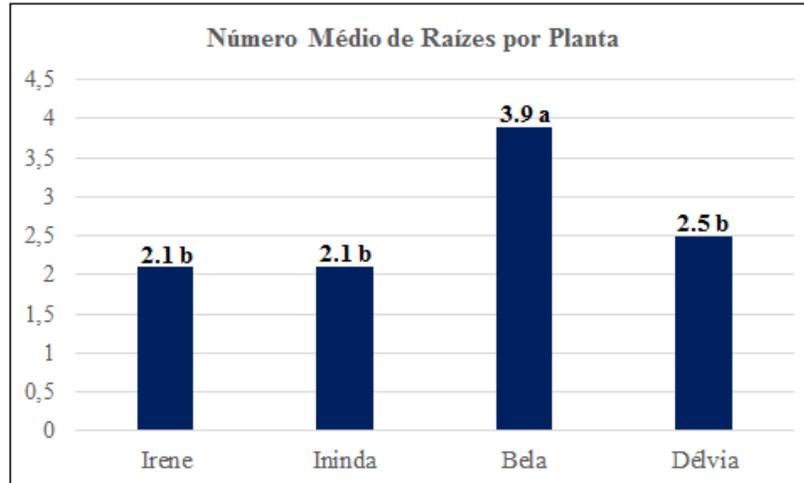


Figura 13. Comparação de médias de números de raízes por planta.

Pares de médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

Na ausência de potássio o número de raízes por planta reduziu quando houve um incremento de boro até 1.5 kg.ha^{-1} e voltou a aumentar com o incremento deste até 3 kg.ha^{-1} . O mesmo foi observado com a aplicação de 100 kg.ha^{-1} , tendo-se observado o número máximo de raízes por planta com a aplicação de 3 kg.ha^{-1} de boro ao solo, porém diferiu com a aplicação de 200 kg.ha^{-1} , pois alcançou-se cerca de 3.1 raízes quando combinado com 1.5 kg.ha^{-1} de boro (Tabela 7).

Tabela 7. Comparação de médias de raízes por planta para a interação entre potássio e boro.

		Boro (kg.ha^{-1})		
		0	1.5	3
Potássio (kg.ha^{-1})	0	2.8 Aa	1.7 Ab	2.8 Aab
	100	2.4 Ba	2.3 Bab	3.3 Aa
	200	2.6 Aa	3.1 Aa	2.5 Aab

Pares de média com a mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

De uma forma geral, esses resultados indicam que na ausência de boro, as doses de 0 e $200 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ não diferiram estatisticamente da aplicação de 1.5 e 3 kg.ha^{-1} de boro quando combinado com 200 e 100 kg.ha^{-1} de K_2O . Também pode-se observar que as combinações acima supracitadas não diferiram estatisticamente com os incrementos das doses de potássio quando combinado ao nível fixo de 3 kg.ha^{-1} de boro. E esses resultados sugerem que a não aplicação de

potássio e boro proporciona números satisfatórios de raízes por planta quando comparados com outras combinações.

4.5. Matéria seca

A análise de variância (ANOVA) mostrou que existem diferenças na acumulação da matéria seca nas raízes entre as variedades ($p < 0.05$, Tabela 8) e que a aplicação de potássio e boro tanto de forma isolada assim como combinada não tiveram efeito significativo ($p > 0.05$, Tabela 8) na acumulação da matéria seca nas raízes. A mesma análise mostrou que combinando a variedade tanto com a aplicação de potássio assim como a aplicação de boro, não se observou nenhum efeito significativo na acumulação da matéria seca nas raízes ($p > 0.05$, Tabela 8). A análise de variância também mostrou que mesmo combinando os três factores, a variedade, o potássio e o boro, não se observou um efeito significativo na acumulação da matéria seca nas raízes ($p > 0.05$, Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para componentes químicos das raízes.

	Matéria Seca	Betacaroteno	Amido	Proteína	Açúcares Redutores
Variedade	S	S	S	S	NS
Potássio	NS	S	S	NS	NS
Boro	NS	NS	NS	S	NS
Variedade*Potássio	NS	NS	S	NS	NS
Variedade*Boro	NS	S	NS	S	NS
Potássio*Boro	NS	NS	NS	S	S
Variedade*Potássio*Boro	NS	NS	NS	NS	NS

S: Significativo ($p < 0.05$); NS: Não significativo a 5% de significância ($p > 0.05$).

Das quatro variedades estudadas, apenas duas apresentaram boas capacidades de acumulação da matéria seca nas raízes com cerca de 31.2 a 27.8% para a Délvia e Irene respectivamente. Porém, as variedades Bela e Ininda foram as que menos teores de matéria seca apresentaram, com cerca de 25.7 e 24.3 % respectivamente. Entretanto, diferenças na capacidade de acumulação da matéria seca nas raízes entre as variedades de batata-doce, também foram observados por vários autores em seus estudos de campo, a destacar o realizado por Pechiço (2013), quando estudava o

efeito de 15 variedades de batata-doce de polpa alaranjada na composição química das folhas e raízes em Umbelúzi, o realizado por Vimala *et al.* (2011), testando 42 variedades de batata-doce de polpa alaranjada na Índia, e também o realizado por Braga (2005), testando 12 variedades de batata-doce de polpa alaranjada em Umbelúzi. Entretanto, diferenças observadas na acumulação da matéria seca nas raízes entre as variedades pode ser devido há características morfológicas das mesmas tais como, o formato, tamanho de folha e o hábito de crescimento diferente, uma vez que as variedades prostradas apresentam maior biomassa, e o formato e tamanho de folha tem influência sobre a área de captação de luz para a fotossíntese e sobre a taxa de produção de fotoassimilados. Também segundo Woolfe (1992), essas diferenças na acumulação da matéria seca nas raízes podem ser explicadas pelas diferenças existentes na constituição genética entre as variedades.

Segundo Bradbury e Hollyway (1988), o teor médio da matéria seca nas raízes da batata-doce é dependente da variedade, condições ambientais e das práticas culturais, podendo variar de 16 a 40 % do peso fresco, sendo o teor ideal igual a 30 % do peso fresco. Entretanto, neste estudo foi observado uma média de teor de matéria seca igual a 27.25 % do peso fresco (Tabela 9), o que pode ser considerado ligeiramente bom, pois é ligeiramente inferior ao ideal. O teor de matéria seca encontrado neste estudo pode ser explicado pelas altas temperaturas observadas durante a condução do ensaio, pois para Andrade *et al.* (2010) e Câmara (2009) as variedades precoces (3 a 5 meses) como as que foram usadas neste estudo, atingem a área foliar máxima aos 75 dias depois da plantação (**DDP**), que é acompanhada pela máxima produção fotossintética, e a crescente acumulação da matéria seca nas raízes até aos 105 **DDP**.

As variedades usadas no presente estudo são todas de polpa alaranjada, e algumas são ricas em betacaroteno como por exemplo a Bela e Ininda. Geralmente, as variedades de polpa alaranjada possuem baixos teores de matéria seca nas raízes devido há existência de uma correlação biológica negativa entre o betacaroteno e a matéria seca nas raízes. Entretanto, essa correlação foi observada neste estudo, e também foi observada em vários estudos, como por exemplo, a de Hagenimana (2000), que observou baixos teores de matéria seca em variedades com maior teor de betacaroteno e vice-versa, como o observado neste estudo (Tabela 9).

Tabela 9. Comparação dos teores de matéria seca, betacaroteno, amido, proteína e açúcares redutores entre as variedades.

Variedades	Variáveis Medidas				
	Matéria Seca (%)	Betacaroteno (%)	Amido (%)	Proteína (%)	Açúcares Redutores (%)
Délvia	31.2 a	1.3 d	66.8 a	6 a	9.65
Ininda	24.3 d	19.2 b	61.1 b	5.6 a	17.18
Irene	27.8 b	7.2 c	59.7 b	6.3 a	15.74
Bela	25.7 c	29.2 a	56.9 c	5.9 a	21.47
Média	27.25	14.225	61.125	5.95	16.01
SD	3.32	12.52	5.06	1.18	6.07
Efeito	S	S	S	S	NS
CV (%)	12.18	88.01	8.2	19.8	37.9

S: Efeito Significativo; **NS:** Efeito não significativo a 5% de significância; **CV:** coeficiente de variação; **SD:** Desvio padrão.

Pares de médias com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Não foi observado um efeito significativo da aplicação de potássio e boro no teor da matéria seca nas raízes das diferentes variedades de batata-doce de polpa alaranjada. Esses resultados podem ser explicados devido a existência de teores iniciais elevados de nitrogénio no solo, pois de acordo com Ezeilo (1977), o nitrogénio tem efeito antagónico ao potássio no solo, e altas quantidades deste no solo é acompanhado pelo aumento do teor de matéria seca. Este facto também foi observado por Ukom *et al.* (2009) quando estudavam níveis crescentes de N na composição química de quatro variedades de batata-doce. Porém, não vão de acordo com os resultados encontrados por Nascimento (2013), pois este constatou que os níveis de adubação potássica influenciavam de forma significativa no aumento na acumulação da matéria seca nas raízes.

4.6. Betacaroteno

A análise de variância mostrou que as variedades diferem quanto ao teor de betacaroteno nas raízes e que a adubação potássica exerce efeito significativo na acumulação de betacaroteno nas raízes ($p < 0.05$). A mesma análise mostrou que quando combinado o potássio com as variedades e boro, não se verifica nenhum efeito no teor de betacaroteno ($p > 0.05$), porém, quando se combina a adubação com boro e variedades, verifica-se um efeito significativo no teor de

betacaroteno nas raízes ($p < 0.05$). O mesmo não se verifica quando se combina os três factores, variedades, potássio e boro ($p > 0.05$). A variedade Bela destacou-se dentre as variedades estudadas, pois esta foi a que maior teor de betacaroteno nas raízes apresentou, com cerca de 29.2 % da matéria seca. Essas diferenças no teor de betacaroteno nas raízes entre as variedades podem ser explicadas pelo facto das mesmas possuírem intensidades da cor de polpa diferentes apesar de todas serem de polpa alaranjada, significando que o teor de betacaroteno nas raízes também seja diferente devido a correlação positiva entre o betacaroteno e a intensidade da cor, corroborando com Melo, Silva e Moita (2010), pois estes observaram uma alta correlação entre intensidade de cor e o teor de betacaroteno na raiz da batata-doce.

Pode-se observar uma enorme variação no teor de betacaroteno entre as variedades estudadas, desde Dêlvia (1.3 %) a Bela (29.2 %) (Figura 14). Essas diferenças também foram observadas por Pechiço (2013) num solo com características similares ao do presente estudo, e também foram observadas por Vimala *et al.* (2011), tendo encontrado diferenças significativas entre as variedades quanto ao teor de betacaroteno nas raízes, quando estudava o rendimento, teor de matéria seca e de betacaroteno em 42 híbridos de batata-doce de polpa alaranjada. Os resultados observados neste estudo mostram que as diferenças na constituição genética entre as variedades podem ter sido a causa da variação nos teores de betacaroteno entre as variedades como reportado por Woolfe (1992).

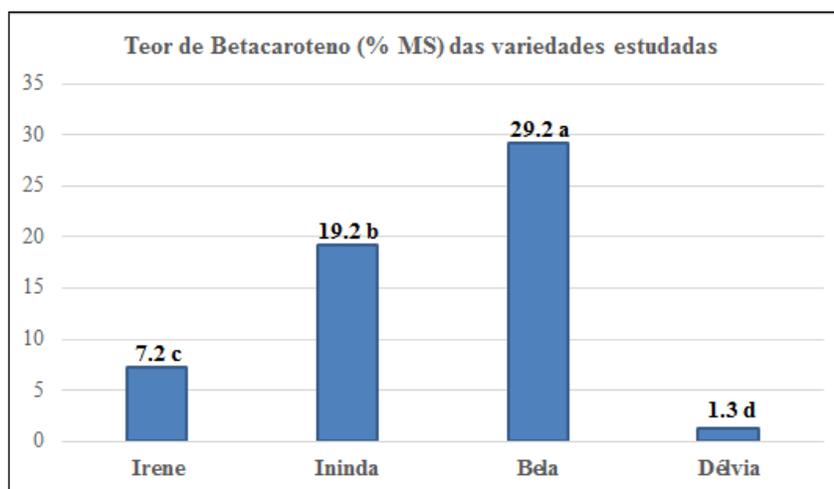


Figura 14. Teores de betacaroteno nas raízes das 4 variedades estudadas. Pares de médias com letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de significância.

O teor médio de betacaroteno nas raízes das variedades estudadas foi de 14.23 %, deste modo, este valor situa-se dentro do intervalo de 0.3 a 22.3 % encontrado em Kenya nas variedades de polpa alaranjada, porém, é ligeiramente inferior que os 19.5 % encontrado por Pechiço (2013) quando estudava o efeito das 15 variedades de polpa alaranjada na composição química das folhas e raízes, também inferior aos 24.6 % encontrados por Andrade *et al.* (2012) no ensaio de adaptabilidade destas variedades. Essas diferenças podem ser explicadas devido as condições em que os ensaios foram implantados, pois segundo Silveira *et al.* (2011), a composição química das raízes varia com as condições climáticas, sistema de cultivo, época de colheita e variedades.

Neste estudo, a ordem decrescente de teores de betacaroteno nas raízes das variedades é Bela> Ininda> Irene> Délvia (Figura 14), contrastando a ordem preconizado por Tumwegamire *et al.* (2013) e por resultados observados nos ensaios de adaptabilidade que é de Bela> Irene> Délvia> Ininda.

A adubação potássica teve efeito significativo no teor de betacaroteno nas raízes, porém, nenhum nível diferiu estatisticamente dos outros, ou seja, não houve diferenças no teor de betacaroteno nas raízes, com a aplicação de potássio no solo assim como sem a sua aplicação (Tabela 10).

Tabela 10. Efeito do potássio no teor de betacaroteno nas raízes das variedades de BDPA.

	Betacaroteno (% MS)	
Potássio (kg.ha ⁻¹)	0	14.2 a
	100	14 a
	200	14.4 a

Pares de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Esses resultados sugerem que, em solos com características similares ao solo usado neste estudo, a não aplicação de adubos potássicos no solo permite a obtenção de raízes com teores de betacaroteno satisfatório em todas as variedades usadas neste estudo, porém, baixos que os apresentados por Tumwegamire *et al.* (2013) para essas variedades.

Pode-se notar que com a ausência de boro, a variedade Bela diferiu estatisticamente das restantes e com maior teor de betacaroteno nas raízes, porém, não diferiu estatisticamente quando aplicado cerca de 1.5 e 3 kg.ha⁻¹ de boro no solo. Para a variedade Ininda, o maior teor de betacaroteno

nas raízes foi observado com a aplicação de 1.5 kg.ha⁻¹ de boro no solo, e este por sua vez não diferiu estatisticamente com a variedade Bela no mesmo nível de aplicação de boro (Tabela 11).

Tabela 11. Comparação de médias da interação entre variedades e boro para o teor de betacaroteno nas raízes.

Variedades	Boro (kg.ha ⁻¹)		
	0	1.5	3
Irene	5.3 Ca	8.03 Ba	8.2 Ca
Ininda	12.2 Bc	26.1 Aa	19.2 Bb
Bela	27.9 Aa	29.32 Aa	30.36 Aa
Délvia	1.4 Ca	0.46 Ca	1.9 Da

Pares de médias com mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Estes resultados sugerem que para a variedade Bela, pese embora se obtenha maiores teores de betacaroteno nas raízes com a aplicação de 3 kg.ha⁻¹ de boro, este não se difere estatisticamente da não aplicação do mesmo nutriente, daí que, para solos com características similares ao usado neste ensaio, pode-se não adubar com boro que os teores de betacaroteno nas raízes serão satisfatório. Porém, para o caso da variedade Ininda, em solos com características similares ao do estudo, deve-se adubar o solo com 1.5 kg.ha⁻¹ de boro para que se obtenha maiores teores de betacaroteno nas raízes.

4.7. Amido

A análise de variância mostrou que as variedades diferem entre si quanto ao teor de amido nas raízes e que a adubação potássica exerce efeito significativo na acumulação de amido nas raízes ($p < 0.05$). A mesma análise mostrou que quando se combina as variedades e boro, não se verifica nenhum efeito no teor de amido nas raízes ($p > 0.05$), porém, quando se combina a adubação potássica e variedades, verifica-se um efeito significativo no teor de amido nas raízes ($p < 0.05$). O mesmo não se verifica quando se combina os três factores, variedades, potássio e boro ($p > 0.05$).

Resultados similares ao deste estudo foram encontrados por Pechiço (2013) quando avaliava o efeito das variedades de batata-doce de polpa alaranjada na composição química das folhas e

raízes, também encontrados por Andrade Jr *et al.* (2012), quando avaliava as características produtivas e qualitativas de variedades de batata-doce. Por sua vez, Chibuzo (2012), também encontrou diferenças significativas entre as variedades no teor de amido quando estudava as características físico-químicas do amido modificado na batata-doce. Estes resultados espelham em parte as diferenças na composição genética entre as variedades, que pode ter influenciado na síntese e acumulação do amido, tal como referenciado por Laurie (2010).

Neste estudo a adubação potássica teve efeitos significativos na acumulação de amido nas raízes, e segundo Faquin (2005) e Nascimento (2013), o potássio é um nutriente particularmente exigido pelas plantas produtoras de carboidratos, visto as suas funções no metabolismo, citando-se a sua participação no processo fotossintético, transporte de carboidratos da fonte (folha) para o reservatório (tubérculo) e activador da enzima sintetase do amido. Entretanto, de acordo com Oliveira *et al.* (2005), o amido é considerado o principal componente da raiz da batata-doce e os seus teores nas raízes podem variar, entre outros aspectos em função da adubação.

O teor de amido nas raízes das variedades estudadas variou de 56.8% (Bela) a 66.8% (Délvia) da matéria seca, estes valores, são ligeiramente superior ao intervalo de 45 a 55% da matéria seca indicado por Tumwegamire (2011) para as variedades de polpa alaranjada, porém, estão dentro do intervalo estabelecido para as variedades de polpa branca e/ou creme que varia de 50 a 80% da matéria seca. Essas diferenças no teor de amido nas raízes entre as variedades de polpa alaranjada e as variedades de polpa creme e/ou branca, pode ser devido à correlação biológica negativa entre o amido e o betacaroteno, como foi observado neste estudo e por outros autores como por exemplo o Tomllins *et al.* (2012).

Ao fixar as variedades e analisando-as nos níveis crescentes de potássio, é possível notar que não há diferenças estatisticamente significativa para as variedades Irene, Bela e Délvia, mas observa-se que na variedade Ininda, a não aplicação de potássio no solo diferiu estatisticamente da aplicação de 200 kg.ha⁻¹ e não diferiu da aplicação de 100 kg.ha⁻¹ (Tabela 12).

Tabela 12. Comparação de médias da interação entre variedades e potássio para o teor de amido nas raízes.

Variedades	Potássio (kg.ha ⁻¹)		
	0	100	200
Irene	59.48 Ba	60.15 Ba	59.42 Ca
nda	59.31 Bb	60.75 Bab	63.28 Ba
Bela	56.58 Ba	57.94 Ca	56.07 Da
Délvia	66.66 Aa	66.95 Aa	66.89 Aa

Pares de médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

De uma forma geral, não foi observado um aumento significativo de teores de amido nas raízes com o incremento dos níveis de potássio no solo (Tabela 12), onde a não aplicação de potássio proporcionou teores de amido acima do intervalo de 45 a 55% da matéria seca estabelecido por Tumwegamire (2011) para as variedades de polpa alaranjada. O teor inicial de potássio no solo aliado a altos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ podem ter contribuído para uma baixa resposta a adubação potássica e baixa absorção de K⁺ pelas plantas, respectivamente. Por exemplo, Al-Moshileh e Errebi (2004) constataram que a percentagem de carboidratos nas raízes da batata aumentava de forma significativa com o incremento dos níveis de potássio no solo. O Faquin (2005) constatou que aumentando os níveis de potássio, o teor de amido nas raízes também aumentava e o mesmo foi observado na mandioca e inhame.

A variedade Délvia apresenta-se estatisticamente diferente das outras variedades em todos os níveis de adubação, apresentou altos teores de amido nas raízes sem a aplicação de potássio no solo, onde por sua vez não diferiu estatisticamente das aplicações com 100 e 200 kg.ha⁻¹. Essas diferenças observadas podem estar associados as correlações biológicas negativas entre o amido e o betacaroteno nas raízes, pois foi a variedade que menos betacaroteno apresentou.

4.8. Açúcares Redutores

A análise de variância mostrou não haver diferenças significativas entre as variedades estudadas ($p > 0.05$). A mesma análise mostrou que o potássio e boro não tiveram nenhum efeito nos teores de açúcares redutores, tanto de forma isolada assim como combinadas ($p > 0.05$), mas a interação variedade e boro teve efeito significativo nos teores de açúcares redutores nas raízes ($p < 0.05$).

Por fim, a combinação entre as variedades, o potássio e boro não tiveram efeito significativo nos teores de açúcares redutores nas raízes ($p > 0.05$).

As variedades Bela e Ininda com 21.47 % e 17.18 % da matéria seca respectivamente, foram as que apresentaram os mais altos teores de açúcares redutores comparativamente as outras variedades. Esses resultados contrastam aos encontrados por Pechiço (2013) em seu ensaio de campo, pois este constatou que as variedades mostraram diferenças nos teores de açúcares redutores entre elas, corroborando no preconizado por Woolfe (1992), de que as diferenças na composição genética entre as variedades exercem influência sobre a composição química das plantas.

Segundo Emmanuel *et al.* (2011), açúcares redutores apresentam na sua constituição a frutose, glicose e sacarose, onde a sacarose é o açúcar mais abundante seguido por glicose e frutose. Entretanto, foi também observado neste estudo, por nas raízes das variedades estudadas, a composição dos açúcares redutores teve a mesma relação, onde os teores de sacarose, glicose e frutose foram de 9.4, 4.3 e 2.3 % da matéria seca, respectivamente.

O teor médio de açúcares redutores neste estudo foi de 16.01 % da matéria seca, este valor pode ser considerado bom, pois situa-se dentro do intervalo de 10 a 20 % da matéria seca encontrado por vários autores em variedades de polpa alaranjada. Porém, o valor médio encontrado neste estudo é superior ao intervalo de 5 a 15 % da matéria seca em variedades de polpa branca ou creme encontrado por Tomllins (2012). Essas diferenças entre as variedades de polpa alaranjada e creme ou branca quanto aos teores de açúcares redutores nas raízes, podem ser explicadas pela existência de uma correlação biológica positiva entre o betacaroteno e açúcares redutores como reportado por Tumwegamire (2011) e observado neste estudo, e a correlação biológica negativa entre o amido e açúcares redutores.

4.9. Proteína

A análise de variância mostrou existir diferenças na acumulação e síntese de proteínas entre as variedades ($p < 0.05$) e a adubação potássica não teve efeitos significativos no teor de proteína nas raízes ($p > 0.05$). A mesma análise mostrou que houve diferenças significativas no teor de proteínas nas raízes com a aplicação do boro no solo ($p < 0.05$), também, houve um efeito significativo da interação entre boro e variedade, e entre boro e potássio no teor de proteínas nas raízes ($p < 0.05$).

Diferenças na acumulação de proteínas entre as variedades foram também encontradas por Pechiço (2013), quando avaliava o efeito das variedades na composição química das folhas e raízes de 15 variedades de polpa alaranjada em Umbelúzi. Caliskan *et al.* (2006) também encontrou diferenças quando avaliava o crescimento, rendimento e qualidade de raízes de variedades de batata-doce, e na Turquia, Purcell *et al.* (1997) também encontrou diferenças na acumulação de proteínas ao estudar o conteúdo de proteína e de aminoácidos de variedades provenientes de um banco de germoplasma de Carolina do Norte. Esta variação no teor de proteínas entre as variedades em estudo pode se dever as diferenças genéticas que existem entre as variedades (Laurie, 2010), fazendo com que apresentem características diferenciadas tais como as morfológicas que podem influenciar os processos fisiológicos responsáveis pela síntese, translocação e acumulação de proteínas nas raízes.

A semelhança deste estudo, esperava-se que a aplicação de boro no solo e a sua interação com as diferentes variedades de batata-doce de polpa alaranjada exercessem efeitos significativos na acumulação de proteínas nas raízes (Tabela 13), pois de acordo com Gondim (2000) e Gupta *et al.* (1985), o boro tem um papel importante na síntese e formação de proteína.

Tabela 13. Comparação de médias da interação entre variedades e boro para o teor de proteínas nas raízes.

Variedades	Boro (kg.ha ⁻¹)		
	0	1.5	3
Irene	6.67 Aa	5.89 ABa	6.34 ABa
Ininda	5.78 Aa	5.15 BCa	6.01 ABa
Bela	6.13 Aa	5.05 Cb	6.43 Aa
Délvia	6.45 Aa	5.94 Abc	5.68 Bc

Pares de médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A partir da tabela acima, pode-se notar que as variedades não diferiram estatisticamente quanto a acumulação de proteína nas raízes apenas na ausência da aplicação de boro no solo, porém, as variedades Irene e Délvia diferiram estatisticamente da variedade Bela e este por sua vez não diferiu da variedade Ininda quanto a acumulação de proteína nas raízes. Também se observa que para as variedades Irene e Ininda, não houve diferenças estatisticamente significativas a medida que os níveis de boro aumentavam, tendo o máximo de 6.67 % e 6.34 % de matéria seca com a aplicação de 0 kg.ha⁻¹ de boro para Irene e 3 kg.ha⁻¹ de boro para Ininda, respectivamente. As variedades Bela e Délvia apresentaram cerca de 6.13% e 6.45% de matéria seca na ausência da aplicação de boro no solo respectivamente, e diferiu estatisticamente da aplicação de 1.5 e 3 kg.ha⁻¹ de boro.

Na medida que os níveis de boro vão aumentando, não se observa um aumento da acumulação de proteína nas raízes nos diferentes níveis de potássio (Tabela 14). Porém, os teores mais altos de proteína nas raízes foram observados na ausência de boro e com a aplicação de 0 e 100 kg.ha⁻¹ de potássio no solo.

Tabela 14. Comparação de médias da interação entre potássio e boro para o teor de proteínas nas raízes.

		Boro (kg.ha ⁻¹)		
		0	1.5	3
Potássio (kg.ha ⁻¹)	0	6.05 Aa	5.47 ABa	6.04 Ba
	100	6.67 Aa	5.91 Ac	5.57 Bc
	200	6.06 Ab	5.15 Bc	6.75 Aa

Pares de médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pode-se notar que, na ausência de boro, os diferentes níveis de potássio não diferiram estatisticamente entre si quanto ao teor de proteína nas raízes, porém, aplicação de 200 kg.ha⁻¹ de potássio diferiu estatisticamente da aplicação de 0 e 100 kg.ha⁻¹ de potássio quando aplicado 1.5 e 3 kg.ha⁻¹ de boro no solo.

5. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MEDIDAS.

O coeficiente de Pearson mostra que existe uma correlação positiva entre as variáveis (RT, RC, NMRP, BC, A e %MS) variando de moderada a forte positiva (Tabela 15). Houve uma correlação negativa entre as variáveis (BC, %MS, AR, A).

As variáveis número médio de raízes por planta e o rendimento comercial, tiveram uma correlação forte e positiva com o rendimento total, uma vez considerou-se raízes comerciais aquelas com o peso > 80 g (EMBRAPA, 1995), era de se esperar essa correlação positiva, pois o aumento de raízes com peso > 80 g, implica aumento do rendimento comercial e consequentemente o aumento do rendimento total.

A semelhança do que se observou neste estudo, esperava-se que o betacaroteno estivesse fraco e negativamente correlacionado com a matéria seca, pois, estas variedades são de polpa alaranjada e geralmente possuem baixos teores de matéria seca, devido a correlação biológica existente entre o betacaroteno e a matéria seca, como reportado por Hagenimana (2000).

Tabela 15. Correlação entre o rendimento total, seus componentes e parâmetros químicos.

	RT	RC	NMRP	%MS	BC	AR	P	A
RT	1.0000							
RC	0.9780*	1.0000						
NMRP	0.8527*	0.8101*	1.0000					
%MS	-0.0214	-0.0109	-0.0736	1.0000				
BC	0.3114*	0.3075*	0.3554*	-0.7040*	1.0000			
AR	0.1330	0.1219	0.1561	-0.8101*	0.7256*	1.0000		
P	-0.0628	-0.0656	-0.0421	0.1973	-0.1777	-0.2110	1.0000	
A	-0.0580	-0.0478	-0.1037	0.7036*	-0.6403*	-0.9320*	-0.0060	1.0000

* Significativo a 5% de significância; **RT**: rendimento total; **RC**: rendimento comercial; **NMRP**: número médio de raízes por planta; **%MS**: percentagem de matéria seca; **BC**: betacaroteno; **AR**: açúcares redutores; **P**: proteína; **A**: amido.

O amido esteve positivamente correlacionado com a matéria seca, porém, negativamente correlacionado com o betacaroteno e açúcares redutores.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

- ✓ A adubação com potássio e boro não exerceu nenhum efeito significativo no rendimento das raízes das variedades de batata-doce de polpa alaranjada em estudo.
- ✓ Em geral a variedade Bela apresentou o rendimento médio total e comercial mais alto de 32.7 e 26.1 ton.ha⁻¹, seguido pela variedade Délvia com 21.5 e 16.9 ton.ha⁻¹ em todos os tratamentos. As variedades Ininda e Irene apresentaram os rendimentos totais e comerciais mais baixos de 14.3 e 11, 13.3 e 10.2 ton.ha⁻¹, respectivamente, para todos os tratamentos.
- ✓ A adubação combinada de potássio e boro teve efeito significativo sobre os teores de betacaroteno, amido e proteínas, e estas variáveis são componentes importantes na qualidade nutricional das raízes da batata-doce de polpa alaranjada,
- ✓ Em todos os tratamentos a variedade Bela apresentou o nível médio mais alto de betacaroteno nas raízes de 29.2 %, seguida pelas variedades Ininda e Irene com 19.2 % e 7.2 % de betacaroteno respectivamente. A variedade Délvia apresentou o teor médio mais baixo de betacaroteno de 1.3%.
- ✓ A adubação com potássio e boro teve efeito significativo no teor de amido tendo sido mais alto na variedade Délvia que apresentou 66.8% e mais baixo na variedade Bela com 56.9% sendo que esta variável tem uma correlação negativa com o betacaroteno.
- ✓ A adubação com potássio e boro favoreceu o nível médio de proteínas nas raízes em todos os tratamentos, sendo que a variedade Irene teve a percentagem mais alta de 6.3% contra 5.9% na variedade Ininda.

6.2. Recomendações

Aos agricultores

- ✓ A não adubação com potássio em solos com características similares ao deste estudo;
- ✓ Aplicar 1.5 kg.ha^{-1} de boro para obtenção de altos teores de betacaroteno para a variedade Ininda e não aplicar para a variedade Bela;

Aos investigadores

- ✓ Que seja feito um estudo similar em solos arenosos ou de baixa fertilidade natural, pois a fertilidade natural dos solos tem influência na resposta a adubação;
- ✓ Que também seja feito a marcha de absorção e o balanço de nutriente no solo desde a plantação até colheita;

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Moshileh, A. M; Errebi, M. A. 2004. Effect of Various Potassium Sulfate Rates on Growth, Yield and Quality of Potato Grown under Sandy Soil and Arid Conditions. *American Journal of Potato Research*, v. 80, n. 4, p. 219-225.
- Andrade Junior, V; Viana, D; Pinto, N; Ribeiro, K; Pereira, R; Neiva, I; Azevedo, A; Andrade, P. 2012. Características Produtivas e qualitativas de ramas e raízes da Batata-doce. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 4, p. 584-589.
- Andrade, M; Low, J; Naico, A; Ricardo, J; Sandramo, A; Zano, F. 2010. Manual Sobre o Cultivo da Batata Doce: Aspectos Sobre a Produção da Batata Doce em Moçambique. CIP- IIAM. Maputo.
- Andrade, M; Naico, A; Ricardo, J; Álvaro, A; Moniz, S; Siteo, A. 2012. Results of the Evaluation of the Multi-Location Trial of 64 Clones Selected from All Advanced Yield Trials Established between 2005/06 and 2009/10 in Umbeluzi (Maputo), Chókwè (Gaza), Gurué (Zambézia) and Angónia (Tete). CIP. Maputo.
- Barbosa, A. H. D. 2005. Rendimento da batata-doce com adubação orgânica. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- Barker, A. V; Pilbeam, D. J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. Taylor & Francis Group. New York.
- Bisone, L and Maretzki, A. 1982. *Sweet Potato*. University of Hawaii at Manoa. Hawaii.
- Borchartt, L. 2010. Adubação orgânica e mineral nos componentes de produção e produtividade da batata, cultivada em neossolo regolítico. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- Bourke, R. M. 1985. Influence of nitrogen and potassium fertilizer on growth of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in Papua New Guinea. *Field Crops Research*, v.12, n.4, p. 363-375.

- Bradbury, J. H; Hollyway, W. D. 1988. Chemistry of tropical roots Crops: Significance for Nutrition and Agriculture in the Pacific. Australian Centre for International Agriculture Research. Cambera.
- Braga, G. 2005. Avaliação de doze variedades de Batata-doce em seis épocas de colheita produzidas em Umbelúzi. Tese de Licenciatura. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.
- Brito, C. H; Oliveira, A. P; Alves, A. U; Dorneles, C. S. M; Santos, J. F; Nóbrega, J. P. R. 2006. Produtividade da batata-doce em função de doses de K₂O em solo arenoso. *Horticultura Brasileira*, v. 24, n. 3, p. 320-323.
- Caliskan, M. Sogut, T. Boydak, E. Erturk, E. Ariogiu, H. 2006. Growth, Yield, and Quality of sweet potato (*Ipomoea batatas Lam*) Cultivars in the Southeastern Anatolian and East Mediterranean Regions of Turkey. *Turkey Journal of Agriculture*, v. 31, n. 3, p. 213-227.
- Câmara, F. 2009. Crescimento e Desempenho Agronômico de Cultivares de Batata Doce oriundas de Ramas produzidas de Forma Convencional e in Vitro. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural Semiárido. Mossoró.
- Cardoso, A. D; Alvarenga, M. A. R; Melo, T. L; Viana, A. E. S. 2007. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogénio e potássio. *Ciência agrotecnológica*, v. 31, n.6, p.1729-1736.
- Cêrmeno, Z. S. 1988. Prontuario del Horticultor. Litexa Editora. Porto. Lisboa.
- Chibuzo, I. M. 2012. Physicochemical and Retrogradation Characteristics of Modified Sweet Potato (*Ipomoea batatas L (Lam)*) Starch. *Journal of Agriculture and Food Technology*, v. 2, n.3, p. 49-55.
- Cogo, C. M. 2006. Crescimento, qualidade de tubérculos e relação N/K da cultura da batata cultivada sob doses elevadas de Potássio. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.
- Conceição, M. K; Lopes, N. F; Fortes, G. R. L. 2005. Análise de crescimento de plantas de batata-doce (*Ipomoea batatas (L.) Lam*) cultivares abóboras e da costa. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 11, n. 3, p. 273-278.

- Davis; J. M; Sanders, D. C; Nelson, P. V; Lengnick, L; Sperry, W. J. 2003. Boron improves growth, yield, quality and nutrient content of tomato. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, v. 128, n. 5, p. 441-446.
- De Mello, F. A. F; Sobrinho, M. O. C. B; Arzolla, S; Silveira, R. I; Netto, A. C; Kiehl, J. C. 1987. Fertilidade do Solo. 3ª Edição, Livraria Nobel SA. São Paulo.
- De Miranda, J. E. C; França, F. H; Carrijo, O. A; Pereira, W; Lopes, C. A; Silva, J. B. C. 1995. A Cultura da Batata-Doce. EMBRAPA-SPI. São Paulo.
- De Wit, H. A. de; Menete, M. Z.L; Chongo, D. A. 2001. Apontamentos de Fertilidade do solo. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. Universidade Eduardo Mondlane.
- Echer, F. R; Creste, J. E. 2011. Adubação com boro em batata-doce: efeito das fontes, doses e modos de aplicação. *Ciência Agrária*, v. 32, n. 1, p. 1831-1836.
- Echer, F. R; Dominato J. C; Creste J. E; Santos D. H. 2009. Fertilização de cobertura com boro e potássio na nutrição e produtividade da batata-doce. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 2, p. 171-175.
- Echer, F. R; Foloni, J. S. S; Tiritan, C. S; Santos, D. H; Corte, A. 2007. Adubação nitrogenada e potássica de cobertura na Batata-doce. *Horticultura brasileira*, v. 18, n. 2, p. 165-173.
- EMBRAPA. 1995. Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças n° 7. Brasília.
- Emmanuel, H; Mukwantali, C; Ndirigwe, J; Vasanthakaalam, H. 2011. A comparative Study on the Beta-carotene content and its retention in yellow and orange fleshed sweet potatos Flours. Makerere University. Uganda.
- Espindola, J; Almeida, D; Guerra, J. 1997. Benefícios da adubação sobre a simbiose micorrizica e a produtividade da batata-doce. *Comunicado técnico n° 14*. EMBRAPA

- Ezeilo, W. 1977. Fertilizer use and Production of Carbohydrates and Lipids: Effect of fertilizer and other inputs on yield and nutritive value of Cassava and other tropical root crop. International Institute of Tropical Agriculture. Nigeria.
- Fairhurst, T. 2012. Handbook for Integrated Soil Fertility Management. Africa Soil Health Consortium. Nairobi.
- FAOSTAT. 2013. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acessado no dia 06/08/2016.
- Faquin, V; Andrade, A. 2004. Produção de Hortaliças- Nutrição Mineral e Diagnose do Estado Nutricional das Hortaliças. Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais.
- Faria, A. F; Alvarez, V. V. H; Mattiello, E. M; Lima Neves, J. C; De Barros, F. N; Paiva, N. H. 2012. Capacidade de Suprimento de Potássio em Solos de Minas Gerais-Brasil. *Spanish Journal of Soil Science*, v. 2, n. 1, p. 26-37.
- Foloni, J. S. S; Corte, A. J; Corte, J. R. N; Echer, F. R; Tiritan, C. S. 2013. Adubação de cobertura na batata-doce com doses combinadas de nitrogênio e potássio. *Ciências Agrárias*, v. 34, n.1, p. 117-126.
- Goldberg, S. Chemistry and mineralogy of born in soils. In: GUPTA, U.C. (ed.). Boron and its role in crop production. *Boca Raton: CRC Press*, 1997. p. 3-44.
- Gomes, F. L. 2010. Produção e qualidade de duas variedades de *Ipomoea batatas* (L.) Lam submetidas a densidades de plantio e quantidades de fósforo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- Gomez, K. A. e Gomez, A. A. 1984. Estatistical Procedures for Agricultural Research. 2nd Edition. John Wiley.
- Gondim, A. R. O. 2009. Absorção e mobilidade do Boro em plantas de tomate e de beterraba. Teses de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. São Paulo.
- Gros, A. 1967. Adubos- Guia Prático de Fertilização. 2^a Edição, Clássica Editora. Lisboa.

- Gupta, U. C; Jame, Y. W; Campbell, C. A; Leyshon, A. J; Nicholaichuk, W. 1985. Boron toxicity and deficiency: A review. *Canadian journal of soil science*, v. 65, n. 3, p. 381-409.
- Hagenimana, V; Carey, E; Gichul, S.T; Oyunga, M.A; Imunga, J. K. 2000. Carotenoid Contents in fresh, dried and processed sweet potatos products. International Potato Center. Nairobi.
- Hartemink, A. E. 2003. Integrated nutrient management research with sweet potato in Papua New Guinea. *outlook on AGRICULTURE*, v. 3, n. 3, p. 173-182.
- Hirose, E. H; Creste, J. E; Custódio, C. C; Neto, N. B. M. 2012. In vitro growth of sweet potato fed with potassium phosphite. *Acta Scientiarum*, v. 34, n.1, p. 85-91.
- Houba, V. J. G; van der Lee, J. J; Novozamsky, I; Walinga, I. 1989. Soil analysis procedures. Fifth edition. Wageningen Agricultural University. Netherlands.
- INE (Instituto Nacional de Estatística). 2011. Censo Agro-Pecuário 2009-2010-Resultdos definitivos. Instituto Nacional de Estatística. Maputo.
- Islam. S. 2006. Medicinal and Nutritional Qualities of sweet potato Tops and Leaves. *Journal of Food Science*, v. 71, n. 3, p. 13-21.
- Jian-wei, L; Fang, C; You-sheng, X; Yun-fan, W; Dong-bi, L. 2001. Sweet Potato Response to Potassium. *Better Crops International*, v.15, n.1, p. 155-175.
- Kalkmann, D. C. 2011. Produtividade, Qualidade de raíz, Resistência aos insectos de solo e aos nematóides das galhas, e estimativas de parâmetros genéticos em clones de batata-doce cultivados no distrito federal. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília.
- Laurie, S.M. 2010. Agronomic performance, Consumer acceptability and Nutrient content of new Sweet-potato Varieties in South Africa. Doctoral Thesis. University of the Free State. South Africa.
- Lenoble, M. E; Blevins, D. G; Miles, R. J. 1993. Extra boron maintains root growth under toxic aluminum conditions. *Better Crops*, v.2, n.1, p. 3-5.

- Low, J., Uaeine, R., Andrade, M. I., Howard, J. 2000. Batata-doce de polpa alaranjada - Parcerias prometedoras para assegurar a Integração de aspectos nutricionais na Investigação e Extensão Agrícola. *Flash no 20*. MADER. Maputo.
- Maroto, J. V. 1995. Horticultura Herbacea Especial. 4ª Edição. Ediciones Mundi-prensa. Madrid.
- Mathai, P. J. 1988. Vegetable Growing in Zambia. Lusaka- Zâmbia. 71-73 pp.
- Mayhew, S. e Penny, A. 1988. Tropical and Sub-Tropical Foods. Macmillan Publishers Ltd. London and Basingstoke.
- Melo, W. F; Silva, J. B. C; Moita, A. W. 2010. Avaliação da produtividade de clones de batata-doce ricos em pro vitamina A juntos a agricultores familiares. *Horticultura Brasileira*, v.28, n.2, p. 302-306.
- Menete, M. Z. L. e Chongo, D. A. 1999. Fertilidade do Solo, Colecção Jovem Agricultor, Edição - AJAP – AJAM. Maputo.
- Mesquita, H. A; Alvarenga, M. A; Paula, M. B; Carvalho, J. G; Nóbrega, J. C. A. 2007. Produção e Qualidade da Batata em Resposta ao Boro. *Ciência agrotecnológica*, v. 31, n. 2, p. 385-392.
- MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL. 2005. *Perfil do distrito de Boane: Província de Maputo*. Série: perfis de distritos.
- Mithra, V. S. S; Somasundaram, K. 2008. A model to Simulate Sweet Potato Growth. *World Applied Sciences*, v.4, n.4, p. 568-577.
- Momade, A. A. 2005. Determinação de épocas de colheita em três variedades de batata-doce de polpa alaranjada. Tese de Licenciatura. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.
- Nascimento, S; M; C. 2013. Nutrição mineral e produtividade da batata-doce biofortificada em função de doses de fósforo e potássio. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal.

- Nava, G; Dechen, A. R; Iuchi, V. L. 2007. Produção de tubérculos de batata-semente em função das adubações nitrogenada, fosfatada e potássica. *Horticultura Brasileira*, v.25, n.3, p. 365-370.
- Nóbrega, D. S. 2011. Reação de Clones de Batata-doce aos Nematóides de Galhas do Gênero *Meloidogyne* sp. Trabalho final de curso. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília. Brasília.
- Oliveira, A. P; Silva, J. E. L; Pereira, W. E. P; Barbosa, L. J. N Bruno, G. B. 2005. Produção da batata-doce em função de doses de P₂O₅ em dois sistemas de plantio. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 3, p. 768-772.
- Omwuene, I. C. and Charles, W. D. 1994. Tropical root and tuber crops: production, perspective and future prospects. *FAO plant production and protection paper*, v.126, n.2, p. 259-267.
- Pechiço, J. D. F. 2013. Efeito das variedades na Composição Química de Folhas e Raízes de Batata-doce de Polpa Alaranjada (*Ipomoea batatas* Lam) produzidas em Umbelúzi-Boane. Projecto Final. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.
- Purcell, A., Collins, W., Chancy, H. 1982. Nitrogen, Potassium, Sulfur Fertilization and Protein Content of Sweet Potato Roots. *Journal of American Society for Horticultural Science*, v.4, n.5, p. 125-165.
- Queiroga, R; Santos, M; Menezes, M; Vieira, C; Silva, M. 2007. Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 3, p. 371-374.
- Reis Júnior, R. A; Monnerat, P. H. 2001. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. *Horticultura Brasileira*, v. 19, n. 3, p. 227-231.
- Rós, A. B; Narita, N; Hirata, A. C. S. 2014. Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e químicas de solo em função de adubação orgânica e mineral. *Ciências Agrárias*, v. 35, n. 1, p. 205-214.

- Santos, J. F. 2008. Fertilização Orgânica de Batata-Doce com Esterco Bovino e Biofertilizante. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- Santos, J. F.; Grangeiro, J. I. T.; Brito, L. M. P.; Oliveira, M. M.; Santos, M. C. C. A. 2009. Influência do húmus de minhoca no rendimento da batata-doce. *Ciências agrárias*, v. 6, n. 2, p. 181-190.
- Santos, J. Q. 1996. Fertilização-Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos. 2ª Edição. Publicação Europa-América.
- Schon M. K; Blevins D. G. 1990. Foliar boron applications increase the final number of branches and pools on branches of field grown soybeans. *Plant Physiology*, v. 92, n. 4, p. 602-607.
- Segeren, P; van den Oever, R; Compton, J. 1994. Pragas, doenças e ervas daninhas nas culturas alimentares em Moçambique. INIA. Maputo.
- Silveira, L. R; Chiesa, V. B; Tavares, I. B; Souza, R. C; Silveira, M. A; Alves, D. G; Junior, W. P. O. 2011. Caracterização Físico-química e clones de batata-doce de polpa alaranjada nas condições de Palmas-TO. *Estudos Goiânia*, v. 38, n. 2, p. 365-380.
- Steiner, F. 2010. Formas de potássio em solos do estado do Paraná e sua disponibilidade para as plantas em cultivos sucessivos. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Paraná. Paraná.
- Tomllins, K., Owori, C., Bechoff, A., Menya, G., Westby, A. 2012. Relationship between the Carotenoid Content, dry matter content and sensory attributes of Sweet-potato. Greenwich Academic literature Archive. London.
- Truong, V. D; Avula, R. Y; Pecota, K; Yencho, C. G. 2011. Sweet potatoes. In: Sinha, N. K., editor. Handbook of vegetables & vegetable processing. New Jersey: Wiley-Blackwell, p. 717-737.
- Tuco-Tuco, O. M. 2013. Efeito da Adubação Potássica no Rendimento de Batata-doce de Polpa Alaranjada (Ipomoea batatas Lam) produzidas na Estufa da FAEF. Projecto Final.

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.

- Tumwegamire, S., K. Mtunda, R.O.M. Mwanga, M.I. Andrade, J.W. Low, G.N. Ssemakula, S.M. Laurie, F.P. Chipungu, J. Ndirigue, S. Agili, L. Karanja, M. Chiona, J.C. Njoku, and W.J. Grüneberg. 2013. Catalogue of orange-fleshed sweetpotato varieties for Sub-Saharan Africa. Second Edition. International Potato Center (CIP), Lima, Peru. 74p.
- Tumwegamire, S., Kapinga, R., Rubaihayo, P., LaBonte, D., Gruneberg, D., Mwanga, M. 2011. Genetic Variation Diversity and Genotype by Environment Interactions of Nutritional Quality traits in East African Sweet potato. Doctoral thesis. Makerere University. Kampala. Uganda.
- Ukom, K; Ojmelukwe, P; Okpara, D. 2009. Nutrient Composition of Selected Sweet potatoes Varieties as Influenced by different Levels of Nitrogen Fertilizer Application. *Pakistan journal of Nutrition*, v. 8, n. 11, p. 1791-1795.
- Viana, D. 2009. Produção e qualidade de raízes, ramas e silagem de ramas de clones de Batata-doce em diferentes locais e épocas de colheita. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina.
- Vimala, B; Sreelanth, A; Binu, H; Wolfgang, G. 2011. Variability in 42 orange-fleshed sweet potatoes Hybrids for tuber yield, carotene and dry matter. *Geneconserve*, v. 40, n. 4, p. 190-200.
- Werle, R; Garcia, R. A; Rosolem, C. A. 2008. Lixiviação de Potássio em Função da Textura e da Disponibilidade do Nutriente no Solo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, v. 32, n. 2, p. 297-305.
- Westerhout, F; Bovee, M. 1985. Métodos de Análise química e física de solos em uso no INIA. Série Terra e Água. Comunicação n°. 38. Maputo, Moçambique.
- Woolfe, J. 1992. Sweet potato: un tapped food resource. Cambridge University Press. New York.
- Yamada, T. 2000. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? *Informações Agronómicas n° 90*. POTAFOS.

ANEXOS

Anexos 1. Produção da Batata-doce em toneladas nas 10 províncias de Moçambique entre 2002-2008.

Província/ Ano	2002	2003	2005	2006	2007	2008
Niassa	35	94	54	57	20	21
Cabo Delgado	12	8	13	9	8	10
Nampula	22	18	29	14	9	13
Zambézia	127	125	162	435	205	211
Tete	136	259	146	309	288	295
Manica	49	101	84	97	178	185
Sofala	23	174	45	120	74	78
Inhambane	6	10	12	4	7	8
Gaza	24	72	122	48	56	59
Maputo	22	16	42	32	15	19
Nacional	456	877	709	1125	860	899

Fonte: Andrade *et al.* (2012).

Anexo 2. Cálculo de quantidades de nutrientes e adubo por parcela.

NC: 30 kg.ha⁻¹ P; 120 kg.ha⁻¹ N.

Ureia (46% de N)

Superfosfato Simples (10.5% de P₂O₅)

Sulfato de potássio (50% de K₂O)

Ultrabor (17% B)

Compasso: 80 cm × 30 cm

a) Cálculo de quantidade de adubo

30 kg de P ----- 10000 m²

X----- 7.2 m²;

X = 0.0216 kg de P × **2.2914** = 0.04949 kg de P₂O₅

10.5 kg P₂O₅-----100 kg SS

0.04949 kg P₂O₅-----X; X= **0.4713 kg SS/talhão** × **144 talhões** = **68 kg SS.**

Exemplo para 75 kg.ha⁻¹ de K

75 kg K----- 10000 m²

X----- 7.2 m²; X= 0.072 kg de K

50 % K₂O----- 94 kg K₂O

X----- 39 kg K; X= 20.7 % K

20.7 kg K----- 100 kg K₂SO₄;

1.296 g K ----- X; X= **260.8 g de K₂SO₄ /talhão.**

✓ O mesmo procedimento foi repetido para o cálculo de adubação para as doses 100 e 200 kg.ha⁻¹ de K.

Dose de 100 kg.ha⁻¹ de K

X= 521.7 g de K₂SO₄/talhão × 36 talhões = 18.7 kg de K₂SO₄.

Dose de 200 kg.ha⁻¹ de K

X= 782.6 g de K₂SO₄/talhão × 36 talhões = 28.2 kg de K₂SO₄.

1.5 kg B-----10 000 m²

x-----7.2 m²; x=0.0108 kg B

17 kg B-----100 kg de ultrabor

0.0108 kg B-----X; X= **63.5 g ultrabor/parcela** e na dose de **3 kg.ha⁻¹ de B** usou-se cerca de **127 g de ultrabor/parcela.**

Anexo 3. Layout do Ensaio e suas Dimensões.

Bloco 1						Bloco 2						Bloco 3						Bloco 4					
v1b0k0	v1b2k1	v4b1k1	v3b1k2	v1b1k1	v4b1k0	v2b0k1	v1b1k2	v1b0k0	v2b2k1	v4b2k0	v3b2k0	v3b1k1	v2b1k2	v3b2k1	v1b2k0	v1b1k1	v1b0k0	v3b0k0	v4b2k0	v2b2k1	v1b2k1	v4b1k0	v2b2k2
v1b0k2	v4b0k0	v4b1k2	v2b0k2	v4b0k1	v4b2k2	v2b1k1	v2b2k0	v1b1k0	v3b1k0	v4b0k2	v4b2k1	v3b0k1	v4b0k1	v3b0k2	v1b1k0	v2b2k0	v3b1k2	v2b2k0	v1b1k1	v3b0k2	v1b0k1	v4b0k0	v2b0k1
v1b1k0	v2b2k1	v3b0k1	v3b1k0	v2b2k2	v3b2k1	v3b1k2	v2b1k2	v1b0k2	v3b0k0	v4b0k0	v4b1k2	v2b2k2	v2b0k0	v4b2k0	v3b2k2	v2b1k1	v4b1k1	v4b2k1	v3b2k0	v2b0k0	v3b2k2	v2b1k1	v4b0k2
v2b0k1	v3b2k2	v4b2k1	v2b1k1	v1b0k1	v1b2k2	v1b2k1	v2b0k0	v2b0k2	v2b2k2	v3b2k1	v4b1k1	v3b0k0	v4b0k2	v1b0k1	v2b0k1	v4b2k1	v1b2k2	v1b2k0	v2b0k2	v1b0k0	v4b0k1	v1b1k2	v3b1k0
v3b2k0	v1b2k0	v3b1k1	v2b2k0	v2b1k0	v4b2k0	v1b0k1	v1b1k1	v1b2k2	v3b0k2	v4b0k1	v3b2k2	v3b1k0	v2b1k0	v4b2k2	v4b1k0	v1b1k2	v4b1k2	v2b1k2	v1b0k2	v3b1k1	v2b1k0	v4b1k1	v3b2k1
v4b0k2	v3b0k0	v2b1k2	v2b0k0	v1b1k2	v3b0k2	v1b2k0	v3b1k1	v2b1k0	v3b0k1	v4b1k0	v4b2k2	v2b2k1	v1b0k2	v3b2k0	v2b2k1	v2b0k2	v1b2k1	v4b2k2	v1b2k2	v3b0k1	v4b1k2	v3b1k2	v1b1k0

Tratamentos

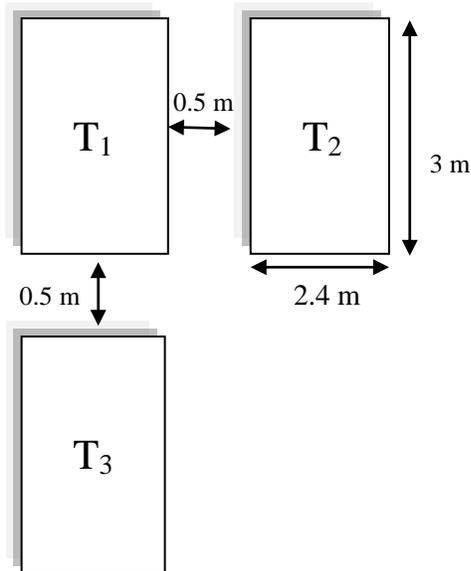
Ex: $T_1 = v1b0k0$; $T_{12} = v2b0k2$; $T_{24} = v3b1k2$; $T_{36} = v4b2k2$;

Onde:

v1: variedade Irene; **v2:** variedade Ininda; **v3:** variedade Bela; **v4:** variedade Délvia;

b0: nível 0 kg.ha⁻¹ de B; **b1:** nível 1.5 kg.ha⁻¹ de B; **b2:** nível 3.0 kg.ha⁻¹ de B;

k0: nível 0 kg.ha⁻¹ de K; **k1:** nível 100 kg.ha⁻¹ de K; **k2:** nível 200 kg.ha⁻¹ de K;



Anexo 4: Anovas

```
. anova rendtonha variedade potassio boro variedade* potassio variedade* boro potassio* boro variedade* potassio* boro bloco
```

```
Number of obs = 144      R-squared = 0.5239
Root MSE = 11.0172      Adj R-squared = 0.3516
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	14022.4415	38	369.011619	3.04	0.0000
variedade	8610.38724	3	2870.12908	23.65	0.0000
potassio	183.150591	2	91.5752957	0.75	0.4728
boro	413.182014	2	206.591007	1.70	0.1873
variedade*potassio	1138.38631	6	189.731052	1.56	0.1652
variedade*boro	181.284475	6	30.2140791	0.25	0.9588
potassio*boro	1101.85227	4	275.463067	2.27	0.0666
variedade*potassio*boro	1441.05474	12	120.087895	0.99	0.4641
bloco	953.143904	3	317.714635	2.62	0.0548
Residual	12744.7478	105	121.37855		
Total	26767.1893	143	187.183142		

```
. predict r,residual
```

```
. swilk r
```

Shapiro-wilk w test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
r	144	0.98502	1.683	1.178	0.11945

```
. hettest r
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance
Variables: r

```
chi2(1) = 0.11
Prob > chi2 = 0.7403
```

```
. prcompw rendtonha variedade potassio boro
```

Pairwise Comparisons of Means

Response variable (Y): rendtonha REND (ton/ha)
Group variable (X): variedade VARIEDADE

Group variable (X): variedade Response variable (Y): rendtonha

Level	n	Mean	S.E.
1	36	13.31566	1.115693
2	36	14.29025	1.62383
3	36	32.66686	2.779525
4	36	21.49151	1.674158

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
Homogeneous error SD = 11.38822, degrees of freedom = 140

(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)

Mean(Y)	13.316	14.29	32.667
Level(X)	1	2	3
14.29		.9746	
2		6.9798	
32.667	19.351*	18.377*	
3	6.9798	6.9798	
21.492	8.1759*	7.2013*	-11.175*
4	6.9798	6.9798	6.9798

. anova rc variedade potassio boro variedade* potassio variedade* boro potassio* boro variedade* potassio* boro bloco

Number of obs = **144** R-squared = **0.5184**
 Root MSE = **9.26401** Adj R-squared = **0.3441**

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	9698.70683	38	255.229127	2.97	0.0000
variedade	5780.60888	3	1926.86963	22.45	0.0000
potassio	104.970791	2	52.4853956	0.61	0.5444
boro	393.30157	2	196.650785	2.29	0.1062
variedade*potassio	917.154186	6	152.859031	1.78	0.1100
variedade*boro	235.335431	6	39.2225752	0.46	0.8385
potassio*boro	822.321031	4	205.580258	2.40	0.0550
variedade*potassio*boro	806.518961	12	67.2099134	0.78	0.6666
bloco	638.495958	3	212.831986	2.48	0.0652
Residual	9011.30084	105	85.8219127		
Total	18710.0077	143	130.839214		

. predict r1,residual

. swilk r1

Shapiro-wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
r1	144	0.98665	1.500	0.918	0.17940

. hettest r1

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance
 Variables: r1

chi2(1) = **0.98**
 Prob > chi2 = **0.3223**

. prcompw rc variedade potassio boro

Pairwise Comparisons of Means

Response variable (Y): rc RC
 Group variable (X): variedade VARIEDADE

Group variable (X): variedade	Response variable (Y): rc		
Level	n	Mean	S.E.
1	36	10.18306	.9035102
2	36	11.01389	1.300905
3	36	26.05167	2.296366
4	36	16.91944	1.574626

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 9.610039, degrees of freedom = 140

Mean(Y)	(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)		
Level(X)	1	2	3
11.014	.83083		
2	5.8899		
26.052	15.869*	15.038*	
3	5.8899	5.8899	
16.919	6.7364*	5.9056*	-9.1322*
4	5.8899	5.8899	5.8899

. anova nraizes variedade potassio boro variedade* potassio variedade* boro potassio* boro variedade* potassio* boro bloco

Number of obs = 144 R-squared = 0.5277
 Root MSE = 1.07813 Adj R-squared = 0.3568

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	136.387758	38	3.58915154	3.09	0.0000
variedade	77.7885686	3	25.9295229	22.31	0.0000
potassio	1.69213839	2	.846069197	0.73	0.4853
boro	5.21098198	2	2.60549099	2.24	0.1114
variedade*potassio	4.60058794	6	.766764656	0.66	0.6823
variedade*boro	1.60011091	6	.266685152	0.23	0.9663
potassio*boro	18.7584798	4	4.68961996	4.03	0.0044
variedade*potassio*boro	24.9271665	12	2.07726388	1.79	0.0596
bloco	1.80972427	3	.603241424	0.52	0.6701
Residual	122.047573	105	1.16235784		
Total	258.435331	143	1.80724008		

. predict r11,residual

. swilk r11

Shapiro-wilk w test for normal data

Variable	Obs	W	V	Z	Prob>z
r11	144	0.98914	1.221	0.451	0.32595

. hettest r11

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
 H0: Constant variance
 Variables: r11
 chi2(1) = 4.94

. prcompw nraizes variedade potassio boro

Pairwise Comparisons of Means

Response variable (Y): nraizes	NRAIZES		
Group variable (X): variedade	VARIEDADE		
Group variable (X): variedade	Response variable (Y): nraizes		
Level	n	Mean	S.E.
1	36	2.133056	.1267899
2	36	2.050278	.1788506
3	36	3.877778	.2727654
4	36	2.485139	.1445899

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 1.135929, degrees of freedom = 140

Mean(Y)	(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)
Level(X) 2.1331 2.0503 3.8778	
2.0503 -.08278 .6962	
3.8778 1.7447* 1.8275* .6962	
2.4851 .35208 .43486 -1.3926* .6962	

. anova mseca variedade potassio boro variedade* potassio variedade* boro potassio* boro variedade* potassio* boro bloco

Number of obs = 144 R-squared = 0.8164
 Root MSE = 1.66084 Adj R-squared = 0.7499

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	1287.77275	38	33.8887566	12.29	0.0000
variedade	980.180182	3	326.726727	118.45	0.0000
potassio	27.2897237	2	13.6448619	4.95	0.0089
boro	43.9763169	2	21.9881585	7.97	0.0006
variedade*potassio	65.2649154	6	10.8774859	3.94	0.0014
variedade*boro	77.3200328	6	12.8866721	4.67	0.0003
potassio*boro	19.7822726	4	4.94556814	1.79	0.1357
variedade*potassio*boro	65.7054199	12	5.47545166	1.99	0.0327
bloco	8.25388844	3	2.75129615	1.00	0.3971
Residual	289.631928	105	2.75839932		
Total	1577.40468	143	11.030802		

```
. predict r,residual
. swilk r
```

Shapiro-wilk w test for normal data

Variable	Obs	W	V	Z	Prob>z
r	144	0.91190	9.899	5.186	0.00000

```
. gen wmseca=cos(mseca)
```

```
. anova wmseca variedade potassio boro variedade* potassio variedade* boro potassio* boro variedade* potassio* boro bloco
```

Number of obs = 144 R-squared = 0.4466
 Root MSE = .605313 Adj R-squared = 0.2463

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	31.0445907	38	.816962913	2.23	0.0007
variedade	14.9033174	3	4.96777246	13.56	0.0000
potassio	.948209381	2	.474104691	1.29	0.2785
boro	.706949402	2	.353474701	0.96	0.3844
variedade*potassio	.905645121	6	.150940854	0.41	0.8697
variedade*boro	4.35646763	6	.726077939	1.98	0.0748
potassio*boro	.869115621	4	.217278905	0.59	0.6685
variedade*potassio*boro	7.52430321	12	.627025268	1.71	0.0745
bloco	.830582942	3	.276860981	0.76	0.5215
Residual	38.4723727	105	.36640355		
Total	69.5169634	143	.486132611		

```
. predict erro1,residual
. swilk erro1
```

Shapiro-wilk w test for normal data

Variable	Obs	W	V	Z	Prob>z
erro1	144	0.99468	0.598	-1.163	0.87764

```
. htest erro1
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
 Ho: Constant variance
 Variables: erro1

chi2(1) = 0.08
 Prob > chi2 = 0.7834

Pairwise Comparisons of Means

Response variable (Y): mseca % Mseca
 Group variable (X): variedade VARIEDADE

Group variable (X): variedade	Response variable (Y): mseca		
Level	n	Mean	S.E.
1	36	27.75444	.1760215
2	36	24.33028	.4894559
3	36	25.65028	.2888855
4	36	31.23611	.3463846

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 2.065403, degrees of freedom = 140

(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)

Mean(Y)	(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)		
Level(X)	1	2	3
24.33		-3.4242*	
2		1.2659	
25.65	-2.1042*		1.32*
3	1.2659		1.2659
31.236	3.4817*	6.9058*	5.5858*
4	1.2659	1.2659	1.2659

. anova _caroteno variedade potassio boro variedade* potassio variedade* boro potassio* boro variedade* potassio* boro bloco

Number of obs = 144 R-squared = 0.8873
 Root MSE = 4.90713 Adj R-squared = 0.8466

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	19913.5582	38	524.041006	21.76	0.0000
variedade	16794.9883	3	5598.32942	232.49	0.0000
potassio	3.78129391	2	1.89064696	0.08	0.9245
boro	474.704319	2	237.35216	9.86	0.0001
variedade*potassio	316.049599	6	52.6749332	2.19	0.0499
variedade*boro	796.054914	6	132.675819	5.51	0.0001
potassio*boro	441.780364	4	110.445091	4.59	0.0019
variedade*potassio*boro	1076.2852	12	89.6904332	3.72	0.0001
bloco	9.91429142	3	3.30476381	0.14	0.9376
Residual	2528.39019	105	24.0799066		
Total	22441.9484	143	156.936702		

. predict r3,residual

. swilk r3

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
r3	144	0.91748	9.272	5.038	0.00000

. gen d_caroteno=sin(_caroteno+1)

. anova d_caroteno variedade potassio boro variedade* potassio variedade* boro potassio* boro variedade* potassio* boro bloco

Number of obs = 144 R-squared = 0.4160
 Root MSE = .653171 Adj R-squared = 0.2046

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
Model	31.9036471	38	.839569661	1.97	0.0037
variedade	14.42223	3	4.80741001	11.27	0.0000
potassio	2.63395527	2	1.31697764	3.09	0.0498
boro	.097762159	2	.048881079	0.11	0.8919
variedade*potassio	1.66379524	6	.277299207	0.65	0.6900
variedade*boro	5.94668889	6	.991114815	2.32	0.0380
potassio*boro	1.14347488	4	.28586872	0.67	0.6142
variedade*potassio*boro	3.1300433	12	.260836942	0.61	0.8284
bloco	2.86569732	3	.955232441	2.24	0.0880
Residual	44.7963705	105	.4266321		
Total	76.7000176	143	.536363759		

. predict erro1,residual

. swilk erro1

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
erro1	144	0.99250	0.843	-0.386	0.65038

. hetttest erro1

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

H0: Constant variance

Variables: erro1

chi2(1) = 0.01
 Prob > chi2 = 0.9353

. prcompw _caroteno variedade potassio boro

Pairwise Comparisons of Means

Response variable (Y): _caroteno ?_caroteno
 Group variable (X): potassio POTASSIO

Group variable (X): potassio		Response variable (Y): _caroteno		
Level	n	Mean	S.E.	
1	48	14.15687	1.501692	
2	48	14.02792	1.76132	
3	48	14.4175	2.142118	

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 12.61491, degrees of freedom = 141

		(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)	
Mean(Y)	Level(X)	1	2
14.157	1	14.028	
14.028	2	-.12896	6.0996
14.418	3	.26063	.38958
		6.0996	6.0996

. prcompw _caroteno variedade boro

Pairwise Comparisons of Means

Response variable (Y): _caroteno ?_caroteno
 Group variable (X): variedade VARIEDADE

Group variable (X): variedade		Response variable (Y): _caroteno		
Level	n	Mean	S.E.	
1	36	7.185278	.7690666	
2	36	19.15222	1.681187	
3	36	29.20889	.8339021	
4	36	1.256667	.6070148	

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 6.351018, degrees of freedom = 140

		(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)		
Mean(Y)	Level(X)	1	2	3
7.1853	1	19.152	29.209	
19.152	2	11.967*	3.8925	
29.209	3	22.024*	10.057*	3.8925
1.2567	4	-5.9286*	-17.896*	-27.952*
		3.8925	3.8925	3.8925

Pairwise Comparisons of Means

Response variable (Y): _caroteno ?_caroteno
 Group variable (X): variedade VARIEDADE
 Weighting: [fweight= boro]
 <if><in> qualifier: if boro==1

Group variable (X): variedade		Response variable (Y): _caroteno		
Level	n	Mean	S.E.	
1	12	5.336667	.8154793	
2	12	12.17917	2.263999	
3	12	27.93333	1.975601	
4	12	1.38	1.047588	

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 5.689763, degrees of freedom = 44

		(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)		
Mean(Y)	Level(X)	1	2	3
5.3367	1	12.179	27.933	
12.179	2	6.8425*	6.2022	
27.933	3	22.597*	15.754*	6.2022
1.38	4	-3.9567	-10.799*	-26.553*
		6.2022	6.2022	6.2022

Response variable (Y): _caroteno ?_caroteno
 Group variable (X): variedadade VARIEDADE
 Weighting: [fweight= boro]
 <if><in> qualifier: if boro==2

Group variable (X): variedadade		Response variable (Y): _caroteno		
Level	n	Mean	S.E.	
1	24	8.036667	.8367776	
2	24	26.085	2.329857	
3	24	29.32833	.5030226	
4	24	.4633333	.2463124	

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 6.217137, degrees of freedom = 92

		(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)		
Mean(Y)	Level(X)	1	2	3
26.085	2	18.048*	4.6964	
29.328	3	21.292*	3.2433	4.6964
.46333	4	-7.5733*	-25.622*	-28.865*

Response variable (Y): _caroteno ?_caroteno
 Group variable (X): variedadade VARIEDADE
 Weighting: [fweight= boro]
 <if><in> qualifier: if boro==3

Group variable (X): variedadade		Response variable (Y): _caroteno		
Level	n	Mean	S.E.	
1	36	8.1825	.9790285	
2	36	19.1925	.7338856	
3	36	30.365	.7798465	
4	36	1.926667	.8302889	

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 5.01514, degrees of freedom = 140

		(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)		
Mean(Y)	Level(X)	1	2	3
19.193	2	11.01*	3.0737	
30.365	3	22.182*	11.172*	3.0737
1.9267	4	-6.2558*	-17.266*	-28.438*

Response variable (Y): _caroteno ?_caroteno
 Group variable (X): boro BORO
 Weighting: [fweight= variedadade]
 <if><in> qualifier: if variedadade==1

Group variable (X): boro		Response variable (Y): _caroteno		
Level	n	Mean	S.E.	
1	12	5.336667	.8154793	
2	12	8.036667	1.209978	
3	12	8.1825	1.746357	

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 4.551403, degrees of freedom = 33

		(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)	
Mean(Y)	Level(X)	1	2
8.0367	2	2.7	4.5596
8.1825	3	2.8458	.14583

Response variable (Y): _caroteno ?_caroteno
 Group variable (X): boro BORO
 Weighting: [fweight= variedade]
 <if><in> qualifier: if variedade==2

Level	n	Mean	S.E.
1	24	12.17917	1.5657
2	24	26.085	2.329857
3	24	19.1925	.9053124

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 8.342298, degrees of freedom = 69

Mean(Y)	(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)	
Level(X)	1	2
26.085	13.906*	5.7686
19.193	7.0133*	-6.8925*

Response variable (Y): _caroteno ?_caroteno
 Group variable (X): boro BORO
 Weighting: [fweight= variedade]
 <if><in> qualifier: if variedade==3

Level	n	Mean	S.E.
1	36	27.93333	1.107545
2	36	29.32833	.407772
3	36	30.365	.7798465

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 4.900321, degrees of freedom = 105

Mean(Y)	(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)	
Level(X)	1	2
29.328	1.395	2.746
30.365	2.4317	1.0367

Response variable (Y): _caroteno ?_caroteno
 Group variable (X): boro BORO
 Weighting: [fweight= variedade]
 <if><in> qualifier: if variedade==4

Level	n	Mean	S.E.
1	48	1.38	.5068016
2	48	.4633333	.1723064
3	48	1.926667	.7164969

Simultaneous significance level: 5% (Tukey wsd method)
 Homogeneous error SD = 3.577497, degrees of freedom = 141

Mean(Y)	(Row Mean - Column Mean) / (Critical Diff)	
Level(X)	1	2
.46333	-.91667	1.7298
1.9267	.54667	1.4633

Anexo 5: Base de datos

VAR	K	B	REP	RT	RC	RNC	NMRP	% MS	BC	% AR	% P	% A
1	1	1	1	15,81	13,15	2,66	1,25	28,02	4,94	15,81	7,88	57,33
1	1	1	2	9,72	6,82	2,90	2,25	29,94	3,95	14,21	7,68	57,68
1	1	1	3	28,54	25,73	2,81	2,75	26,19	6,62	17,42	5,22	60,74
1	1	1	4	14,06	7,55	6,51	2,63	28,05	5,17	15,69	6,93	58,59
1	1	2	1	10,91	7,16	3,75	1,88	28,23	2,88	16,24	6,57	61,02
1	1	2	2	6,56	5,73	0,83	2,00	27,43	4,25	15,45	5,91	58,16
1	1	2	3	6,25	6,07	0,18	1,50	25,84	7,85	18,66	5,40	59,65
1	1	2	4	19,27	11,09	8,18	3,13	27,16	4,99	16,78	5,96	59,61
1	1	3	1	15,51	10,36	5,14	3,00	27,27	16,22	15,83	3,91	62,10
1	1	3	2	12,00	6,77	5,23	2,00	28,58	3,44	12,64	7,94	58,92
1	1	3	3	15,89	13,96	1,93	2,00	29,08	11,79	15,08	6,37	59,72
1	1	3	4	9,03	7,97	1,06	1,88	28,31	10,48	14,52	6,07	60,25
1	2	1	1	13,70	7,08	6,61	2,50	27,84	3,22	12,12	7,11	61,15
1	2	1	2	1,46	1,04	0,42	1,25	27,04	3,44	13,94	6,80	60,42
1	2	1	3	18,70	15,10	3,59	3,25	29,08	11,79	15,08	6,37	59,72
1	2	1	4	15,83	12,42	3,42	2,25	27,99	6,15	13,72	6,76	60,43
1	2	2	1	3,41	3,41	0,00	0,75	27,27	9,97	16,31	5,77	58,39
1	2	2	2	17,50	15,16	2,34	2,50	26,56	5,87	15,24	6,48	58,66
1	2	2	3	30,21	20,05	10,16	1,50	26,38	6,95	16,26	4,52	62,29
1	2	2	4	3,75	2,60	1,15	0,75	26,74	7,60	15,94	5,59	59,78
1	2	3	1	13,15	10,29	2,86	2,00	29,25	0,00	14,57	4,90	61,91
1	2	3	2	26,09	23,07	3,02	4,00	27,53	14,06	18,18	6,15	59,58
1	2	3	3	13,02	10,94	2,08	2,25	26,64	17,45	16,09	5,52	59,24
1	2	3	4	17,71	15,00	2,71	2,00	27,81	10,50	16,28	5,52	60,24
1	3	1	1	12,40	11,43	0,96	1,50	26,67	9,12	16,75	6,05	60,44
1	3	1	2	20,31	14,48	5,83	3,50	27,47	3,60	14,75	7,24	56,69
1	3	1	3	6,25	5,99	0,26	1,25	27,35	1,35	16,11	5,75	62,71
1	3	1	4	8,33	7,29	1,04	1,75	27,16	4,69	15,86	6,35	59,94
1	3	2	1	9,69	7,47	2,21	2,75	28,04	5,39	17,71	6,69	57,77
1	3	2	2	18,07	11,46	6,61	3,13	26,64	17,45	16,09	5,52	59,24
1	3	2	3	18,33	13,18	5,16	2,38	27,28	9,18	16,55	6,18	58,99
1	3	2	4	6,81	6,25	0,56	1,13	27,53	14,06	18,18	6,15	59,58
1	3	3	1	7,08	5,52	1,56	2,75	28,04	5,39	17,71	6,69	57,77
1	3	3	2	8,33	6,25	2,08	1,63	30,07	0,00	14,46	8,10	58,64
1	3	3	3	11,20	5,73	5,47	1,75	29,48	5,30	14,83	7,55	61,85
1	3	3	4	14,48	13,02	1,46	2,00	29,20	3,56	15,67	7,44	59,42
2	1	1	1	4,17	2,60	1,56	1,00	26,64	28,00	15,73	4,33	61,69
2	1	1	2	24,65	17,92	6,73	4,13	23,62	15,76	13,62	5,54	64,18
2	1	1	3	3,69	2,60	1,09	1,13	24,06	14,16	16,51	8,26	60,75

2	1	1	4	21,25	15,83	5,42	4,13	24,77	19,31	14,88	6,04	62,21
2	1	2	1	5,21	3,13	2,08	1,00	19,39	34,35	38,30	2,84	43,34
2	1	2	2	8,85	6,25	2,60	1,25	23,86	17,33	16,29	7,09	63,15
2	1	2	3	0,00	0,00	0,00	0,00	23,27	17,74	20,73	5,56	58,23
2	1	2	4	0,00	0,00	0,00	0,00	22,17	23,14	24,87	5,17	54,91
2	1	3	1	18,83	15,86	2,97	2,25	24,71	17,15	14,88	5,32	64,33
2	1	3	2	8,31	5,49	2,81	2,63	23,89	18,65	18,75	6,87	58,65
2	1	3	3	11,81	9,64	2,17	1,50	23,63	13,55	20,74	5,72	59,54
2	1	3	4	14,58	8,85	5,73	2,38	24,08	16,45	17,58	5,97	60,84
2	2	1	1	8,44	6,25	2,19	2,00	25,62	12,44	13,17	6,27	64,21
2	2	1	2	9,38	6,77	2,60	2,25	25,76	11,60	11,64	5,81	65,06
2	2	1	3	14,90	11,41	3,49	2,13	23,63	13,55	20,71	5,72	59,54
2	2	1	4	24,32	22,66	1,67	3,00	25,00	12,53	14,95	5,93	62,94
2	2	2	1	20,21	14,58	5,63	2,63	24,18	13,44	15,15	6,76	62,73
2	2	2	2	17,34	16,41	0,94	1,00	22,71	15,30	19,17	6,60	57,92
2	2	2	3	23,96	13,33	10,63	2,75	19,68	25,85	22,14	6,07	60,38
2	2	2	4	0,00	0,00	0,00	0,00	22,19	18,20	18,32	6,48	60,34
2	2	3	1	17,47	12,89	4,58	2,38	19,37	24,39	26,44	4,20	54,90
2	2	3	2	37,50	24,48	13,02	3,38	25,98	16,57	15,60	4,41	61,71
2	2	3	3	3,75	2,71	1,04	2,00	19,68	25,85	22,14	6,07	60,38
2	2	3	4	32,29	27,08	5,21	3,25	21,68	22,27	21,24	4,89	59,00
2	3	1	1	15,63	11,98	3,65	2,13	32,05	0,00	5,49	5,36	68,93
2	3	1	2	21,46	16,67	4,79	2,38	24,94	14,10	16,52	5,41	61,52
2	3	1	3	0,00	0,00	0,00	0,00	32,05	0,00	5,49	5,36	68,93
2	3	1	4	17,71	11,98	5,73	2,25	29,68	4,70	8,92	5,38	66,46
2	3	2	1	26,25	23,59	2,66	2,88	25,30	19,27	15,23	4,30	61,32
2	3	2	2	16,38	13,10	3,28	3,25	24,99	45,74	14,62	3,56	64,26
2	3	2	3	6,00	5,31	0,69	2,00	24,99	45,74	14,21	3,56	64,26
2	3	2	4	29,92	23,59	6,32	3,25	25,09	36,92	14,49	3,81	63,28
2	3	3	1	14,01	13,59	0,42	2,00	24,57	10,93	18,27	4,27	61,70
2	3	3	2	8,33	5,73	2,60	1,50	20,69	22,82	17,29	8,65	59,32
2	3	3	3	21,61	20,16	1,46	2,25	27,66	22,82	17,29	8,65	59,32
2	3	3	4	6,25	4,06	2,19	1,75	24,31	18,86	17,46	7,19	60,11
3	1	1	1	23,80	17,76	6,04	3,00	26,49	23,49	15,47	5,57	61,60
3	1	1	2	9,48	7,92	1,56	2,13	27,63	26,07	15,91	6,79	58,66
3	1	1	3	35,68	31,69	3,98	4,50	27,13	21,66	15,74	3,65	64,93
3	1	1	4	45,31	35,42	9,90	4,63	27,08	23,74	15,67	5,34	61,73
3	1	2	1	20,94	17,79	3,15	1,63	19,34	31,13	44,15	2,87	38,72
3	1	2	2	2,71	1,56	1,15	0,50	25,28	29,26	23,13	5,85	54,99
3	1	2	3	12,08	7,03	5,05	2,13	24,82	27,14	23,05	4,19	57,00
3	1	2	4	31,77	27,08	4,69	3,13	23,15	29,18	30,11	4,30	50,24

3	1	3	1	40,83	33,23	7,60	4,38	26,26	25,55	21,03	6,46	57,00
3	1	3	2	10,42	6,77	3,65	1,25	26,99	25,54	17,94	6,00	60,50
3	1	3	3	53,39	39,58	13,80	7,13	25,86	27,25	23,22	6,52	55,90
3	1	3	4	47,92	40,42	7,50	6,13	26,37	26,11	20,73	6,33	57,80
3	2	1	1	17,92	12,50	5,42	1,88	25,28	40,43	26,19	7,62	51,20
3	2	1	2	29,06	23,67	5,39	3,75	26,92	28,10	16,14	9,49	57,66
3	2	1	3	18,75	14,58	4,17	2,50	26,46	23,58	20,09	4,43	58,82
3	2	1	4	75,10	57,92	17,19	4,75	26,22	30,70	20,81	7,18	55,89
3	2	2	1	11,02	9,06	1,95	2,13	27,07	29,50	17,42	5,76	59,74
3	2	2	2	42,92	37,50	5,42	5,38	27,03	25,22	16,73	5,37	61,68
3	2	2	3	41,38	26,54	14,84	4,38	24,87	32,60	23,09	4,82	56,51
3	2	2	4	36,35	26,46	9,90	4,38	26,32	29,11	19,08	5,31	59,31
3	2	3	1	15,78	12,50	3,28	2,25	27,63	30,45	17,45	6,26	60,28
3	2	3	2	50,70	38,70	12,01	5,75	23,21	37,25	23,86	8,22	51,98
3	2	3	3	49,66	40,63	9,04	5,75	26,35	26,13	16,67	5,36	63,67
3	2	3	4	60,94	56,77	4,17	5,50	25,73	31,28	19,26	6,61	58,64
3	3	1	1	25,83	19,17	6,67	4,75	27,63	16,81	12,29	4,69	63,68
3	3	1	2	29,79	20,77	9,02	4,50	23,19	37,63	27,85	8,09	47,60
3	3	1	3	28,44	16,51	11,93	5,13	22,95	33,63	34,59	4,88	49,07
3	3	1	4	24,27	22,71	1,56	3,63	24,59	29,36	24,80	5,89	53,45
3	3	2	1	32,50	27,60	4,90	4,13	27,28	29,83	19,75	6,44	59,44
3	3	2	2	27,71	23,44	4,27	2,88	27,45	25,54	16,56	5,24	61,42
3	3	2	3	41,51	31,98	9,53	5,75	23,90	33,73	26,70	5,00	54,07
3	3	2	4	64,17	45,83	18,33	6,63	26,21	29,70	21,00	5,56	58,31
3	3	3	1	33,52	28,44	5,08	5,25	25,33	26,91	19,07	4,16	60,53
3	3	3	2	13,75	11,54	2,21	2,38	25,02	36,35	22,27	7,75	53,64
3	3	3	3	29,47	26,69	2,78	2,88	25,19	37,85	23,80	7,21	55,22
3	3	3	4	41,15	40,10	1,04	2,75	25,18	33,71	21,63	6,37	56,46
4	1	1	1	38,02	35,16	2,86	3,88	33,27	12,27	9,62	5,43	67,35
4	1	1	2	28,54	25,78	2,76	3,13	29,33	0,00	9,52	6,79	67,63
4	1	1	3	10,68	4,69	5,99	2,25	30,46	0,15	9,14	5,51	66,35
4	1	1	4	46,88	38,54	8,33	3,38	31,02	4,14	9,33	5,91	67,11
4	1	2	1	13,80	12,24	1,56	1,63	32,52	0,00	7,29	7,79	65,00
4	1	2	2	39,64	30,73	8,91	3,88	29,50	0,00	11,62	5,44	67,19
4	1	2	3	20,94	18,75	2,19	2,63	31,07	4,17	10,21	6,22	67,10
4	1	2	4	29,17	27,08	2,08	1,88	31,03	1,39	9,50	6,48	66,43
4	1	3	1	30,29	23,65	6,64	3,75	24,91	17,34	15,91	5,91	63,83
4	1	3	2	23,80	23,44	0,36	1,75	35,37	0,00	8,41	5,42	67,76
4	1	3	3	15,28	7,81	7,47	2,00	28,29	0,00	11,08	6,04	67,79
4	1	3	4	15,05	11,82	3,23	0,88	29,52	5,78	11,75	5,79	66,46
4	2	1	1	8,18	4,17	4,01	1,75	34,11	0,00	8,46	7,08	65,87

4	2	1	2	22,92	18,59	4,32	2,75	32,45	0,00	5,79	7,13	70,92
4	2	1	3	6,46	4,64	1,82	1,13	30,84	0,00	8,14	6,29	66,24
4	2	1	4	15,16	11,88	3,28	2,50	32,47	0,00	7,41	6,83	67,68
4	2	2	1	9,64	8,23	1,41	1,25	33,58	0,00	10,44	6,00	64,84
4	2	2	2	18,75	11,98	6,77	1,88	32,46	0,00	5,34	6,42	69,31
4	2	2	3	28,57	24,11	4,45	3,13	31,84	0,00	7,26	6,35	69,07
4	2	2	4	17,60	11,02	6,59	3,00	32,63	0,00	7,65	6,26	67,74
4	2	3	1	33,18	29,06	4,11	4,75	31,28	0,00	7,08	7,42	66,49
4	2	3	2	21,25	18,36	2,89	2,25	27,82	0,00	13,81	4,17	64,92
4	2	3	3	23,96	22,92	1,04	2,50	27,82	0,00	13,81	4,17	64,92
4	2	3	4	17,08	11,20	5,89	2,38	28,97	0,00	11,57	5,25	65,44
4	3	1	1	8,18	4,17	4,01	1,75	32,32	0,00	10,67	7,70	64,93
4	3	1	2	23,23	16,20	7,03	2,75	30,98	0,00	11,81	6,18	64,83
4	3	1	3	21,56	17,40	4,17	2,63	33,35	0,00	6,80	6,03	68,53
4	3	1	4	11,88	7,24	4,64	1,63	32,22	0,00	9,71	6,63	66,09
4	3	2	1	11,07	6,77	4,30	1,88	32,50	0,00	8,86	4,80	70,41
4	3	2	2	7,50	4,69	2,81	1,50	31,68	0,00	11,60	5,42	64,58
4	3	2	3	32,14	28,80	3,33	3,38	30,13	0,00	10,38	5,08	67,17
4	3	2	4	13,62	9,38	4,24	2,50	31,43	0,00	10,15	5,10	67,39
4	3	3	1	27,24	20,94	6,30	2,75	34,03	0,00	6,29	6,97	68,92
4	3	3	2	19,88	11,46	8,42	2,38	29,81	0,00	9,49	6,62	65,88
4	3	3	3	27,08	21,72	5,36	2,38	31,66	0,00	12,34	4,47	66,81
4	3	3	4	35,52	24,48	11,04	3,625	31,83	0,00	9,37	6,02	67,20

Legenda:

VAR: variedade;

K: potássio;

B: boro;

REP: repetição/bloco;

RT: rendimento total;

RC: rendimento comercial;

RNC: rendimento não comercial;

NMRP: número médio de raízes por planta;

MS: matéria seca;

BC: betacaroteno;

AR: açúcares redutores;

P: proteínas;

A: amido;