

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DE VARIEDADES DE MANDIOCA NO NORDESTE DO  
ESTADO DO PARÁ**

**GERALDO RODRIGUES COQUEIRO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em Agronomia  
(Agricultura)

BOTUCATU – SP

Abril - 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DE VARIEDADES DE MANDIOCA NO NORDESTE DO  
ESTADO DO PARÁ**

**GERALDO RODRIGUES COQUEIRO**

Orientador: Prof. Dr. SILVIO JOSÉ BICUDO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em Agronomia  
(Agricultura)

BOTUCATU – SP

Abril - 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO – SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA  
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Coqueiro, Geraldo Rodrigues, 1945-  
C786a Avaliação de variedades de mandioca no nordeste do estado do Pará / Geraldo Rodrigues Coqueiro. – Botucatu : [s.n.], 2013  
viii, 39 f. : fots. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013  
Orientador: Silvio José Bicudo  
Inclui bibliografia

1. Mandioca - Variedades. 2. Mandioca - Pará. 3. Carotenóides. 4. *Manihot esculenta* Crantz. I. Bicudo, Silvio José. II. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "AVALIAÇÃO DE VARIEDADES DE MANDIOCA NO NORDESTE  
ESTADO DO PARÁ "

ALUNO: GERALDO RODRIGUES COQUEIRO

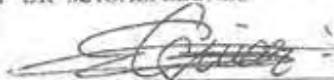
ORIENTADOR: PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CLAUDIO CAVARIANI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. MAGALI LEONEL

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. EDUARDO BARRETO AGUIAR

  
\_\_\_\_\_  
PESQ. DR. TERESA LOSADA VALLE

Data da Realização: 12 de abril de 2013.

A **Deus**, pela saúde, fé e inteligência para seguir os caminhos corretos.

Aos meus pais **José Maria Coqueiro e Francisca Rodrigues Coqueiro** (*In memoriam*) pelo apoio e incentivo durante toda vida, e por serem os principais responsáveis pela minha vitória;

Aos meus irmãos, **Maria da Graça, Luis Evaristo, Henock, Maria do Carmo e José Maria** pela estrutura familiar, carinho e apoio;

Aos meu filho **Thiago Coqueiro** pelo estímulo, amizade, carinho e respeito além de maior incentivador para que pudesse alcançar essa vitória;

A minha companheira **Francisca Paiva**, pelo apoio e dedicação durante nossos dias de convívio.

Aos meus grandes amigos **Rita Sidônio e Fabiano Pinheiro** pela amizade, confiança e apoio durante a condução do trabalho.

À dona Irene pela grande contribuição e apoio no aspecto religioso.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural da Amazônia pelo total apoio e incentivo para a conclusão do trabalho de tese desenvolvido.

Ao Instituto de Ciências Agrárias (ICA), pelo e apoio irrestrito em todas as atividades desenvolvidas no campo.

À diretoria do IFPA e os professores Ricardo Cordeiro, Célia e Sávio.

Aos Engenheiros Agrônomos Arquimedes Leopoldino, responsável pelo apoio através da Fazenda escola UFRA e Rosa de Souza Oliveira da Secretaria municipal de agricultura do município de Igarapé-Açu.

Ao Professor Silvio José Bicudo, meu reconhecimento pela orientação, amizade e confiança.

Ao Professor Milton Mota pelo apoio inicial e incentivo no projeto de tese.

À EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, através dos pesquisadores Elisa Moura, Roberto Lisboa Cunha e José Tomé de Farias Neto e o Técnico José Edson de Sampaio, pela colaboração nas análises laboratoriais e apoio técnico.

À CAPES pelo apoio financeiro, o que facilitou minha trajetória.

Aos professores de Agronomia/Agricultura UNESP/BOTUCATU, pela colaboração durante todo o desenvolvimento do curso, por sugestões valiosas, e suas integridades profissionais.

Aos colegas de pós-graduação, José Albuquerque, Rosa Paz, Rosângela e Paulo Custódio pelo companheirismo e apoio.

Aos discentes Francisca Bezerra e Arnaldo que não mediram esforços para manter o bom andamento dos trabalhos.

Aos estagiários de Fertilidade e Manejo do solo, Anderson Nunes e Diego Sodré pelo auxílio em várias etapas do desenvolvimento da tese.

Ao Engenheiro Agrônomo Jessivaldo Galvão pelo apoio irrestrito na elaboração e discussão dos resultados.

**SUMÁRIO**

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 RESUMO .....</b>	<b>1</b>
<b>3 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>4 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
4.1 Importância econômica e variedades de mandioca .....	5
4.2 Melhoramento das características agronômicas .....	7
4.2.1 Altura da planta e peso da parte aérea .....	7
4.2.2 Produtividade de raízes.....	8
4.2.3 Índice de colheita (IC) .....	8
4.2.4 Carotenoides .....	9
4.2.5 Amido .....	11
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
5.1 Localização e caracterização da área experimental.....	12
5.2 Caracterização do solo e da área experimental.....	14
5.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	15
5.4 Condução do experimento e avaliação dos resultados .....	16
5.5 Avaliações .....	16
5.5.1 Altura de planta e altura da primeira ramificação .....	16
5.5.2 Massas fresca e seca da raiz e da Parte aérea e porcentagem de Fécula das raízes..	17
5.5.3 Índice de colheita.....	17
5.5.4 Teor de carotenoides.....	17
5.6 Análise estatística .....	18
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>

6.1 Altura de plantas e altura da 1º ramificação .....	19
6.2 Produção de massa fresca e massa seca de raiz da mandioca .....	22
6.3 Produção de fécula das variedades de mandioca.....	23
6.4 Produção de massa fresca e massa seca da parte aérea das variedades de mandioca.....	25
6.5 Índice de colheita de variedades de mandioca.....	26
6.6 Teores de carotenoides totais.....	28
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>31</b>



**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Localização da área experimental. ....	12
Figura 2. Dados climáticos do município de Castanhal – PA. ....	13
Figura 3. Dados climáticos do município de Igarapé Açu – PA. ....	13
Figura 4. Areas do experimento aos oito meses, A – Igarapé Açu e B – Castanhal .....	14

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do solo, nas camadas de 0 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m de profundidade, antes da instalação do experimento.....	15
Tabela 2. Descritores morfológicos e agronômicos de seis variedades de mandioca braba.....	15
Tabela 3. Resumo da análise de variância da análise conjunta das variáveis altura da planta (AP), altura da 1ª ramificação (AR), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca de parte aérea (MSPA), índice de colheita (IC), produção de féculas (PF) e carotenoides totais (CT) das variedades de mandioca em dois municípios do nordeste paraense.....	19
Tabela 4. Altura de planta e altura da primeira ramificação de seis variedades de mandioca, avaliadas em dois municípios do estado do Pará.....	20
Tabela 5. Produção de massa fresca e massa seca de raízes de seis variedades de mandioca, avaliadas em dois municípios do estado do Pará.....	22
Tabela 6. Porcentagem de fécula de raízes de seis variedades de mandioca, avaliada em dois municípios do estado do Pará .....	24
Tabela 7. Produção de massa fresca e massa seca de seis variedades de mandioca, avaliadas em dois municípios do estado do Pará .....	26
Tabela 8. Índice de colheita de seis variedades de mandioca avaliadas em dois municípios do estado do Pará.....	27
Tabela 9. Teor de Carotenóides totais de seis variedades de mandioca avaliadas em dois municípios do estado do Pará .....	28

## 1 RESUMO

O estado do Pará é o maior produtor de mandioca do Brasil, entretanto o estado apresenta um baixo rendimento de produção, além de produzir a mandioca de polpa branca, contribuindo com o alto consumo de corantes adicionados à farinha. Diante disso este trabalho teve por objetivo avaliar as características agronômicas e o teor de carotenóides de raízes de seis variedades de mandioca em dois municípios do estado do Pará. Foram realizados dois experimentos em condições de campo, de agosto de 2011 a agosto de 2012, nos municípios de Castanhal e Igarapé-Açu no Estado do Pará, em delineamento de blocos casualizados, com seis tratamentos, a saber: seis variedades de mandioca braba: Jurará Branca, Paulo Velho (polpa branca), Maranhense, Mari (polpa creme), Jurará Amarela e Ouro Preto (polpa amarela) e três repetições, onde foram avaliados a altura de planta, altura da primeira ramificação, produção de massas fresca e seca da parte aérea, produção de massas fresca e seca de raízes, porcentagem de fécula, índice de colheita e teor de carotenóides total da raiz. Os resultados foram submetidos à análise de variância conjunta pelo teste F, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se que Todas as variedades de mandioca Jurará Branca, Paulo Velho, Maranhense, Mari, Jurará Amarela e Ouro Preto apresentam potencial de produção para os municípios de Castanhal e Igarapé-Açu e que a variedade Ouro Preto aquela que apresenta maior teor de carotenóide na polpa da raiz.

**Palavras-chave** – Carotenóides. Mandioca braba. *Manihot esculenta* Crantz.

EVALUATION OF VARIETIES OF CASSAVA IN TWO MUNICIPALITIES OF PARÁ ESTATE – BRAZIL. Botucatu, 2013. 39p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: GERALDO RODRIGUES COQUEIRO

Adviser: SILVIO JOSÉ BICUDO

## 2 SUMMARY

Pará state is the largest cassava producer in Brazil, though the state has a low yield, in addition to producing cassava with white pulp which contribute to the high consumption of dyes added to the flour. Therefore this study aimed to evaluate the agronomic traits and carote content in six varieties of cassava roots in two municipalities of Pará state. Two experiments were conducted under field conditions, from August 2011 to August 2012, in Castanhal and Igarapé-Açu in Pará state, in a randomized block design with six treatments (six cassava varieties: Jurará Branca and Paulo Velho (white pulp), Maranhense and Mari (cream color pulp), Jurará Amarela and Ouro Preto (yellow pulp) and three replications. There were evaluated: plant height, height of the first branch, yield of shoot and root fresh and dry matter, percentage of starch, harvest index and total root carote content. The results were submitted to analysis of variance by F test, and means were compared by Tukey test at 5% probability. It was observed that all the cassava varieties, Jurará Branca, Paulo Velho, Maranhense, Mari, Jurará Amarela e Ouro Preto have production potential for the cities of Castanhal and Igarapé Acu and the variety Ouro Preto is the one that has a higher content of carotene in root pulp.

**Keywords** - *Manihot esculenta* Crantz, bitter cassava, carotenoids.

### 3 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) desempenha um importante papel na dieta alimentar mundial, por seu alto teor energético. O Brasil figura como um dos maiores produtores dessa cultura e também como grande consumidor (FAO, 2013). Em 2012 o Brasil produziu 25 milhões de toneladas de mandioca, com rendimento médio de 14,5 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2013). A região Norte do Brasil é a segunda maior produtora de mandioca no país, sendo o estado do Pará o mais representativo, nesta região e no país com produção média anual de 3 milhões de toneladas (IBGE, 2013).

Apesar de ser o estado que mais produz mandioca no Brasil, o rendimento médio da mandioca no Pará é inferior aquela obtida no estado de São Paulo, que apresenta cerca de 24 t ha<sup>-1</sup> (SANTANA; AMIN, 2002). Este fato pode ser solucionado através da prática de manejos como a não utilização do fogo, como ocorre no nordeste paraense e a utilização de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas locais (DAMASCENO, 2008).

A maior parte da mandioca cultivada no estado do Pará é a mandioca braba e de polpa branca, a qual é destinada principalmente a produção de farinha. Entretanto, o consumidor de farinha, neste estado, tem preferência pela farinha amarela, levando ao consumo da farinha branca corada com tartrazina, que é um corante que oferece riscos à saúde (SAMPAIO et al., 2005).

Apesar de existir expressiva variabilidade de mandioca de polpa amarela, que apresentam maior teor de carotenóides, no estado do Pará, estas apresentam rendimento e outras características agrônômicas inferiores às mandiocas de polpa branca,

contribuindo indiretamente para com o consumo de farinha com maiores quantidades de corantes.

Neste sentido o objetivo deste trabalho foi avaliar as características agronômicas e o teor de carotenóides das raízes de seis variedades de mandioca de polpa amarela e creme em dois municípios do estado do Pará.

## 4 REVISÃO DA LITERATURA

### 4.1 Importância econômica e variedades de mandioca

A mandioca cultivada (*Manihot esculenta Crantz*) é uma espécie de grande importância econômica no Brasil e países dos trópicos. Tem sua origem e diversificação na América do Sul, sendo o Brasil o principal centro de diversidade desta espécie (ROGERS; APPAN, 1973), e a Amazônia é o provável centro de origem da espécie (ALLEM, 1994). Isto indica que, nesta região pode ser encontrada ampla diversidade genética.

No Estado do Pará, o cultivo da mandioca é realizado principalmente pelo segmento dos agricultores familiares, com o objetivo de garantir a sua subsistência. Por falta de acesso a informações e tecnologias, esses agricultores vêm utilizando, ao longo do tempo, práticas de preparo de áreas itinerantes, via derruba e queima, principalmente de mata primária e capoeiras. Além disso, utilizam as mesmas variedades no decorrer do tempo. O baixo nível tecnológico aplicado contribui para a baixa produtividade.

A maior parte da produção é obtida em pequenas propriedades, onde a mão de obra familiar é utilizada. As variedades de mandioca são frequentemente nativas com baixo potencial genético, cultivada em solos com baixa fertilidade, com restrições pluviométricas que são inadequados ao cultivo de outras culturas anuais.

As variedades de mandioca são classificadas em “mansas” ou “bravas”, dependendo do conteúdo de ácido cianídrico (HCN) em suas raízes (AKANJI, 1994).

A introdução de novas variedades e o desenvolvimento de técnicas apropriadas ao cultivo de mandioca sob as condições edafoclimáticas de cada mesorregião são

desafios para melhorar a produtividade e sua qualidade. Fazer com que seu cultivo deixe de ser apenas a manutenção de uma cultura centenária de subsistência para se transformar em um excelente negócio, capaz de atender não apenas a demanda local, mas, também, de outras regiões, além de gerar mercado de trabalho e melhoria da qualidade de vida das pessoas que estão envolvidas com esta atividade.

As variedades de mandioca diferem quanto à produtividade, tanto de forragem quanto de raízes, o que permite a seleção específica, de acordo com a finalidade a que se destinam.

Um programa de melhoramento genético é fundamentado inicialmente em atividades de coleta de material regional, caracterização e avaliação em coleções de germoplasma, contribuindo, assim, para evidenciar a variabilidade genética, subsidiando o direcionamento do programa de melhoramento através da distinção dos melhores materiais para recombinações, através de hibridação intraespecíficas conforme destacam Cardoso e Fukuda (1999).

Dentre os métodos de melhoramento utilizados para a cultura da mandioca, a introdução é o mais comum para a recomendação de novos cultivares. A introdução seguida de avaliações criteriosas apresenta grande chance de êxito, em razão da ampla diversidade genética disponível e ainda por ser pouco explorada, além de constituir o método mais simples e barato para a cultura (FUKUDA; SILVA, 2002). Kawano e Thung (1978) demonstraram elevação imediata da produtividade de mandioca em até 100% mediante avaliação e seleção de cultivares. Fukuda et al. (1983), utilizando-se do mesmo procedimento, obtiveram ganhos de até 130% em relação aos cultivares tradicionais de mandioca. Kawano (2003) reforça que a seleção de genótipos com base em componentes de produção simples, como índice de colheita, produção de biomassa e teor de massa seca nas raízes consiste num procedimento altamente eficiente.

Sagrilo et al. (2007) destaca que a introdução e avaliação de novos genótipos, em áreas novas, constitui o método de melhoramento mais comum para seleção de novas cultivares de mandioca, além de ser o mais simples e o de menores custos. A avaliação regional de novas cultivares se faz necessário uma vez que no caso da mandioca a interação genótipo e ambiente é muito pronunciada. Utilizando materiais já testados em outras regiões,



reduz-se o tempo médio para obtenção de cultivares que atendam às necessidades específicas dos agricultores, bem como das indústrias processadoras de mandioca.

## **4.2 Melhoramento das características agronômicas**

### **4.2.1 Altura da planta e peso da parte aérea**

A avaliação da altura de planta no programa de melhoramento está relacionada a facilitar a prática de tratos culturais, ou seja, quanto mais alta a planta e sua primeira ramificação, maior a facilidade no manejo da cultura. Essa característica correlaciona com a produtividade, mas em menor magnitude quando comparada com o peso da parte aérea (VALLE, 1990). Avaliando correlação entre caracteres morfológicos e agronômicas de mandioca, Fukuda e Borges (1988), observaram uma correlação positiva entre altura de planta e altura da primeira ramificação.

O desenvolvimento e o crescimento vegetal são processos relacionados, mas não são sinônimos, podendo ocorrer simultaneamente ou não. Desenvolvimento vegetal é o processo pelo qual plantas, órgãos ou células passam por vários estágios identificáveis durante o seu ciclo de vida, enquanto que crescimento vegetal é o aumento irreversível em alguma dimensão física de um indivíduo ou órgão com o tempo, como, por exemplo, o aumento irreversível em massa seca (WILHELM; McMASTER, 1995). A avaliação do crescimento e do desenvolvimento das culturas agrícolas é uma excelente maneira de quantificar a competição intra e interespecífica nos sistemas consorciados. Avaliações mais detalhadas, especialmente de variáveis do desenvolvimento da mandioca são escassas, o que constitui um incentivo para avaliar cientificamente esses parâmetros.

Fatores ambientais como temperatura e fotoperíodo afetam o crescimento e o desenvolvimento da cultura de mandioca. A temperatura do ar afeta a brotação das manivas, a formação, o tamanho e a vida útil das folhas na planta, sendo o crescimento favorecido quando a temperatura média anual varia de 25°C a 29°C, podendo tolerar temperaturas de 16°C a 38°C (ALVES, 2006).

#### **4.2.2 Produtividade de raízes**

O cultivo da mandioca está quase que exclusivamente relacionado á produção de raízes, sendo este o principal critério de seleção. Considerando-se que esta característica é altamente influenciável pelo ambiente, é necessária uma avaliação mais precisa, e também verificar-se quais características apresenta alta correlação com a produção.

A mandioca é considerada uma cultura rústica, principalmente por expressar produção razoável de raízes, em condições adversas de fertilidade de solo, como por exemplo, acidez. Entretanto, os potenciais de produtividade e qualidade das raízes de variedades de mandioca, terão melhores respostas em plantações bem conduzidas. Apesar do bom potencial produtivo e dos baixos custos de produção, muitas vezes o consumidor final acaba pagando um valor elevado pelo produto, em função de alguns aspectos relacionados ao padrão das raízes, toxicidade, rápida deterioração e a pouca credibilidade quanto à qualidade, principalmente, com relação ao cozimento (LORENZI; DIAS, 1993).

Estudos indicam que a mandioca é uma planta de dias curtos e alcança maiores produções de raízes com fotoperíodo entre 10 e 12 horas. Dias longos favorecem o crescimento da parte aérea e diminuem o crescimento das raízes de reserva, e dias curtos aumentam o crescimento das raízes de reserva e reduzem o da parte aérea (TERNES, 2002; ALVES, 2006).

De acordo com Cock (1978) o potencial da cultura seria de 90 t/ha/ano e, considerando-se o rendimento médio regional de 15 t/ha/ano (IBGE), constata-se uma baixa produtividade, que pode ser incrementada pelo melhoramento genético e pelo uso de práticas culturais adequadas.

#### **4.2.3 Índice de colheita (IC)**

O índice de colheita (IC) é a proporção de raízes produzidas em relação a fitomassa total das plantas (raízes, maniva mãe, caules, pecíolos e folhas). Sendo as raízes os órgãos de maior interesse no cultivo de mandioca, o IC pode fornecer um bom balanço entre a produção total de carboidratos pelas plantas e sua distribuição para as raízes.

O Índice de Colheita (IC) é uma característica que vem sendo utilizada amplamente no melhoramento da mandioca. Medindo as proporções de raízes na biomassa total, Kawano e Thung (1982) verificaram em populações segregantes, que o IC tem alto coeficiente de correlação linear com produção de raízes, também apresenta maior estabilidade durante as diversas fases de seleção.

Geralmente, maiores valores de IC estão relacionados a maiores produtividades, devido ser uma característica de genótipos que alocam maior biomassa às raízes. Entretanto, essa característica quando utilizada isoladamente, leva à seleção de genótipos com produção de material de plantio comprometida (VALLE, 1990).

#### **4.2.4 Carotenoides**

O Brasil com a sua vasta extensão territorial, diversidade climática e biológica apresenta uma notável variedade de fontes de carotenóides. A diversidade e os altos níveis desse composto nas diferentes fontes faz do Brasil um dos países mais ricos em recursos naturais com carotenóides (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA, 2008).

A mandioca tem se revelado uma fonte potencial de carotenóides (IGLESIAS et al., 1997). De acordo com Carvalho et al., (2005) o consumo de 100 g de raiz de um determinado clone com cerca de 1124,6 µg/100g representa 40% das necessidades diárias de vitamina A de um indivíduo adulto.

A presença de carotenóides em raízes de mandioca foi relatada pela primeira vez por Maravalhas, em 1964 (ORTEGA-FLORES, 1991), ao estudar variedades amazônicas, embora tenha constatado apenas a presença de β-caroteno. Penteadó (1987) e Ortega-Flores (1991), avaliando os teores de carotenóides com atividade pró-vitáminica em variedades de mandioca do estado de São Paulo, verificaram que os principais carotenóides foram o trans-β-caroteno e os seus isômeros, o neo-β-caroteno B (13-cis-β-caroteno) e o neo-β-caroteno U (9-cis-β-caroteno). Verificaram, também, que o cozimento promoveu uma diminuição da atividade próvitáminica A. Iglesias et al. (1997) afirmam que, apesar de existir uma correlação entre a cor amarela da polpa da raiz e a presença de carotenóides, análises qualitativa e quantitativa dessas substâncias devem ser realizadas, visto que nem todos os carotenoides de coloração amarela possuem atividade vitamínica.

Cinquenta carotenóides possuem atividade pró-vitamina A, sendo o mais importante precursor o  $\beta$ -caroteno (OLSON, 1987). Os outros são:  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -criptoxantina, pois apresentam pelo menos um anel ionona no final de sua estrutura. Enquanto isso, a luteína, o licopeno e a cantaxantina têm pouca ou nenhuma atividade pró-vitamina A, pois não apresentam o anel ionona nas suas estruturas químicas (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2004).

Os carotenóides são grupos de pigmentos com mais de 600 componentes geralmente tetraterpenóides de 40 átomos de carbono, constituídos inclusive de isômeros, todos polisoprenóides, possuem uma cadeia poliênica que pode ter de 3 a 15 duplas ligações conjugadas. O comprimento do cromóforo determina o espectro de absorção e a cor da molécula, por esta razão que estas moléculas são pigmentos que variam entre o amarelo, laranja e vermelho. A variação de estruturas é ocasionada por esses processos ou por fatores como ciclização, hidrogenação, desidrogenação, mudança de duplas ligações, encurtamento ou alongamento da cadeia, rearranjo, isomerização, introdução de funções com oxigênio (RODRIGUES-AMAYA, 2001).

Os carotenóides apresentam poder corante nos alimentos e também funções e ações biológicas, sendo a atividade de vitamina A, a função fisiológica mais conhecida. Em países em desenvolvimento, onde os produtos de origem animal (fontes de vitamina A pré-formada, retinóides) não são economicamente acessíveis a grande parte da população, a vitamina A da dieta é proveniente principalmente das pró-vitaminas A. A ingestão de pró-vitamina A tem a vantagem de ser apenas convertida pelo organismo quando há carência, evitando-se assim a hipervitaminose (NASCIMENTO, 2006).

De acordo com Kimura et al., (2007) o principal carotenóide encontrado na mandioca de raiz amarela é o  $\beta$ -caroteno. Com isso raízes de mandioca estão sendo trabalhadas para aumentar o seu teor de pró-vitamina A, a fim de atingir níveis suficientes para ter um impacto sobre a saúde das populações-alvo (SAYRE, 2005). Estima-se que a mandioca biofortificada com um teor de  $\beta$ -caroteno de 20 mg kg<sup>-1</sup> de peso fresco conseguiria um impacto positivo sobre a cegueira noturna em populações africanas (MONTAGNAC et al., 2009).

#### 4.2.5 Amido

O amido fornece de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. Os depósitos permanentes do amido nas plantas ocorrem nos órgãos de reserva como é o caso de grãos em cereais, milho, arroz e de tubérculos e raízes, batata e mandioca (LEONEL et al., 2002).

O amido é o constituinte mais abundante das raízes de mandioca e durante o processamento hidrotérmico sofre modificações que estão relacionadas com a gelatinização e propriedades associadas, como absorção de água e aumento do volume dos grânulos, que afetam os tecidos celulares, tendo provavelmente função importante nas características finais do produto (BUTARELO et al., 2004).

Além de sua utilização na alimentação de uma grande parte da população, é também matéria prima de amplo emprego industrial e excelente fonte de forragem proteica a partir da parte aérea e energética a partir das raízes. Em ambientes favoráveis seu potencial fica maximizado, chegando a produzir em sistema experimental até 80 t ha<sup>-1</sup>, em cultivo convencional chega a 60 t ha<sup>-1</sup> de raízes contendo de 20% a 40% de amido (HERSHEY; AMAYA, 1989).

A facilidade de adaptação às várias condições climáticas, a mandioca é cultivável em diferentes regiões pelo plantio de inúmeras variedades, que destinada a produção de fécula, deve apresentar determinadas particularidades para que exista melhor aproveitamento no processamento das raízes, ou seja, quanto maior a concentração de matéria seca melhor sua aplicação (GOEBELL, 2005).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

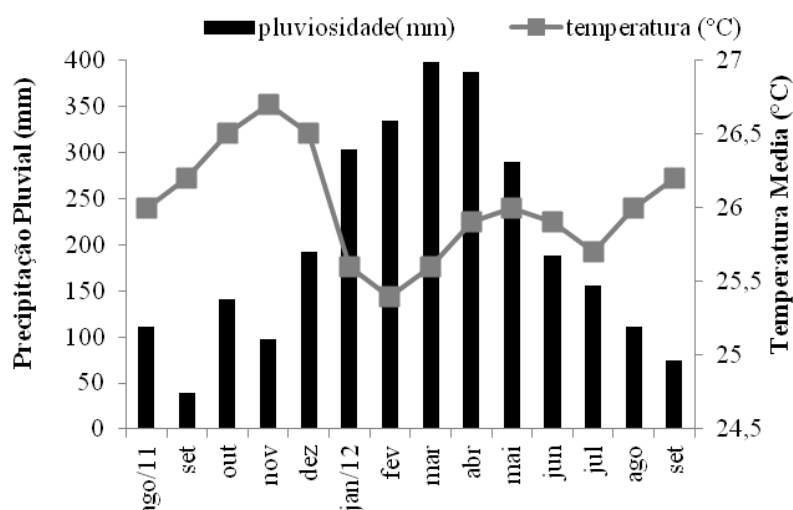
### 5.1 Localização e caracterização da área experimental

Os experimentos foram realizados em condições de campo, de agosto de 2011 a agosto de 2012, em solo classificado como Latossolo Amarelo textura média (EMBRAPA, 2006), em dois municípios (Castanhal e Igarapé Açu) no Estado do Pará (Figura 1).

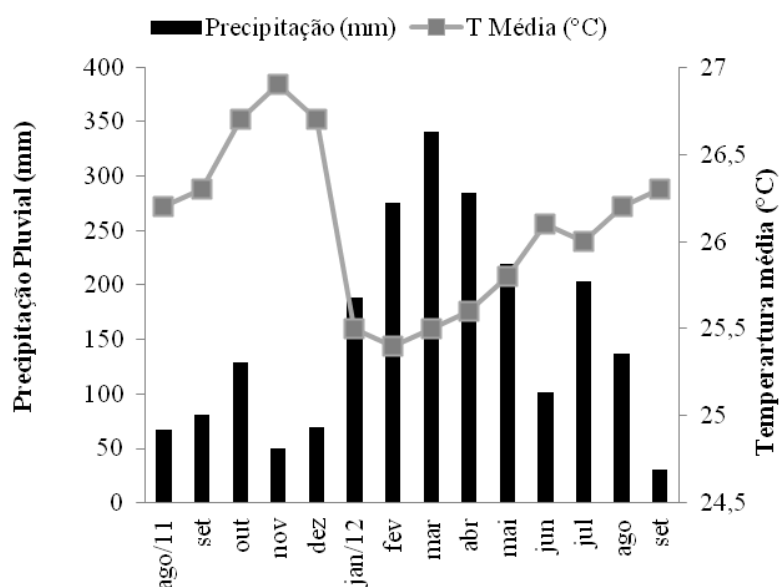


**Figura 1.** Localização da área experimental.

O clima do município de Castanhal (01°17'S; 47°55'W), segundo a classificação (KÖPPEN, 1948) é do tipo Afi, e em Igarapé Açu (01°11'S; 47°35'W) o clima é do tipo Ami. Os dados climáticos referentes ao período de condução dos experimentos foram coletados na estação agrometeorológica da Embrapa Amazônia Oriental (Figuras 2 e 3).



**Figura 2.** Dados climáticos do município de Castanhal – PA.



**Figura 3.** Dados climáticos do município de Igarapé Açu – PA.

## 5.2 Caracterização do solo e da área experimental

A área total de cada experimento foi de 2800 m<sup>2</sup> (70x40). A área experimental no município de Castanhal apresentava como histórico o plantio de laranjeiras por 10 anos consecutivos (Figura 4 A). E a área em Igarapé Açu (Figura 4 B) apresentava o histórico de cultivo de mandioca e pimenta do reino. Os solos das áreas experimentais apresentavam as seguintes características físico-químicas (Tabela 1).



**Figura 4.** Areas do experimento aos oito meses, A – Igarapé Açu e B – Castanhal.



**Tabela 1.** Caracterização química e granulométrica do solo, nas camadas de 0 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m de profundidade, antes da instalação do experimento.

Prof. (m)	pH H <sub>2</sub> O	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	MO %	Ag	Af	Silte	Argila
			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				g kg <sup>-1</sup>				
<b>Castanhal</b>											
0,0 - 0,2	4,6	6	29	1	0,6	7	16,82	145	621	114	120
0,2 - 0,4	4,8	4,2	27	0,8	0,4	4	15,40	143	627	115	115
<b>Igarapé Açú</b>											
0,0 - 0,2	4,83	2,70	0,06	0,96	0,87	5,5	18,83	477	336	91	96
0,2 - 0,4	4,60	0,7	0,02	0,58	0,87	3,58	17,58	472	337	95	96

### 5.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis tratamentos (seis variedades de mandioca braba: Jurará Branca, Paulo Velho, Jurará Amarela, Maranhense, Mari e Ouro Preto) e três repetições. As variedades que compuseram os tratamentos apresentavam os seguintes caracteres agrônômicos (Tabela 2), que foram determinados segundo a metodologia proposta por Fukuda e Guevara (1998).

**Tabela 2.** Descritores morfológicos e agrônômicos de seis variedades de mandioca braba.

Variedades	Cor externa da raiz	Cor polpa da raiz	Habito de ramificação	Tipo da planta	Resistência a podridão
<b>Jurará Branca</b>	Marrom claro	Branca	Tetracotômica	Guarda sol	Intermediária
<b>Paulo Velho</b>	Marrom claro	Branca	Tetracotômica	Guarda sol	Intermediária
<b>Jurará Amarela</b>	Marrom escuro	Creme	Tetracotômica	Guarda sol	Intermediária
<b>Maranhense</b>	Marrom escuro	Creme	Dicotômica	Aberta	Intermediária
<b>Mari</b>	Escura	Creme	Tricotômica	Guarda sol	Intermediária
<b>Ouro Preto</b>	Escura	Amarelo	Tricotômica	Guarda sol	Intermediária

## **5.4 Condução do experimento e avaliação dos resultados**

Após a análise físico-química do solo, as áreas foram preparadas mediante a aração e gradagem e o solo foi corrigido através da aplicação de calcário, cuja quantidade foi calculada para elevar a 50% a saturação de bases do solo, seguindo a recomendação de Raij et al. (2001) e a aplicação de 40 kg de Ureia ha<sup>-1</sup>, 200 kg de superfosfato triplo ha<sup>-1</sup> e 60 de KCl ha<sup>-1</sup>.

Procedeu-se o preparo das parcelas que foram constituídas por sete linhas com seis metros de comprimento. O espaçamento adotado foi de 1 m entre linhas e 1 m entre plantas na linha, representando uma população de 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, considerou-se a área útil às cinco linhas centrais de cada parcela, com vinte plantas. O material usado para o plantio foi selecionado de plantas com aproximadamente 12 meses de idade, livres de problemas fitossanitários ou dano mecânico, originárias da Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia, município de Igarapé Açu. Utilizou-se estacas do terço médio da planta para o preparo de ramas com aproximadamente 2 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento. O plantio foi manual e realizado em covas em posição horizontal à profundidade de 10 cm.

Durante a condução foram realizadas cinco capinas manuais e desbaste da planta para se obter duas hastes por cova.

## **5.5 Avaliações**

Após doze meses foram avaliados a altura de planta, altura da primeira ramificação, produção de massas fresca e seca da parte aérea, produção de massas fresca e seca de raízes, porcentagem de fécula, índice de colheita e teor de carotenóide total da raiz.

### **5.5.1 Altura de planta e altura da primeira ramificação**

A altura das plantas e a altura da primeira ramificação foram feitas com o auxílio de uma régua graduada. A altura de planta foi obtida medindo-se a partir do

nível do solo até o broto terminal e a altura da primeira ramificação, a partir do nível do solo até a altura do início da primeira ramificação, conforme proposto por Fukuda e Guevara (1998).

### **5.5.2 Massas fresca e seca da raiz e da Parte aérea e porcentagem de Fécula das raízes**

A determinação da massa fresca da parte aérea e das raízes foram determinadas pela pesagem da parte aérea (folha+caule) e das raízes, cuja média foi utilizada para o cálculo da produtividade de massa fresca em  $t\ ha^{-1}$ . A massa seca da parte aérea foi determinada em sub-amostras de parte aérea por planta, previamente triturada e secas em estufa a  $65\ ^\circ C$ , por 72 horas, e em seguida pesadas em balança de precisão, sendo, os resultados extrapolados para massa seca de parte aérea em  $t\ ha^{-1}$ .

A massa seca das raízes foi determinada pela relação entre massa fresca total e a porcentagem de fécula das raízes. A porcentagem de fécula foi determinada em balança hidrostática, conforme metodologia adotada por Grossman e Freitas (1950).

### **5.5.3 Índice de colheita**

A obtenção do índice de colheita foi determinado através da relação entre massa seca total de raízes e a massa seca total das plantas (massa seca de raiz + massa seca da parte aérea), conforme Fukuda e Guevara (1998).

### **5.5.4 Teor de carotenoides**

A análise do teor de carotenoide total foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (2001), onde foram pesados 5 g de polpa da raiz sem casca e maceradas em gral com acetona, após foi realizada a filtração a vácuo para remoção de todo pigmento da amostra. O extrato com carotenóides foi colocado em funil de separação com 25 mL de éter de petróleo. A acetona foi removida com sucessivas lavagens, o

extrato foi transferido para balão volumétrico de 25 mL e aferido para posterior leitura em espectrofotômetro a 450 nm.

### **5.6 Análise estatística**

Os resultados foram submetidos à análise de variância conjunta pelo teste F, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se o efeito das variedades, local e interação variedade x local nos parâmetros avaliados (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância da análise conjunta das variáveis altura da planta (AP), altura da 1ª ramificação (AR), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca de parte aérea (MSPA), índice de colheita (IC), produção de féculas (PF) e carotenoides totais (CT) das variedades de mandioca em dois municípios do nordeste paraense.

<b>F. variação</b>	<b>GL</b>	<b>AP</b>	<b>AR</b>	<b>MFR</b>	<b>MSR</b>	<b>MFPA</b>	<b>MSPA</b>	<b>IC</b>	<b>PF</b>	<b>CT</b>
Fc Variedades	5	1,33 <sup>ns</sup>	35,90*	1,48 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	1,45 <sup>ns</sup>	6,95*	1,84 <sup>ns</sup>	43,97*
Fc Local	1	0,00*	7,21*	27,11*	34,24*	60,13*	241,30*	6,83*	14,84*	1,66 <sup>ns</sup>
Fc VariedadexLocal	5	0,05*	1,28 <sup>ns</sup>	97,36 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	2,10 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	49,01*
<b>Média</b>		2,44	0,99	28,62	9,15	21,88	7,41	52,32	31,51	2,39
<b>CV (%)</b>		13,29	19,26	40,41	41,44	41,36	36,89	23,35	4,55	6,17

\* e <sup>ns</sup> Significativo e não significativo a 5% respectivamente pelo teste F.

### 6.1 Altura de plantas e altura da 1º ramificação

Observa-se, como descrito na Tabela 4, que houve diferenças significativas entre a altura das plantas quando cultivadas nos diferentes municípios, de forma que as variedades Jurará Amarela, Mari e Ouro Preto cultivadas em Castanhal, apresentaram-se superiores em relação ao cultivo em Igarapé Açu; em contrapartida as variedades Jurará Branca e Maranhense quando cultivada em Igarapé Açu apresentaram maior altura de plantas

do que quando cultivadas em Castanhal; observa-se também que a variedade Paulo Velho não apresentou diferenças na altura entre os municípios.

As variedades de mandioca cultivadas em Castanhal apresentaram diferenças significativas quanto à altura, de modo que, as variedades Paulo Velho e Mari se apresentaram inferiores quando comparadas às demais, enquanto as variedades Jurará Branca e Maranhense se mantiveram intermediárias em relação às demais, sobressaindo assim as variedades Ouro Preto e Jurará Amarela como as que apresentaram maior altura. Em Igarapé Açu os resultados indicam que as variedades Jurará Branca, Maranhense e Mari apresentaram-se maiores em relação à variedade Paulo Velho, enquanto as demais variedades se mostraram intermediárias as essas.

Quanto à altura da primeira ramificação, observa-se que a variedade Jurará Amarela ramificou-se em maior altura, sendo, portanto, a única diferença observada entre os municípios estudados. Em Castanhal, a altura da primeira ramificação foi maior nas variedades Jurará Branca e Jurará Amarela. Em Igarapé Açu observa-se a mesma condição para as duas variedades (Jurará Branca e Jurará Amarela), no entanto, observam-se também diferenças na altura da primeira ramificação entre a variedade Paulo Velho e Mari, com vantagem da primeira, as demais variedades mostraram-se intermediárias entre si (Tabela 4).

**Tabela 4.** Altura de planta e altura da primeira ramificação de seis variedades de mandioca, avaliadas em dois municípios do estado do Pará.

	Altura de plantas (m)		Altura da 1ª ramificação (m)	
	Castanhal	Igarapé Açu	Castanhal	Igarapé Açu
<b>Jurará Branca</b>	2,36 Bab	2,60 Aa	1,47 Aa	1,72 Aa
<b>Paulo Velho</b>	2,18 Ab	2,32 Ab	0,83 Ab	1,12 Ab
<b>Jurará Amarela</b>	2,72 Aa	2,49 Bab	1,46 Ba	1,85 Aa
<b>Maranhense</b>	2,43 Bab	2,56 Aa	0,55 Ab	0,72 Abc
<b>Mari</b>	2,39 Ab	2,3 Ba	0,43 Ab	0,32 Ac
<b>Ouro Preto</b>	2,64 Aa	2,46 Bab	0,65 Ab	0,73 Abc
<b>Médias</b>	2,44	2,44	0,90	1,08
<b>C.V. Castanhal (%)</b>		14,3		24,7
<b>C.V. Igarapé Açu (%)</b>		12,2		14,0

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As diferenças estatísticas em altura observadas nos dois municípios podem ser atribuídas ao histórico da área, com resíduos de adubação de culturas anteriores, à maior pluviosidade verificada no período experimental e aos fatores genéticos das variedades já adaptadas ao ambiente da região. A arquitetura da planta também pode ter influenciado esse comportamento, pois se verifica médias de alturas diferentes entre elas. No entanto, observou-se que o principal diferencial entre os dois municípios está relacionada aos teores de fósforo e potássio (Tabela 1).

De acordo com Conceição (1987), durante o ciclo de desenvolvimento da mandioca ocorre, nos quatro primeiros meses, a fase de brotação, desenvolvimento do sistema radicular e início do desenvolvimento da parte aérea. Como o fósforo estimula a formação do sistema radicular e aumenta o teor de carboidratos da planta e o potássio estimula a vegetação, aumento do teor de carboidratos e proteínas da planta, melhora o aproveitamento da água, etc. (VANICE et al., 2003), pode-se dizer que a variedade Paulo Velho apresenta uma utilização mais efetiva destes minerais, assim como as variedades que apresentaram maior altura de planta em Igarapé-Açu.

Para Sagrilo et al. (2002) a produção de fitomassa da parte aérea é influenciada pelas condições climáticas, uma vez que altas temperaturas aliadas à precipitações intensas, favorece o crescimento das hastes e a produção de folhas. Deve-se considerar que a altura da planta da mandioca é muito variável e depende do tipo de ramificação (OLIVEIRA et al., 2006). Rimoldi et al. (2006) citam em trabalhos realizados sobre altura de plantas que as variações encontradas deve-se a influência do ambiente e de componentes genéticos expressos nas variedades.

O crescimento depende da divisão celular, do alongamento e da diferenciação, e todos estes processos são afetados pelo déficit hídrico, devido à perda da turgescência (TEZARA et al., 2002). Como o alongamento celular cessa antes da interrupção da fotossíntese, alguns autores sugerem que metabólitos osmoprotetores que possam ter sido acumulados durante o período em que o alongamento foi inibido pela falta de turgescência sejam depois utilizados na síntese da parede celular e para outros processos associados com o crescimento, após a turgescência ter sido restabelecida (CHAVES et al., 2002).

A altura de primeira ramificação é de grande importância do ponto de vista operacional, uma vez que variedades que ramificam em alturas maiores são os preferidos

pelos produtores, por favorecerem os tratos culturais e a colheita (VIDIGAL FILHO et al., 2000). Observa-se que houve efeito de local apenas para a variedade Jurará Amarela e efeito de variedades nos dois locais avaliados que podem atribuir às diferenças encontradas a fatores predominantemente genéticos.

A altura da primeira ramificação não apresenta correlação com a altura de planta (GOMES et al., 2007) e é um caractere pouco ou, nada influenciado pelas condições de ambiente, uma vez que constitui um descritor morfológico principal para a cultura da mandioca, o que quer dizer que, indicando seu caráter genotípico (FUKUDA; GUEVARA, 1998).

## 6.2 Produção de massa fresca e massa seca de raiz da mandioca

Os resultados referentes à produção de massa fresca e massa seca das seis variedades em estudo encontram-se na Tabela 5. Observa-se que as variedades Jurará Branco, Paulo Velho, Jurará Amarela, Mari e Ouro Preto produziram maior massa fresca e massa seca no município de Castanhal e somente a variedade Maranhense não apresentou diferenças significativas nessas variáveis quando se observa a produção nos dois municípios. Não foram observadas diferenças significativas quanto à massa fresca e massa seca das variedades produzidas nos municípios estudados.

**Tabela 5.** Produção de massa fresca e massa seca de raízes de seis variedades de mandioca, avaliadas em dois municípios do estado do Pará.

	Massa fresca de raiz (t ha <sup>-1</sup> )		Massa Seca de raiz (t ha <sup>-1</sup> )	
	Castanhal	Igarapé Açu	Castanhal	Igarapé Açu
<b>Jurará Branca</b>	42,1 Aa	16,8 Ba	13,7 Aa	5,0 Ba
<b>Paulo Velho</b>	42,7 Aa	9,5 Ba	14,3 Aa	3,0 Ba
<b>Jurará Amarela</b>	46,1 Aa	23,3 Ba	15,9 Aa	7,3 Ba
<b>Maranhense</b>	38,4 Aa	24,7 Aa	12,2 Aa	7,9 Aa
<b>Mari</b>	47,2 Aa	11,5 Ba	14,1 Aa	3,6 Ba
<b>Ouro Preto</b>	31,3 Aa	9,6 Ba	9,7 Aa	2,7 Ba
<b>Médias</b>	41,3	15,9	13,4	5,0
<b>C.V. Castanhal (%)</b>	29,7		31,3	
<b>C.V. Igarapé Açu (%)</b>	67,8		67,9	

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



As condições climáticas e o histórico de adubações recentes em Castanhal podem ter sido preponderantes para essa predominância, haja vista, os índices de pluviosidades serem superiores em Castanhal no período de maior exigência da cultura. As produtividades encontradas, nos dois municípios, se encontram superiores à média de produtividade do estado do Pará que é  $16,2 \text{ t.ha}^{-1}$  (IBGE, 2013).

Guimarães et al. (2009), avaliando 15 variedades de mandioca em Vitória da Conquista, no Sudoeste da Bahia, obtiveram produtividades de raízes variando de  $5,7$  a  $18,7 \text{ t.ha}^{-1}$ , bem abaixo dos resultados encontrados nos experimentos. Embora se trate de variedades e condições edafoclimáticas bem distintas, os resultados ressaltam o potencial dos municípios, bem como a importância de se avaliar regionalmente as variedades disponíveis, pois devido à relação genótipo x ambiente, o material genético que não responde bem em um agrossistema, pode ser interessante para outro.

Rodrigues et al. (2007) avaliaram 10 variedades de mandioca no município de Salvaterra, agrossistema da Ilha de Marajó, no estado do Pará. Esses pesquisadores obtiveram resultados variando entre  $17,2$  a  $54,1 \text{ t.ha}^{-1}$ , ou seja, algumas variedades tiveram produtividade de raízes superiores e outras inferiores aos desse trabalho.

Contudo os autores além de trabalharem com outras variedades e em local ecologicamente diferente, utilizaram adubação orgânica e química. Isto demonstra que os resultados de produtividades alcançados com as variedades utilizadas nesse trabalho também poderão ser incrementados com a correção do solo e adubação equilibrada.

### **6.3 Produção de fécula das variedades de mandioca**

As diferenças existentes quanto à produção de fécula entre os dois municípios, indicam que as variedades Jurará Branca e Jurará Amarela produziram maior porcentagem de fécula em Castanhal, as demais não se diferiram quando comparados os dois locais. Em Castanhal, a variedade com maior produção de fécula foi a Jurará Amarela, enquanto a variedade Mari apresentou a menor porcentagem de fécula, as demais variedades não apresentaram diferenças entre si. Em Igarapé Açu as variedades Maranhense, Paulo velho, Jurará amarela e Mari apresentaram produção de fécula semelhante, enquanto a menos produtiva foi a Ouro Preto (Tabela 6).

**Tabela 6.** Porcentagem de fécula de raízes de seis variedades de mandioca, avaliadas em dois municípios do estado do Pará.

	Fécula (%)	
	Castanhal	Igarapé Açu
<b>Jurará Branca</b>	33 Aab	30 Bab
<b>Paulo Velho</b>	34 Aab	32 Aab
<b>Jurará Amarela</b>	35 Aa	32 Bab
<b>Maranhense</b>	32 Aab	32 Aa
<b>Mari</b>	30 Ab	32 Aab
<b>Ouro Preto</b>	31 Aab	28 Ab
<b>Médias</b>	32	31
<b>C.V. Castanhal (%)</b>		32,2
<b>C.V. Igarapé Açu (%)</b>		30,9

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A cultura da mandioca apresenta, em média, 30% de massa seca nas raízes, já tendo sido encontrado, na espécie *Manihot esculenta*, até 45% de massa seca. Os teores de massa seca nas raízes são altamente correlacionados com os teores de amido ou fécula, dependendo da variedade, do local onde se cultiva da idade e época de colheita. Inicialmente os fotoassimilados são destinados em maior quantidade à parte aérea da planta (rama), na fase de repouso vegetativo (primeiro ciclo) durante o período seco, esses fotoassimilados migram para o sistema radicular ocorrendo a tuberização ou engrossamento das raízes (FUKUDA, 2003).

O teor de fécula ou amido é um importante componente de produção da mandioca destinada à produção de farinha ou fécula, visto o seu teor determina o preço no momento da compra/venda. O teor de fécula apresenta, segundo Borges et al. (2002), alta correlação positiva ( $r = 0,98$ ) com o teor de massa seca da raiz de mandioca, uma vez que cerca de 96% da massa seca da raiz de mandioca é composta por amido (CENI et al., 2009).

O baixo teor de fécula nas variedades Jurará Branca e Jurará Amarela em Igarapé-Açu, podem ser explicadas pelos baixos teores de fósforo e potássio do solo, uma vez que o fósforo atua na fosforilação do grão de amido (VANCE et al., 2003) e o potássio na translocação de carboidratos na planta (GIERTH; MÄSER, 2007), esta hipótese

pode ser confirmada pelos resultados obtidos por Fidalski (1999) que verificou aumento da produção de raízes de mandioca através da aplicação de níveis crescentes de NPK.

Além dos baixos teores de P e K, ocorreu um grande estiagem em Igarapé açu, sendo às raízes menos favorecidas em função da redução dos elementos fotoassimilados, de onde se explica a maior quantidade de massa seca em Castanhal, e não haver diferença tão acentuada entre os teores de fécula. Em trabalho realizado por Sagrilo et al. (2010) identificaram que produção de amido está diretamente relacionada ao rendimento industrial para extração de fécula, sendo mais desejados as variedades com elevada produção de amido, preferencialmente quando são capazes de manter esse potencial mesmo se submetidos a variadas condições ambientais e de fertilidade do solo, fato que foi observado em Igarapé Açú em que as variedades se encontram em situações adversas, porém, com percentuais de féculas elevados.

#### **6.4 Produção de massa fresca e massa seca da parte aérea das variedades de mandioca**

A produção da parte aérea das variedades de mandioca pode ser observada na Tabela 7. As variedades Jurará Branca, Paulo Velho e Mari produziram maior quantidade de matéria fresca de parte aérea em Castanhal, enquanto, as variedades Jurará Amarela, Maranhense e Ouro Preto não se diferenciaram quando cultivadas nos dois municípios. As variedades mais produtivas de massa fresca da parte aérea em Castanhal foram Jurará Branca e Mari, enquanto a menos produtiva foi a Ouro Preto. Quanto à massa seca da parte aérea, as variedades Paulo Velho, Jurará Amarela e Mari quando cultivadas em Castanhal foram mais produtivas do que quando cultivadas em Igarapé Açú, as demais variedades não apresentaram diferenças significativas quando cultivadas nos dois municípios. Não foram observadas diferenças significativas da produção de massa seca da parte aérea entre as variedades cultivadas em Castanhal, bem como entre as cultivadas em Igarapé Açú.

**Tabela 7.** Produção de massa fresca e massa seca de seis variedades de mandioca, avaliadas em dois municípios do estado do Pará.

	Massa fresca de parte aérea (t ha <sup>-1</sup> )		Massa seca de parte aérea (t ha <sup>-1</sup> )	
	Castanhal	Igarapé Açu	Castanhal	Igarapé Açu
<b>Jurará Branca</b>	33,8 Aa	18,0 Ba	9,5 Aa	5,7 Aa
<b>Paulo Velho</b>	24,3 Aab	8,5 Ba	7,9 Aa	3,3 Ba
<b>Jurará Amarela</b>	25,9 Aab	18,1 Aa	9,0 Aa	3,5 Ba
<b>Maranhense</b>	30,9 Aab	20,7 Aa	10,1 Aa	6,4 Aa
<b>Mari</b>	38,5 Aa	16,6 Ba	13,8 Aa	4,5 Ba
<b>Ouro Preto</b>	9,1 Ab	18,1 Aa	9,7 Aa	5,7 Aa
<b>Médias</b>	27,1	16,7	10,0	4,8
<b>C.V. Castanhal (%)</b>		40,7		37,2
<b>C.V. Igarapé Açu (%)</b>		38,8		21,7

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produção de fitomassa da parte aérea é uma característica importante para a cultura da mandioca, pois as ramas são utilizadas como material propagativo para instalação de novos campos de produção. Por outro lado, tanto as ramas com as folhas das plantas de mandioca podem ser utilizadas na produção de rações de excelente qualidade proteica, utilizada na alimentação de diferentes animais (MATTOS, 2006).

Sagrilo et al. (2002), citam que a produção de fitomassa da parte aérea é influenciada pelas condições climáticas, uma vez que altas temperaturas aliadas à precipitações intensas, favorece o crescimento das hastes e a produção de folhas. Estas condições ambientais ocorrem com frequência na região de Castanhal o que pode ter favorecido os melhores desempenhos dos genótipos mais adaptados.

### 6.5 Índice de colheita de variedades de mandioca

Na Tabela 8 constam os resultados do índice de colheita das seis variedades de mandioca e observa-se que não houve diferenças significativas entre os dois locais em estudo. Em Castanhal não foram observadas diferenças significativas entre as variedades de mandioca. No município de Igarapé Açu foram observadas diferenças entre as

variedades, de modo que a variedade Jurará Amarela foi a com maior índice de colheita, enquanto a variedade Ouro Preto foi a menos produtiva e as demais foram intermediárias quanto a essa variável.

**Tabela 8.** Índice de colheita de seis variedades de mandioca avaliadas em dois municípios do estado do Pará.

	Índice de Colheita	
	Castanhal	Igarapé Açu
<b>Jurará Branca</b>	60 Aa	47 Aab
<b>Paulo Velho</b>	64 Aa	48 Aab
<b>Jurará Amarela</b>	65 Aa	64 Aa
<b>Maranhense</b>	55 Aa	51 Aab
<b>Mari</b>	50 Aa	46 Aab
<b>Ouro Preto</b>	46 Aa	33 Ab
<b>Médias</b>	57	48
<b>C.V. Castanhal (%)</b>		18,4
<b>C.V. Igarapé Açu (%)</b>		28,6

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De maneira geral, os cultivares responsáveis pelos maiores índices de colheita respondem também pelos maiores valores de retenção foliar. Essa relação foi reportada por Lenis et al. (2005), ressaltando que, uma vez que a planta retém por mais tempo folhas dotadas de eficiência no uso de água, há tendência de maior acúmulo de fotossintatos nas raízes tuberosas, aumentando o índice. Quando comparada à citação dos autores ao ocorrido com a variedade Ouro preto, pode se atribuir seu menor índice verificado em Igarapé Açu.

Os índices médios de colheita foram superiores em Castanhal com 56,66% em relação ao município de Igarapé Açu com 48,16%. As condições climáticas e o manejo anterior da área com outros plantios, com adubações mais recentes, podem justificar a diferença nesses índices. Apesar das diferenças verificadas entre os índices dos dois municípios, esses valores podem ser considerados bons, haja vista, os relatados por Valle et al. (2005), considerando que um bom índice de colheita está acima de 50%.

## 6.6 Teores de carotenoides totais

Na Tabela 9 observam-se os resultados do teor de carotenóides os quais indicam diferenças das variedades de mandioca quando cultivada nos dois locais. As variedades Jurará Branca, Paulo Velho, Jurará Amarela apresentaram maior teor de carotenóides em Castanhal do que em Igarapé Açu, em contrapartida, as variedades Maranhense, Mari e Ouro Preto apresentaram maior teor de carotenoides quando cultivadas em Igarapé Açu. No município de Castanhal houve diferenças significativas nesta variável, o maior teor de carotenóide foi apresentado pela variedade Ouro Preto, seguido pelas variedades Jurará Amarela, Mari, Maranhense, Paulo Velho e por fim Jurará Branca. Em Igarapé Açu foram observadas diferenças entre as variedades, de modo que a Ouro Preto destacou-se também quanto ao teor de carotenóides nesse município, seguida pelas variedades Mari, Maranhense, Jurará Amarela, Jurará Branca e Paulo Velho.

**Tabela 9.** Teor de Carotenoides totais de seis variedades de mandioca avaliadas em dois municípios do estado do Pará.

	Carotenóides	
	Castanhal	Igarapé Açu
<b>Jurará Branca</b>	0,74 Ae	0,42 Bd
<b>Paulo Velho</b>	0,78 Ade	0,30 Bd
<b>Jurará Amarela</b>	2,48 Ab	1,46 Bc
<b>Maranhense</b>	1,14 Bd	1,47 Ac
<b>Mari</b>	1,77 Bc	2,22 Ab
<b>Ouro Preto</b>	7,27 Ba	8,65 Aa
<b>Médias</b>	2,36	2,42
<b>C.V. Castanhal (%)</b>		7,68
<b>C.V. Igarapé Açu (%)</b>		4,26

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de carotenoide da raiz de mandioca foi influenciado pelas variedades e pelo local. Observou-se que as variedades de polpa branca apresentaram menores teores quando cultivadas em Igarapé-Açu, e as variedades de polpa creme a amarela apresentaram maiores teores de carotenoides nesse mesmo município.

O município de Igarapé-Açu apresentou condições de fertilidade do solo desfavorável ao cultivo da mandioca, neste sentido, ao considerar que o carotenóide é precursor do ácido abscísico, o qual é modulador do crescimento e de proteínas que atuam em situações de estresse para a planta (TAYLOR; RAMSAY, 2005), pode-se levantar a hipótese de que as variedades de polpa creme e amarela expressaram um maior potencial à situação de estresse de ambiente. Entretanto esta hipótese deve ser criteriosamente estudada.

A variedade Ouro Preto obteve melhor rendimento e, por serem de coloração amarela, pode justificar esses maiores teores. Carvalho et al. (2005) ao avaliar 20 acessos de mandioca, concluiu que existe elevada correlação entre a coloração amarela e a atividade vitamínica A das raízes. (ECHEVERRI et al., 2001), comprovam também que a coloração amarela das raízes apresentam uma alta correlação com o teor de carotenóides totais nas raízes e que a maior parte destes é composta pelo betacaroteno o principal precursor da vitamina A (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA, 2004).

Os teores de carotenóides totais da variedade Ouro Preto (8,65 e 7,27  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) desse estudo estão dentro da faixa obtidas por Mezette et al., (2009) que avaliaram 12 clones elite, cujas concentrações de carotenóides totais foram de 3,3 a 11,1  $\mu\text{g g}^{-1}$  de mandioca fresca, e por Chávez et al. (2005) que avaliaram 1789 acessos e híbridos de mandioca do banco de germoplasma do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), cujas concentrações de carotenóides totais variaram de 1,02 a 10,40  $\mu\text{g g}^{-1}$  de mandioca fresca.

## **7 CONCLUSÃO**

As variedades estudadas apresentaram grande potencial na produtividade de raiz, com maior ênfase às variedades Jurará amarela, Jurará branca, Mari e Paulo velho no município de Castanhal.

Às variedades Jurará Amarela, Maranhense e Mari, se destacaram dentre as mais produtivas nas duas localidades, tendo demonstrado grande potencial em condições favoráveis e desfavoráveis, sobretudo de fertilidade de solo e baixa pluviosidade.

A variedade Ouro Preto, nos dois municípios, apresentou maiores teores de carotenoides na polpa da raiz da mandioca.



## 8 REFERÊNCIAS

- AKANJI, A.O. Cassava intrake and risk of diabetes in humans. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 375, p. 349-359, 1994.
- ALLEM, A.C. The origin of *Manihot esculenta* crantz (Euphorbiaceae). **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v.41, p.133-150, 1994.
- ALVES, A.A.C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA, L. da S. (Eds.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 138-169.
- BORGES, M.F.; FUKUDA, W.M.G.; ROSSETTI, A.G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1559-1565, 2002.
- BUTARELO, S.S. et al. Hidratação de tecido de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) e gelatinização do amido durante a cocção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.3, p.311-315, 2004.
- CARDOSO, E.M.R.; FUKUDA, W.M.G. Mandioca do estado do Pará. In: EMBRAPA. Centro de pesquisa agroflorestal da Amazônia. **Programa de melhoramento genético e adaptação de espécies vegetais para a Amazônia Oriental**. EMBRAPA Amazônia Oriental, Documentos, 16 .Belém, p. 119-126, 1999.

CARVALHO, P.R.N. et al. Cor e carotenóides provitamínicos em raízes de diferentes clones de mandioca (*Manihot esculenta* crantz). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA. 11., 2005, **Anais...** Campo Grande, 2005.

CENI, G.C. et al. Avaliação de componentes nutricionais de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.20, n.1, p. 107-111, 2009.

CHAVES, A.L. et al. Characterization of R49, aTs type protein synthesis elongation factor, expressed during tomato fruit maturation. **Plant Physiology**, v. 14, p. 21-30, 2002.

CHÁVEZ, A.L. et al. Variation of quality traits in cassava roots evaluated in landraces and improved clones. **Euphytica**, Wageningen, v. 143, p.125-133, 2005.

COCK, J.H. Potencial agronômico para laproducción de Yuca. In: **Curso de produccion de Yuca**. Cali, (Colômbia). CIAT, p. 31-39, 1978.

CONCEIÇÃO, A.J. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1987. 382 p.

DAMASCENO, J.C.A.; RITZINGER, C.H.S.P.; LEDO, C.A. Uso da manipuera no manejo de nematoide das galhas. In: JORNADA CIENTÍFICA EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA TROPICAL, 2008. Cruz das Almas. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2008.

ECHEVERRI, J. et al. **Exploring the genetic potential to improve micronutrient content of cassava**, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FAO. Food and Agriculture Production. Disponível em:  
<<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

FILDALSKI, J. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1353-1359, 1999.

FUKUDA, W. M. G.; BORGES, M. F. Avaliação qualitativa de cultivares de mandioca de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.7, n.1 p.63-71, 1988.

FUKUDA, W.M.G.; CALDAS, R.C.; FUKUDA, C. Comportamento de cultivares e clones de mandioca resistentes à bacteriose. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.2, n.2, p.23-31, 1983.

FUKUDA, W.M.G.; FOLLEGATTI, M.I.S. **Embrapa Mandioca e Fruticultura desenvolve Novas Variedades de Mandioca para o Consumo Frito**. Cruz das Almas, Bahia: Embrapa Mandioca e Fruticultura - (Embrapa-CNPMP, Comunicado Técnico, 81). 2003. 4p.

FUKUDA, W.M.G.; GUEVARA, C.L. **Descritores morfológicos e agronômicos para a caracterização de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Cruz das Almas: Embrapa, 1998.

FUKUDA, W.M.G.; SILVA, S.O.; IGLESIAS, C. Cassava Breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.2, p. 617-638, 2002.

GIERTH, M.; MÄSER, P. Potassium transporters in plants – Involvement in  $K^+$  acquisition, redistribution and homeostasis. **FEBS Letters**, v. 581, n. 12, p. 2348-2356, 2007.

GOEBELL, M.A. **Organização e coordenação do sistema agroindustrial da mandioca da micro região oeste do Paraná**. 2005. Dissertação - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Toledo, 2005.

GOMES, C.N. et al. Caracterização morfoagronômica e coeficientes de trilha de caracteres componentes da produção em mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.8, p.1121-1130, 2007.

GROSMANN, J.; FREITAS, A.G. Determinação do teor de matéria seca pelo método de peso específico em raízes de mandioca. **Revista Agrônômica**, Porto Alegre, p.75-80, 1950.

GUIMARAES, D. G. et al. **Avaliação de variedade de mandioca em Vitória da Conquista – BA**. XIII Congresso Brasileiro de Mandioca, 2009.

HERSHEY, C.; AMAYA, A. Germoplasma de Yuca: Evolucion, distribuicion y coleccion. In: DOMINGUEZ, C. E. **Yuca: Investigacion, produccion y utilizacion**. CALI: CIAT, 1989. p. 77-79.

IGLESIAS, C. et al. Genetic potencial and stability of carotene content in cassava roots. **Euphytica**, Dordrecht, v.94, n.3, p.367-373, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Agricultura: sistema IBGE de recuperação automática**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 Jan. 2013.

KAWANO K, AMAYA A, DAZA P.; RIOS, M. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. **Crop Science**, Madison, v. 18, p.373-376, 1978.

KAWANO, K. Thirty years of cassava breeding for productivity – biological and social factors for success. **Crop Science**, Madison, v. 43, p.1325-1335, 2003.

KAWANO, K.; THUNG, M.D. Intergenotypic competition with associated crop in cassava, **Crop Science**, Madison, v. 23, n. 3. p. 59-63, 1982.

KIMURA, M. et al. Screening and HPLC methods for carotenoids in sweet potato, cassava and maize for plant breeding trials. **Food Chemistry**, London, v.100, p.1734-1746, 2007.

KOPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de cultura agronomia. Mexico, 1948, 479 p.

LENIS J.I. et al. Leaf retention in cassava. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 95, p.126-134, 2005.

LEONEL M. Extração e caracterização do amido de biri (*Canna edulis*). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.5, p. 27-32, 2002.

LORENZI, J.O. **Mandioca**. Campinas: CATI, 1993. 116p. (Boletim técnico, 245).

MATTOS, P.L.P. Implantação da cultura. In: SOUZA, L.S. et al. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. p. 492-517.

MELLENDEZ-MARTINEZ, A.J.; VICARIO, I.M.; HEREDIA, F.J. Estabilidad de los pigmentos carotenoids en los alimentos. **Archivos Latino Americano de Nutricion**, Caracas, v. 54, n.2, p. 2009-2015, 2004.

MEZETTE, T.F. et al. Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a caracterização agronômica, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.601-609, 2009.

MONTAGNAC, A.J.; CHRISTOPHER, R.D.; TANUMIHARDJO S.A. Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. **Food Science of Food Safety**, v. 8, p. 186-194, 2009.

NASCIMENTO, P. **Avaliação de retenção de carotenoides de abóbora mandioca e batata doce**. 2006. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2006.

OLIVEIRA, S.L.de.; COELHO, E.F.; NOGUEIRA, C.C.P.; Irrigação. In: Souza, L.S. et al. (Ed.). **Aspectos Socioeconomicos e Agronomicos da Mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical p.291-300, 2006.

OLSON, J.A. Recommended dietary intakes (RDI) of vitamin A in humans. **American Journal Clinical Nutrition**, vol.45, p.704-716, 1987.

ORTEGA-FLORES, C.I. **Carotenóides com atividade próvitamínica A e teores de cianeto em diferentes cultivadores de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do estado de São Paulo**. 1991. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PENTEADO, M.V.C. **Ocorrência de isômeros de  $\beta$ -caroteno em raízes de cinco cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do Estado de São Paulo**. 1987. 66 f. Tese (Concurso de Livre-Docência) – Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo.

RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RIMOLDI, F. et al. Produtividade, composição química e tempo de cozimento de cultivares de mandioca de mesa coletadas no Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n 1, p. 63-69, 2006.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M. **Hevestplus handbook far carotenoid analysis**. Washington, D.C.: Internation food policy research institute; Cali: international center for tropical agriculture, 2004. 58p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food**. OMNI Research, Washington, DC., 2001. 64p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. et al. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, Roma, v.21, p.445-463, 2008.

RODRIGUES, E. R. et al. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para a recuperação de reserva legal no portal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, v. 31, p. 941-948, 2007.

ROGERS, D.J.; APPAN, S.G. *Manihot* and *Manihotoides* (Euphorbiaceae). **Flora Neotropica**, New York, 13: 1-272, 1973.

SAGRILO, E. et al. Performance de cultivares de mandioca e incidência de mosca branca no Vale do Ivinhema, Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 87-94, 2010.

SAGRILO, E.; OTSUBO, A.A.; SILVA, A. de S. Desempenho produtivo de genótipos de mandioca no Vale do Ivinhema, MS. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v.3, 2007.

SAGRILO, E. et al. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n.2, 115-125, 2002.

SAMPAIO, Y. et al. **Eficiência econômica e competitividade da cadeia produtiva da mandioca em Alagoas**. SEBRAE, Alagoas, 2005.

SANTANA, A.C., AMIM, M.M. **Cadeias produtivas e oportunidades de negócio na Amazônia**. Belém: UNAMA. 2002. 454p.

SAYRE, R. **BioCassava Plus**. Providing Complete Nutrition. 9th ICABR International Conference on Agricultural Biotechnology: Ten Years Later. Ravello, Italy, 2005.

TAYLOR, M.; RAMSAY, G. Carotenoid biosynthesis in plant storage organs: recent advances and prospects for improving plant food quality. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 124, n.2, p. 143–151, 2005.

TERNES, M. Fisiologia da planta. In: CEREDA, M.P. **Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, p. 66-82. v.2, 2002.

TEZARA, W. et al. Effects of water deficit and its interaction with CO<sub>2</sub> supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.53, n.375, p.1781-1791, 2002.

VALLE, T.L. **Cruzamentos dialélicos em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1990. 180p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VALLE, T.L. et al. Variedades e diversidade genética de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) no Estado de Mato Grosso do Sul. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 2005, Campo Grande MS. **Anais...**Campo Grande MS, 2005.

VANCE C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, Cambridge, v. 157, n. 3, p. 423–447, 2003.

VIDIGAL-FILHO, P.S. et al. Avaliação de cultivares de Mandioca na Região Noroeste do Paraná. **Bragantia**, Campinas, 59, n. 1, 69-75,2000.

WILHELM, W.W.; McMASTER, G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.1-3, 1995.