



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – POSAGRO

NATÁLIA TRAJANO DE OLIVEIRA

EFEITO DAS ÉPOCAS DE COLHEITA E DOSES DE NITROGÊNIO NO TEOR DE
ÁCIDO CIANÍDRICO E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA MANDIOCA, CV
ACIOLINA, CULTIVADA NA SAVANA DE BOA VISTA, RORAIMA

Boa Vista - RR

2012

NATÁLIA TRAJANO DE OLIVEIRA

**EFEITO DAS ÉPOCAS DE COLHEITA E DOSES DE NITROGÊNIO NO TEOR DE
ÁCIDO CIANÍDRICO E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA MANDIOCA, CV
ACIOLINA, CULTIVADA NA SAVANA DE BOA VISTA, RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, para a obtenção do título de mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sandra Cátia Pereira Uchôa.

Boa Vista - RR

2012

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)

Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

O48e Oliveira, Natália Trajano de

Efeito das épocas de colheita e doses de nitrogênio no teor de ácido cianídrico e componentes de produção da mandioca, cv Aciolina, cultivada na savana de Boa Vista, Roraima. – Boa Vista, 2012.

73 p. : il.

Orientador: Prof^a.Dr^a. Sandra Cátia Pereira Uchôa.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

1 – Adubação nitrogenada. 2 – Compostos cianogênicos. 3 – Macaxeira. 4 – *Manihot esculenta*. 5 – Produtividade de raízes. I - Título. II – Uchôa, Sandra Cátia Pereira (orientador).

CDU 633.493(811.4)

À Deus, razão de tudo o que somos e fazemos.

Aos meus pais, que me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade.

Aos meus irmãos, companheiros de vida.

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, força maior, pela minha vida e por tê-la abençoado, colocando pessoas maravilhosas que contribuíram para meu desenvolvimento como ser humano.

Aos meus pais, Ruberval e Ednamar, que no decorrer de minha vida me proporcionaram, além de extenso amor e carinho, os conhecimentos de integridade e perseverança, contribuindo grandemente para o que sou hoje.

Aos meus maninhos Ruberval Júnior e Suelemmar Oliveira, por toda a paciência, ajuda e compreensão no decorrer deste tempo.

À Prof^a. Dr^a. Sandra Cátia Pereira Uchôa e ao Prof. Dr. José Maria Arcanjo Alves, por toda orientação e apoio necessário à realização deste trabalho.

Aos professores doutores Tocio Sediama, José de Anchieta Alves de Albuquerque e pesquisador doutor Everton Diel Souza pelas importantes contribuições.

Ao sempre presente Cirano Melville, pela inestimável ajuda na realização deste trabalho além de fiel companheirismo e amizade.

Ao colega de curso Guilherme Rodrigues, pelo apoio e amizade.

Aos amigos (Ruberval Júnior, Elmar Júnior, Leonardo Cristian, João Pedro, Luís Ricardo, Nádia Santos, David Marcos, Janer Jadson, Ataiza Andrade, Maria Luiza, Marcela Liege, Érika Fujita, Vanuza Xavier e Cássia Rejane) que passavam o fim de semana inteiro me ajudando nas análises mensais do meu experimento, ao qual eu não poderia jamais deixar de agradecer.

Aos familiares, amigos e colegas do mestrado, servidores e ajudantes de campo pela ajuda direta e indireta, aos quais contribuíram para que o objetivo final fosse alcançado.

À Universidade Federal de Roraima e Embrapa Roraima, respeitáveis Instituições, pela oportunidade de realização deste curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

BIOGRAFIA

NATÁLIA TRAJANO DE OLIVEIRA, filha de Ruberval Barbosa de Oliveira e Ednamar Trajano de Oliveira, nasceu em 14 de março de 1985, na cidade de Boa Vista, Roraima. Concluiu o ensino médio na Escola Estadual Gonçalves Dias. Ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Roraima – UFRR em 2004, onde concluiu o curso em 2009. Concluiu o curso Técnico em laboratório pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Roraima em 2005. Monitora na disciplina Criação de Ruminantes do curso de Agronomia em 2007. Bolsista PIBIC-CNPq, em 2008. Bolsista do Programa de Bolsas de Inovação Tecnológica, IEL-RR, em 2009. Em 2010, iniciou o mestrado em Agronomia, do Programa de Pós-Graduação, área de concentração Produção Vegetal, da Universidade Federal de Roraima – UFRR.

“São as mandiocas, cultivadas por suas raízes ou tubérculos feculentos, que fornecem a importantíssima farinha de mesa, o pão do Brasil”.

(ZEHNTNER, 1919)

OLIVEIRA, Natália Trajano. **Efeito das épocas de colheita e doses de nitrogênio no teor de ácido cianídrico e componentes de produção da mandioca, cv Aciolina, cultivada na savana de Boa vista, Roraima.** 2012. 73 p. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2012.

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o teor de ácido cianídrico e os componentes de produção da mandioca em função da época de colheita em diferentes níveis de adubação nitrogenada, em área de primeiro ano, em condições edafoclimáticas da Savana de Boa Vista em Roraima. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo alocadas as doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 150 e 330 kg ha⁻¹) na parcela e nas subparcelas as sete épocas de colheita (90, 120, 150, 180, 240, 300 e 360 dias após a emergência). Foi avaliado o teor de ácido cianídrico na folha, no caule, na polpa da raiz e no córtex da raiz. Para o estudo dos componentes de produção avaliou-se altura da planta, produtividade de parte aérea, número de raízes tuberosas por planta, número de raízes comerciais por planta, comprimento e diâmetro da raiz, índice de colheita, produtividade de raízes e produtividade de amido. As doses de nitrogênio em cobertura, entre 217 e 241 kg ha⁻¹, proporcionaram os maiores teores de ácido cianídrico, entre 332 e 401 mg kg⁻¹ de massa fresca nas partes da planta. As épocas de colheita reduziram linearmente o teor de ácido cianídrico nas partes da planta, independentemente da dose de nitrogênio. O córtex da raiz acumulou o maior teor de ácido cianídrico, enquanto a polpa da raiz o menor teor, podendo-se classificar a cultivar Aciolina, em mandioca mansa para colheita aos 360 dias após a emergência. Os componentes de produção da mandioca: altura da planta, produtividade de parte aérea, número de raízes tuberosas, número de raízes comerciais, comprimento de raiz, diâmetro de raiz, produtividade de raiz e produtividade de amido apresentaram comportamento linear em função do avanço das épocas de colheita. O maior índice de colheita foi de 80,9% obtido aos 300 dias após a emergência. A adição de nitrogênio em cobertura determinou o aumento linear na altura da planta, produtividade de parte aérea, número de raízes comerciais e diâmetro de raiz. A maior produtividade de raiz, 61.678,0 kg ha⁻¹, foi obtida com a dose de 225,8 kg ha⁻¹ de N quando colhida aos 300 dias após emergência.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada; Compostos cianogênicos; Macaxeira; *Manihot esculenta*; Produtividade de raízes.

OLIVEIRA, Natália Trajano. **The effect of harvest times and levels of nitrogen in hydrocyanic acid and components of cassava production, cv Aciolina, cultivated in the savannah of Boa Vista, Roraima.** 2012. 73 p. Master's Degree Dissertation in Agronomy - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2012.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate hydrocyanic acid content and the components of bitter cassava at harvest time in different levels of nitrogen in a first year area, under ecological conditions of Boa Vista Savannah in Roraima. The experimental design was in blocks at random in a scheme of split plots, with four replications. The plots were allocated five levels of nitrogen (0, 30, 60, 150 and 330 kg ha⁻¹) and the subplots of the seven harvest times (90, 120, 150, 180, 240, 300 and 360 days after emergence). The content of hydrocyanic acid was evaluated on the leaf, on the stalk, in the pulp of the root and in the skin of the root. For the study of the components of production, it was evaluated the height of the plant, the productivity of the aerial part, the number of bulbed roots per plant, the number of commercial roots per plant, the length and diameter of the root, the crop rate, the root productivity and the starch productivity. The levels of nitrogen between 217 and 241 kg ha⁻¹ provided the highest contents of hydrocyanic acid, between 332 and 401 mg kg⁻¹ of fresh mass in the parts of the plant studied. The Cultivation time linearly reduced the hydrocyanic acid content in the parts of the plant, regardless of the levels of nitrogen. The skin of the root accumulated the greatest level of hydrocyanic acid, while the root pulp accumulated the smallest level, being able to classify the cultivar Aciolina as sweet cassava for cropping at 360 days after emergence. The components of cassava production, the height of the plant, the productivity of the aerial part, the number of bulbed roots, the number of commercial roots, the root length, the diameter of the root, the productivity of the root and the starch productivity presented linear behavior in function of the advance of the harvest times. The greatest crop rating was 80,9% obtained at 300 days after emergence. The addition of nitrogen determined the linear increase of the plant height, the productivity of the aerial part, the number of commercial roots and the diameter of the root. The greatest root productivity 61.678,0 kg ha⁻¹ was obtained with a dose of 225,8 kg ha⁻¹ of nitrogen when reaped at 300 days after emergence.

Key words: Nitrogen fertilization; Cyanogenic compounds; Sweet cassava; *Manihot esculenta*; Root productivity.

LISTA DE FIGURAS

RELAÇÃO DE FIGURAS DA REVISÃO DE LITERATURA

FIGURA 1	Processo de liberação do cianeto.....	23
----------	---------------------------------------	----

RELAÇÃO DE FIGURAS DO ARTIGO A

FIGURA 1	Médias mensais de precipitação pluvial, temperatura média do ar e umidade relativa do ar, no período de outubro de 2010 a outubro de 2011. Boa Vista, Roraima, 2012.....	32
FIGURA 2	Teor de HCN na folha de plantas de mandioca cv Aciolina em função da época das épocas de colheita, nas doses de N.....	36
FIGURA 3	Teor de HCN no caule de plantas de mandioca cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N.....	37
FIGURA 4	Teor de HCN na polpa da raiz em plantas de mandioca cv Aciolina em função das épocas de colheita, nas doses de N.....	37
FIGURA 5	Teor de HCN no córtex da raiz de plantas de mandioca cv Aciolina em função das épocas de colheita, nas doses de N.....	38

RELAÇÃO DE FIGURAS DO ARTIGO B

FIGURA 1	Médias mensais de precipitação pluvial, temperatura média do ar e umidade relativa do ar, no período de outubro de 2010 a outubro de 2011. Boa Vista, Roraima, 2012.....	44
FIGURA 2	Altura de plantas de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.....	47
FIGURA 3	Produtividade da parte aérea de plantas de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.....	48
FIGURA 4	Número de raízes tuberosas por plantas de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.	50
FIGURA 5	Número de raízes tuberosas comerciais por plantas de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.	51
FIGURA 6	Comprimento (a) e diâmetro (b) de raiz tuberosa de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.	52
FIGURA 7	Produtividade de raízes mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.....	53
FIGURA 8	Produtividade de amido de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.....	57

LISTA DE TABELAS

RELAÇÃO DE TABELAS DO ARTIGO A

TABELA 1	Características químicas e físicas do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, antes da instalação do experimento.....	33
TABELA 2	Equações do teor de HCN na folha de mandioca cv. Aciolina, em função do teor de N em cobertura para folha (F), caule (C), polpa da raiz (R) e córtex da raiz (CR), coeficiente de determinação, dose de N em cobertura para o máximo teor de HCN (DMT), teor de HCN na DMT, incremento (INC) de HCN na DMT e eficiência (EF) de acúmulo de HCN na DMT.....	35

RELAÇÃO DE TABELAS DO ARTIGO B

TABELA 1	Características químicas e físicas do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, antes da instalação do experimento.....	45
TABELA 2	Valores estimados de altura da planta, produtividade da parte aérea, número de raízes tuberosas por planta, número de raízes comercial por planta, diâmetro da raiz e produtividade da raiz de plantas de mandiocas, cv Aciolina, aos 90 e 360 dias, incrementos, eficiência (%) e taxa de incrementos nas doses de N estudadas.....	49
TABELA 3	Produtividade de raízes tuberosas em função de doses de N em cobertura, nas diferentes épocas de colheitas.....	54
TABELA 4	IC em função das épocas de colheitas nas diferentes doses de N em cobertura	55
TABELA 5	Índice de colheita em função de doses de N em cobertura nas diferentes épocas de colheitas.....	56
TABELA 6	Teor de amido em função de doses de N em cobertura nas diferentes épocas de colheitas.....	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVO GERAL.....	15
2.1	Objetivos específicos.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1	Aspectos gerais da cultura da mandioca.....	16
3.2	Estrutura da planta e características morfológicas da mandioca.....	18
3.3	Crescimento e desenvolvimento da mandioca.....	19
3.4	Ácido cianídrico.....	21
3.5	Adubação na mandioca.....	24
3.5.1	Nitrogênio na mandioca.....	25
4	ARTIGO A- ÁCIDO CIANÍDRICO NA MANDIOCA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA E CINCO NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	28
4.1	RESUMO.....	28
4.2	ABSTRACT.....	29
4.3	INTRODUÇÃO.....	30
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.6	CONCLUSÕES.....	39
5	ARTIGO B- COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA MANDIOCA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITAS E CINCO NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	40
5.1	RESUMO.....	40
5.2	ABSTRACT.....	41
5.3	INTRODUÇÃO.....	42
5.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	44
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.6	CONCLUSÕES.....	60
6	CONCLUSÕES GERAIS.....	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, 1766), família *Euphorbiaceae*, é atualmente a mais importante espécie cultivada para produção de raízes das regiões tropicais e subtropicais do mundo, como fonte de carboidratos para a alimentação humana (CENÓZ; BURGOS; LÓPEZ, 2007), animal e no processamento industrial, podendo resultar em uma infinidade de produtos (CIAT, 2004). No Brasil, é cultivada em todas as regiões, sendo plantada em 1.753.947 hectares, com produção anual de 26.127.874 toneladas e rendimento médio de 14.897 kg ha⁻¹ (IBGE, 2012). Na Região Norte, além de ser fonte importante de alimentação para a população, a mandioca se constitui, também, em atividade econômica para pequenas áreas de agricultura, possibilitando a diversificação da produção nestas propriedades (ROSA NETO; MARCOLAN, 2010). A produção da mandioca no estado de Roraima se destina a fabricação da farinha, ao consumo de mesa (mandioca mansa) e a extração artesanal da goma fresca (fécula).

Em Roraima, a área cultivada com a cultura da mandioca é de 5.800 ha, com produção de 77.192 toneladas (IBGE, 2012), concentrando-se entre pequenos e médios produtores. O rendimento médio de 13,3 t ha⁻¹, muito aquém da obtida por Alves et al. (2009), que obteve produtividade de raiz fresca da cultivar Aciolina de 46.858,3 kg ha⁻¹, em Latossolo Amarelo corrigido e adubado na savana de Roraima. De modo geral, os solos em condições edafoclimáticas de savana apresentam elevado oligotrofismo, são ácidos, com valores de pH em superfície entre 4,4, a 4,8 e distróficos. Os valores para saturação por alumínio (%m) são superiores a 50%, revelando o caráter álico, baixo teor de P, K e de matéria orgânica (VALE JÚNIOR et al., 2011).

Embora possua grande versatilidade de uso, a mandioca apresenta a ocorrência natural de glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotaustralina), que dependendo dos teores, pode restringir a sua utilização na alimentação humana e animal. A sua ingestão pode determinar a produção endógena de cianeto, levando ocasionalmente a danos neurológicos importantes, especialmente nos grupos em que a dieta é deficiente (SANTA'ANA; DOMENE, 2008).

Os teores de glicosídeos e conseqüentemente, de ácido cianídrico (HCN) constituem-se em características utilizadas para classificar as mandiocas em mansas (baixos teores), intermediárias e bravas (elevados teores), podendo estes

teores variar em função das cultivares e partes da planta, apresentando ainda alterações de acordo com o ambiente, idade da planta e até práticas culturais (LORENZI et al., 1993; SILVA et al., 2004; CARDOSO JÚNIOR et al., 2005a; MAZETTE et al., 2009; MAGALHÃES et al., 2009).

O nitrogênio é considerado importante fator que atua sobre os teores de glicosídeos cianogênicos. A produção global de metabólitos nitrogenados por uma planta (alcalóides, glicosídeos cianogênicos e glucosinolatos) geralmente é aumentada com a maior disponibilidade de nitrogênio no solo (VETTER, 2000). Entretanto, como consequência do aumento da biomassa da planta, a concentração destes nos tecidos pode diminuir. Além disso, existem evidências de que não é somente a disponibilidade de nitrogênio que influencia o metabolismo secundário, mas sim a quantidade deste que é incorporada aos tecidos da planta (WISDOM, 1983; WATERMAN, 1989; HÖFT et al., 1996).

O nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido na cultura da mandioca. Em média, para uma produção de 25 toneladas de raízes por hectare são extraídos 123 kg de N (MATTOS; BEZERRA, 2003). Em função da grande mobilidade do N no solo, favorecendo as perdas por lixiviação, é recomendado o parcelamento da adubação nitrogenada, aplicando uma pequena dose no plantio e o restante em cobertura. Na cultura do milho tem-se observado que a absorção de N ocorre durante todo o ciclo vegetativo e, apesar das exigências nutricionais serem menores nos estádios iniciais de crescimento, pesquisas indicam que altas concentrações de N na zona radicular são benéficas para promover o rápido crescimento inicial da planta e o aumento na produtividade de grãos (SILVA et al., 2005). Em girassol, duas coberturas aos 30 e 70 dias após o plantio, determinaram os melhores resultados para produção de aquênio em condições de savana de Roraima (IVANOFF et al., 2010).

A cultura da mandioca absorve grandes quantidades de nutrientes e praticamente exporta tudo o que foi absorvido. Os nutrientes exportados devem ser repostos, para a sustentabilidade do sistema produtivo, empregando adubos e corretivos e diagnosticando a fertilidade da área a cada cultivo. Assim, pesquisas voltadas para o estabelecimento de curvas de resposta da mandioca à adubação devem ser incentivadas dada a lacuna de informações dessa natureza, sobretudo na Região Norte do Brasil.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o teor de HCN e componentes de produção da mandioca, cv Aciolina, em função da época de colheita em diferentes níveis de adubação nitrogenada, em área de primeiro ano, em condições edafoclimáticas da Savana de Boa Vista em Roraima.

2.1 Objetivos Específicos:

2.1.1 Modelar o teor de ácido cianídrico em função das épocas de colheita em diferentes níveis de adubação nitrogenada, nas diferentes partes da planta;

2.1.2 Modelar as características agronômicas em função das épocas de colheita em diferentes níveis de adubação nitrogenada;

2.1.3 Determinar a dose de máxima eficiência técnica de nitrogênio para produção de raízes tuberosas na melhor época de colheita.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos Gerais da Cultura da Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, 1766), família *Euphorbiaceae*, é originária da região amazônica fronteira com a Venezuela (CAGNON; CEREDA; PANTAROTTO, 2002). Estudos realizados pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia indicam que a planta ancestral da mandioca é natural de vegetação de galeria associada a rios, na zona de transição entre a floresta Amazônica e o Cerrado, próxima às fronteiras entre Peru e Brasil, fortalecendo a hipótese de origem da mandioca como sendo Brasileira, identificando um provável centro de domesticação da mandioca no Sudoeste da Amazônia, além de confirmar e identificar a espécie ancestral da mandioca como sendo a espécie *M. esculenta* subsp. *Flabellifolia*. (CARVALHO, 2005).

No gênero *Manihot* foram identificadas cerca de 98 espécies. A espécie, *Manihot esculenta*, ao contrário das demais espécies do gênero *Manihot*, é a única cujas raízes se tuberizam completamente, transformando-se em raízes tuberosas comestíveis, com grande acúmulo de amido, sendo tradicionalmente a única espécie cultivada nesse gênero (CARVALHO; FUKUDA, 2006).

A mandioca possui grande valor histórico, pois exerceu papel importante para as populações nativas bem como no início da colonização do Brasil, por ser considerada uma cultura de subsistência, assim como produto de valor comercial, visto ser a farinha o principal alimento consumido pelas vilas e povoados naquele período (SENA, 2010).

As raízes tuberosas possuem seu uso difundido em todas as regiões do Brasil, tanto para processamento (onde extraem a fécula, polvilho doce, polvilho azedo, etc.) quanto para consumo, cozida, frita ou na confecção dos mais variados pratos doces e salgados. Dentre os diversos subprodutos desta raiz, a fécula se destaca, sendo utilizada na confecção de produtos amiláceos para alimentação humana ou como insumos em diversos ramos industriais, tais como: alimentos embutidos, embalagens, colas, papéis, mineração, têxtil e farmacêutica (SOUZA; SOUZA; GOMES, 2006).

Embora o principal produto econômico da mandioca seja as raízes, as folhas

também possuem importante uso na alimentação animal e humana, devido ao seu valioso conteúdo nutricional e altos níveis protéicos variando de 18 a 22% em base seca (BUIRAGO, 1990). O uso da mandioca na alimentação animal tem crescido bastante, principalmente na região Nordeste, onde as raspas e a parte aérea fenada são utilizadas para suplemento em períodos de escassez de alimentos (CAVALCANTI; ARAÚJO, 2000; ARAÚJO et al., 2004). Para o pequeno agricultor, um fator importante a ser ressaltado é o aproveitamento da parte aérea das plantas de mandioca como suplemento na alimentação animal.

Na alimentação humana, o uso das folhas desidratadas juntamente com outros alimentos de valor nutricional elevado e de baixo custo compõem a multimistura, uma alternativa de fácil acesso para o enriquecimento da alimentação de populações subnutridas (SANTOS et al., 2001; HELBIG; BUCHWEITZ; GIGANTE, 2008). De acordo com Melo et al. (2007) o uso de folhas de mandioca deve-se ao seu conteúdo de proteínas, vitaminas e minerais. Na Região Norte do Brasil as folhas também são utilizadas de forma direta na preparação de alimentos típicos, como a Maniçoba. Os caules são as principais fontes de material de plantio (manivas) para novas lavouras.

Em Roraima, grande parte da produção de mandioca é destinada à fabricação de farinha (mandioca brava), de ampla aceitação local, destacando a farinha d'água ou farinha amarela, de textura grossa. Outra parte da produção é destinada ao consumo de mesa (mandioca mansa) e a extração da goma fresca (fécula).

Segundo a FAO (2012) a produção mundial de mandioca está em torno de 238,5 milhões de toneladas, sendo o maior produtor a Nigéria com 49 milhões de toneladas, seguida da Tailândia (29,15 milhões de toneladas). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de mandioca com produção de 26,1 milhões de toneladas e área plantada de 1.753.947 hectares com rendimento médio de 14.897 kg ha⁻¹ (IBGE, 2012).

Dentre as principais vantagens do cultivo de mandioca destacam-se a fácil propagação, elevada tolerância a longas estiagens, rendimentos satisfatórios mesmo em solos de baixa fertilidade, pouco exigente em insumos modernos, potencial de resistência ou de tolerância às pragas e doenças, apresenta elevado teor de amido nas raízes e boas perspectivas de mecanização do plantio à colheita, sem grandes perdas na matéria seca. Além disso, permite consórcio com inúmeras plantas alimentícias e industriais (CAGNON; CEREDA; PANTAROTTO, 2002).

Mesmo a cultura da mandioca apresentando esta série de vantagens, a produtividade encontra-se muito abaixo do potencial produtivo da espécie, principalmente devido às práticas agrícolas ineficientes e cultivares geneticamente inferiores (RIMOLDI et al., 2003).

3.2 Estrutura da Planta e Características Morfológicas da Mandioca

A mandioca é uma planta arbustiva, exsudante de látex, apresentando a característica fisiológica de sintetizar amido nas folhas armazenando-o nas raízes. É uma planta alógama e altamente heterozigota (CEBALLO; LA CRUZ, 2002).

É uma espécie monóica e protogínica, com flores masculinas encontradas na parte superior da inflorescência e flores femininas situadas na porção basal da inflorescência. A partir da polinização da flor feminina começa a formação do fruto, que é uma cápsula deiscente, trilocular, de forma ovóide a globular, requerendo de três a cinco meses para completar sua maturação (CARVALHO; FUKUDA, 2006).

Ao longo do tempo, a mandioca vem sendo propagada vegetativamente pela interferência humana, contudo manteve a reprodução sexuada ativa, promovendo a amplificação da variabilidade genética e possibilitando aos melhoristas selecionar genótipos de maior importância agrônômica (SILVA et al., 2001). Segundo Chandraratna e Nanayakkara (1948), a taxa de germinação das sementes de mandioca é baixa e desuniforme, constituindo-se no maior problema para obtenção de híbridos. As sementes embora não tenham importância na multiplicação comercial da espécie, possui grande valor para o melhoramento vegetal podendo ser utilizada no desenvolvimento de novas cultivares geneticamente superiores (CEBALLO; LA CRUZ, 2002).

As raízes desta planta possuem a capacidade de armazenar amido, razão pela qual é o órgão que possui maior valor econômico. No entanto, nem todas as raízes produzidas se convertem em órgão de armazenamento (CEBALLOS; LA CRUZ, 2002). Segundo Carvalho e Fukuda (2006) quando a planta é propagada por semente desenvolve uma raiz primária pivotante que se tuberiza e outras raízes secundárias, no entanto, quando a planta é proveniente de maniva (estaca-semente) desenvolve número variável de raízes tuberosas, variando de uma a dez raízes por planta.

O início de acumulação de amido nas raízes tuberosas é um estágio de desenvolvimento importante durante o ciclo da mandioca, pois marca o início da translocação dos fotoassimilados para o principal órgão de reserva dessa espécie, modificando a partir de então a relação fonte/dreno na planta (MATTHEWS; HUNT, 1994). SCHONS et al. (2007) verificaram que o início da acumulação de amido na mandioca variedade RS 13 ocorre quando a haste principal apresenta 21 folhas visíveis, independente da época de plantio .

O caule se constitui no principal meio de propagação assexuada da espécie. Na haste e ramificações são encontradas as cicatrizes deixadas pelas bases das folhas que são decíduas. O caule da mandioca, ao ser ferido, libera um látex branco e leitoso que, em contato com o ar, é coagulado. De acordo com Faraldo et al. (2000), dentro do gênero *Manihot*, duas espécies apresentam importância econômica, sendo a *M. glaziovii*, para a produção de látex. O comprimento da haste principal é bastante variável e depende das condições de solo, idade da planta, ocorrência de períodos de seca, ataque de pragas e doenças além da disponibilidade de nutrientes para a planta. Segundo Ceballos e La Cruz (2002) de certa forma o caule é um registro durável do desenvolvimento da planta que permite deduzir as condições de crescimento.

As folhas de mandioca são simples, constituídas de limbo foliar e pecíolo. O limbo é partido, originando lóbulos em número de três a onze, com elevada diversidade de forma, largura, bordos, cor e comprimento, permitindo a caracterização de variedades (CARVALHO; FUKUDA, 2006). As folhas são decíduas e duram de um a dois meses. De acordo com Ceballos e La Cruz (2002), o número total de folhas produzidas pela planta, sua longevidade e capacidade fotossintética são características ligadas à variedade, porém, profundamente influenciadas pelas condições ambientais. Segundo os mesmos autores os lóbulos medem entre 4 e 20 cm de comprimento e de 1 a 6 cm de largura, sendo os centrais de maior tamanho que os laterais. Já os pecíolos podem medir de 9 a 20 cm de comprimento.

3.3 Crescimento e Desenvolvimento da Mandioca

Desenvolvimento vegetal é o processo pelo qual plantas, órgãos ou células passam por vários estágios identificáveis durante seu ciclo de vida, enquanto que

crescimento vegetal é o aumento irreversível em alguma dimensão física com o tempo (MILHELM; MCMASTER, 1995). No entanto, a presença e a duração de cada fase estão na dependência dos fatores ambientais, culturais e genéticos (CASTRO; KLUNGE, 1999).

Como a mandioca é uma planta perene, ela cresce indefinidamente, alternando períodos de crescimento vegetativo, armazenamento de carboidratos nas raízes e até períodos de dormência quando em condições adversas como baixas temperaturas ou secas prolongadas (ALVES, 2006).

Conceição (1979) e Alves (2006) dividem o desenvolvimento da planta de mandioca, a partir da estaca de plantio (maniva-semente), em cinco fases:

- Fase 1 (5 a 15 dias após o plantio - DAP): Compreende o período de brotação das estacas; aos cinco dias aparecem raízes nos nós da estaca e na sua porção basal; os primeiros talos surgem seguidos das primeiras folhas a partir do décimo dia;

- Fase 2 (15 a 90 DAP): Aos 30 dias do plantio inicia-se o processo fotossintético com a expansão das folhas verdadeiras contribuindo positivamente para o crescimento da planta; novas raízes absorventes são formadas atingindo maiores profundidades no solo; definição das raízes de reserva, 60 a 90 DAP, 3 a 15 raízes fibrosas tornam-se raízes de reserva; Aos 75 DAP as raízes de reserva representam 10 a 15% da matéria seca total.

- Fase 3 (90 a 180 DAP): Fase de desenvolvimento da parte aérea (estabelecimento da copa); as folhas tem duração na planta de 60 a 120 dias; as folhas novas totalmente expandidas crescem até os quatro meses, tornando-se menores a partir dessa idade; o crescimento vegetativo mais ativo e o tamanho máximo da copa é atingido nesta fase; as raízes de reserva continuam a tuberização.

- Fase 4 (180 a 300 DAP): Fase de engrossamento das raízes de reserva devido a maior partição de fotoassimilados das folhas para as raízes; os ramos lignificam-se; maior acumulação de matéria seca nas raízes; aumenta a senescência e a taxa de queda das folhas.

- Fase 5 (300 a 360 DAP): Fase de repouso fisiológico ou dormência; nesta fase diminui a emissão foliar e aumenta a queda de folhas; a translocação de amido para as raízes é mantida; essa fase ocorre,

principalmente, onde existe variação das condições climáticas; a planta completa seu ciclo de 12 meses, o qual pode ser seguido por um novo período de crescimento vegetativo, acumulação de matéria seca nas raízes e novo período de dormência;

Em Roraima, as mandiocas para consumo "*in natura*" (macaxeiras) geralmente são colhidas com um ciclo quando apresentam melhor qualidade culinária (SCHWENGBER; SMIDERLE; MATTIONI, 2005). As mandiocas para indústria (farinha ou fécula) apresentam melhor resultado econômico com dois ciclos. Segundo Fukuda e Borges (1985) algumas cultivares chegam a dobrar sua capacidade produtiva quando a época de colheita foi ampliada de 12 para 18 meses.

O crescimento da planta pode ser estudado por meio de medidas de diferentes tipos: lineares, superficiais, peso e número de unidades estruturais (OLIVEIRA; FIORINE, 2006). Estudos sobre o crescimento das espécies de interesse agrônomo são de grande importância para a implantação ou expansão de uma cultura em uma região, pois este tipo de estudo contribui para o desenvolvimento de técnicas agrícolas que possibilitem a obtenção do máximo potencial produtivo do material genético estudado (OLIVEIRA FILHO et al., 2010).

Alguns fatores ambientais podem influenciar o crescimento e o desenvolvimento das plantas de mandioca (FAGUNDES et al., 2010). As variações de fatores ambientais, principalmente luz e temperatura, são responsáveis por mudanças nos valores dos atributos de crescimento. Entre os nutrientes, o nitrogênio é o elemento que mais influencia as características de crescimento (SANTOS, JR.; MONTEIRO; LAVRES JR., 2004).

3.4 Ácido Cianídrico

A capacidade de produzir ácido cianídrico (HCN) é um fenômeno encontrado em mais de 3.000 espécies vegetais, embora também seja encontrado em cogumelos, fungos e bactérias. Várias dessas espécies produzem quantidades suficientes de compostos cianogênicos que podem funcionar como forma de transporte de nitrogênio reduzido ou de moléculas químicas na defesa contra insetos (MCMAHOM; WHITE; SAYRE, 1995; WHITE et al., 1998).

Nas plantas, o HCN encontra-se ligado a carboidratos denominados

glicosídeos cianogênicos ou cianoglicosídeos, que são metabólitos secundários que em decorrência de clivagem enzimática liberam o íon tóxico cianeto (CN^-), sendo liberado após sua hidrólise. Os glicosídeos cianogênicos têm sido constatados em muitas famílias de plantas, entre elas: as *Rosaceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Araceae*, *Passifloraceae* e *Euphorbiceae* (AMORIM; MEDEIROS; RIET-CORREA et al., 2006).

A mandioca apresenta ocorrência natural de glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotaustralina) estando presentes em todos os tecidos da planta, com exceção das sementes (ELIAS; NAMBISAN; SUDHAKARAN, 1997). Segundo Silva et al. (2004) níveis elevados de HCN são encontrados na matéria fresca das partes da planta, como 1.140 mg kg^{-1} nos limbos foliares, 1.110 mg kg^{-1} nos pecíolos e 900 mg kg^{-1} nos caules. Nas raízes têm sido observados teores que variam de 9 a 660 mg kg^{-1} .

De acordo com Verpoorte (2000) os glicosídeos cianogênicos são metabólitos secundários, ou seja, possuem restrita ocorrência nos grupos taxonômicos, que não são necessários para uma célula (organismo) viver, mas desempenham função de interação entre a célula (organismo) com seu ambiente, assegurando a sua sobrevivência em seu ecossistema.

A ingestão de glicosídeos cianogênicos pode determinar a produção endógena de cianeto, levando ocasionalmente a danos neurológicos importantes, especialmente nos grupos em que a dieta é deficiente (SANTA'ANA; DOMENE, 2008). Segundo Vetter (2000), ainda não foi encontrado nenhuma cultivar de mandioca sem esses glicosídeos.

Os glicosídeos são capazes de gerar HCN, desde que ocorra hidrólise enzimática com a atuação da linamarase. Essa enzima possui alta especificidade por estes substratos, degradando-os e liberando o HCN, que é o principal princípio tóxico dessa planta. O conteúdo de cianeto e o uso da mandioca como alimento estão condicionados à hidrólise enzimática destes dois glicosídeos tóxicos (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Quando o tecido é dilacerado, a linamarina é hidrolizada enzimaticamente por β -glicosidase (linamarase), a qual é separada do glicosídeo no tecido intacto por ser localizada em lugares distintos da célula (WHITE et al., 1994). A clivagem produz glicose e α -hidroxinitrila. Esta, quando catalisada por uma hidroxinitril-liase, transforma-se espontaneamente em HCN e nas cetonas correspondentes, sendo este processo chamado de cianogênese (CEREDA; VILPOUX, 2003) (Figura 1).

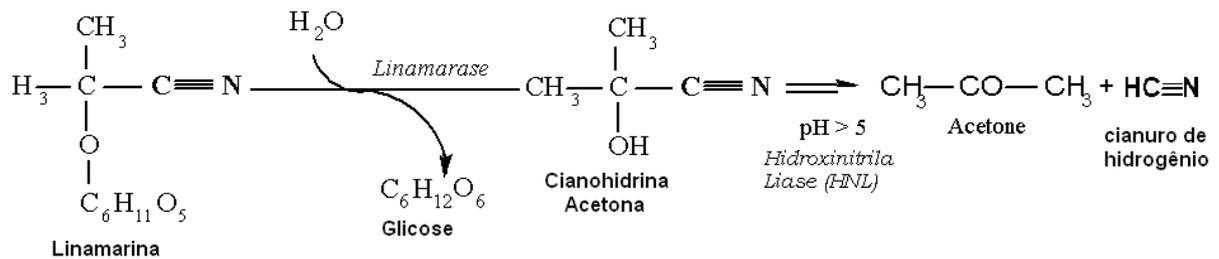


Figura 1- Processo de liberação do cianeto (Cianogênese) na mandioca

Os teores desses glicosídeos e conseqüentemente de ácido cianídrico (HCN) constituem-se em parâmetro utilizado para classificar as mandiocas em mansas (baixos teores) e bravas (teores elevados), podendo estes teores variar em função das cultivares e partes da planta, apresentando ainda alterações de acordo com o ambiente, idade da planta e até práticas culturais (LORENZI et al., 1993; SILVA et al., 2004; CARDOSO JÚNIOR et al., 2005a; MAZETTE et al., 2009; MAGALHÃES et al., 2009).

Antigamente, a separação entre cultivares de mandioca mansa (de mesa, macaxeira ou aipim) e mandioca brava (uso industrial, venenosa) era realizada pela degustação da polpa crua das raízes. Em geral, as que apresentavam sabor doce eram classificadas como mansas, já as amargas eram consideradas como mandiocas bravas. Porém, este método de avaliação mostrava-se muito subjetivo e sua correlação não era exata, tornando esta classificação de uso muito restrita (LORENZI et al., 1993). Ao longo dos anos foram surgindo diversas classificações da toxicidade cianogênica da mandioca (BOLHUIS, 1954; LORENZI, 2003). Sánchez (2004) classificou as variedades de mandioca quanto ao teor de HCN (em base úmida) na raiz, em: doces, com menos 180 mg kg^{-1} ; intermediárias, entre $180\text{-}300 \text{ mg kg}^{-1}$; e amargas com mais de 300 mg kg^{-1} de HCN.

No entanto, de fato, a diferença mais concreta entre variedades bravas e mansas encontra-se no modo de consumo. As bravas são utilizadas para produzir farinhas, extrair amido e outros produtos, sendo consumidas após algum tipo de processamento industrial, com efeito detoxificante. Variedades mansas, mais versáteis, podem ser destinadas ao processamento assim como as variedades bravas, e também consumidas após preparos mais simples como cozidas, fritas ou assadas (RAMOS, 2007).

Para utilização mais segura da mandioca como alimento, é necessário que sejam detoxificadas por meio da fragmentação e secagem do material, os quais provocam volatilização do ácido cianídrico. Outros processos como fermentação, prensagem e lavagem, e calor (acima de 180°C) também podem ser utilizados com sucesso na detoxificação da mandioca (LORENZI, 2003). Sendo solúveis em água, a maior parte dos glicosídeos capazes de gerar HCN, como a linamarina e lotaustralina, são removidos durante o processamento, entretanto, dependendo do tipo de processamento podem permanecer resíduos destes compostos tóxicos.

Há evidências de que o metabolismo do nitrogênio esteja relacionado ao teor de ácido cianídrico encontrado nas plantas de mandioca, uma vez que a síntese dos compostos cianogênicos envolve aminoácidos (SOLOMONSON; BARBER, 1990). Segundo Vetter (2000), a maior disponibilidade de nitrogênio no solo favorece a síntese de glicosídeos cianogênicos nas plantas de mandioca.

Em pesquisa realizada por Cardoso Júnior et al. (2005a) com uso de nitrogênio no solo, apenas o teor de HCN nas folhas de mandioca determinado aos 90 dias após brotação, foram influenciado pelo uso do nitrogênio, não se verificando aumento do teor nas raízes tuberosas.

3.5 Adubações na Mandioca

A cultura da mandioca é capaz de alcançar produções satisfatórias sob condições adversas de solo e clima, o que tem contribuído para o aumento de sua área plantada em solos marginalizados e inaptos para a maioria dos cultivos (SOUZA; SOUZA; GOMES, 2006). No entanto, esta cultura absorve grandes quantidades de nutrientes e praticamente exporta tudo o que foi absorvido. Em média, para uma produção de 25 toneladas de raízes por hectare são extraídos 123 kg de nitrogênio, 27 kg de fósforo, 146 kg de potássio, 46 kg de cálcio e 20 kg de magnésio; assim, a ordem decrescente de absorção de nutrientes é a seguinte: K > N > Ca > P > Mg (MATTOS; BEZERRA, 2003).

De modo geral, os solos de terra firme da Amazônia brasileira são ácidos e pobres em nutrientes, limitando o crescimento de várias espécies vegetais. Essas limitações podem ser corrigidas por meio do uso de corretivos, em geral calcários e fertilizantes químicos ou orgânicos. A calagem, além de corrigir a acidez do solo,

aumenta a disponibilidade de Ca e Mg e reduz a concentração do Al tóxico (SENA et al., 2010).

A mandioca não apresenta grandes respostas à calagem (FIDALSKI, 1999). A dosagem a aplicar tem relação com o sistema de plantio adotado, isto é, com as culturas sequenciais. A faixa de pH ideal situa-se entre 5 e 6 (LORENZI et al., 2002). Experimentos conduzidos no cerrado de Roraima utilizam a dose de 900 kg ha⁻¹ de calcário (SCHWENGBER; MOURÃO JR.; MOURA NETO, 2002). Takahashi e Gonçalo (2005) recomendam não ultrapassar a dose de 1 t ha⁻¹ de calcário.

A adubação é uma das principais tecnologias usadas para aumentar a produtividade e a rentabilidade das culturas, embora tenha alto custo e possa aumentar o risco do investimento agrícola (SEVERINO et al., 2006). É necessário atender às necessidades da planta por meio de utilização de adubos em quantidades economicamente ajustadas para o alcance de melhores índices (NGUYEN et al., 2002).

Feltran et al. (2009), ao estudar o uso de adubação sobre a produtividade de raízes de mandioca, verificaram aumento na produção com uso da adubação com N-P-K, na proporção de 4,09 kg de raízes por kg de adubo, entretanto os resultados obtidos com o uso de adubação orgânica foram melhores que os obtidos com uso de adubação química.

Fidalski (1999) estudando respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná, verificou que o uso da adubação fosfatada aumentou a produção de raízes de mandioca e os teores de P no solo após o cultivo de mandioca.

3.5.1 Nitrogênio na Mandioca

Em geral, a planta da mandioca responde bem à aplicação de adubos orgânicos (esterco, tortas, compostos, adubos verdes e outros), cujos efeitos favoráveis estão relacionados com o fornecimento de nutrientes e, certamente, com alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. No caso da aplicação de uréia ou sulfato de amônio, a aplicação deve ser em cobertura ao redor da planta, 30 a 60 dias após a brotação das manivas (MATTOS; BEZERRA, 2003).

Devido a síntese dos compostos cianogênicos envolver aminoácidos, há

evidências de que o metabolismo do nitrogênio esteja relacionado ao teor de ácido cianídrico encontrado nas plantas de mandioca (SOLOMONSON; BARBER, 1990). Plantas submetidas à adubação com elevadas doses desse nutriente podem ter aumentado o teor de HCN das raízes (COCK; ROSAS, 1975).

Segundo Vetter (2000), a temperatura e os aspectos nutricionais, principalmente variações no teor de nitrogênio, são os mais importantes fatores que atuam sobre os teores de glicosídeos cianogênicos. A produção global de metabólitos nitrogenados por uma planta (alcalóides, glicosídeos cianogênicos e glucosinolatos) geralmente é aumentada com a maior disponibilidade de nitrogênio no solo. Entretanto, como consequência do aumento da biomassa da planta, a concentração destes nos tecidos pode diminuir. Além disso, existem evidências de que não é somente a disponibilidade de nitrogênio que influencia o metabolismo secundário, mas sim a quantidade deste que é incorporada aos tecidos da planta (WISDOM, 1983; WATERMAN; MOLE, 1989; HÖFT et al., 1996).

Kang e Okeke (1984) estudando as respostas de potássio e nitrogênio sobre duas variedades de mandioca na Nigéria observaram que a adubação nitrogenada provocou o desenvolvimento da planta, aumentando o teor do nutriente encontrado nas folhas e reduzindo a massa das raízes.

Cardoso Júnior et al. (2005b) avaliando efeito do nitrogênio nas características agrônômicas da mandioca, concluíram que o nitrogênio influenciou o maior desenvolvimento da altura da planta e massa total da parte aérea, produtividade de raízes tuberosas, porcentagem de matéria seca e de amido em raízes tuberosas e rendimento de farinha. Contrariamente, Fidalski (1999) concluiu que a adubação nitrogenada não proporcionou aumentos na produção de raízes de mandioca.

No estudo realizado por Souza et al. (2009) sobre efeito de doses e fontes de nitrogênio na produção de massa seca da cultura da mandioca, os resultados indicaram que a cultura responde diferencialmente a aplicação de uréia, sulfato de amônio e nitrocálcio em termos de produção e partição da biomassa total na fase inicial de crescimento, porém as diferenças tenderam a se diluírem em estágios mais avançados de crescimento da cultura, independentemente do nível de aplicação do adubo nitrogenado.

Para Cruz, Pelacani e Araújo (2006), as plantas de mandioca quando cultivadas tendo apenas o NO_3^- ou NH_4^+ como única fonte nitrogenada, apresentavam os menores valores de massa seca total, sendo o NH_4^+ mais

prejudicial do que o NO_3^- . Nesse aspecto, a cultura da mandioca cresce melhor quando ocorre, no meio de cultivo, uma mistura das duas fontes nitrogenadas, principalmente nas proporções de 9:3 e 6:6 mol m^{-3} de NO_3^- : NH_4^+ .

Já em casos de deficiência deste nutriente, os principais sintomas observados são crescimento reduzido da planta; em algumas cultivares ocorre amarelecimento uniforme e generalizado das folhas, iniciando nas folhas inferiores e atingindo toda a planta (MATTOS; BEZERRA, 2003).

4. ARTIGO A - ÁCIDO CIANÍDRICO NA MANDIOCA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA E CINCO NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

4.1 RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca, cultivar Aciolina, em função da época de colheita, em cinco níveis de adubação nitrogenada. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo alocadas as doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 150 e 330 kg ha⁻¹) na parcela e nas subparcelas as sete épocas de colheita (90, 120, 150, 180, 240, 300 e 360 dias após a emergência). Foi avaliado teor de ácido cianídrico na folha, caule, polpa da raiz e córtex da raiz. As doses de nitrogênio em cobertura, entre 217 e 241 kg ha⁻¹, proporcionaram os maiores teores de ácido cianídrico, entre 332 e 401 mg kg⁻¹ de massa fresca nas partes da planta. O tempo de cultivo reduziu linearmente o teor de ácido cianídrico nas partes da planta, independentemente da dose de nitrogênio. O córtex da raiz acumulou o maior teor de ácido cianídrico, enquanto a polpa da raiz o menor teor, podendo-se classificar esta cultivar, denominada no Estado de Roraima como Aciolina, em mandioca mansa para colheita aos 360 dias após a emergência.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*; Macaxeira; Fertilidade do solo; Glicosídeos cianogênicos; Linamarina; Lotaustralina.

ARTICLE A - HYDROCYANIC ACID IN CASSAVA AT DIFFERENT HARVEST TIMES AND FIVE LEVELS OF NITROGEN FERTILIZATION

4.2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate hydrocyanic acid content of bitter cassava at harvest time in different levels of nitrogen. The experimental design was in blocks at random in a scheme of split plots, with four replications. The plots were allocated five levels of nitrogen (0, 30, 60, 150 and 330 kg ha⁻¹) and the subplots of the seven harvest times (90, 120, 150, 180, 240, 300 and 360 days after emergence). The content of hydrocyanic acid was evaluated on the leaf, on the stalk, in the pulp of the root and in the skin of the root. The levels of nitrogen between 217 and 241 kg ha⁻¹ provided the highest contents of hydrocyanic acid, between 332 and 401 mg kg⁻¹ of fresh mass in the parts of the plant studied. The Cultivation time linearly reduced the hydrocyanic acid content in the parts of the plant, regardless of the levels of nitrogen. The skin of the root accumulated the greatest level of hydrocyanic acid, while the root pulp accumulated the smallest level, being able to classify the cultivar Aciolina as sweet cassava for cropping at 360 days after emergence.

Key-words: *Manihot esculenta*; Cassava; Soil fertility; Cyanogenic glycosides; Linamarin; Lotaustralin.

4.3 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, 1766), família *Euphorbiaceae*, é o cultivo de raiz tuberosa mais importante das regiões tropicais e subtropicais do mundo para uso na alimentação humana (CENÓZ; BURGOS; LÓPEZ, 2007), animal e no processamento industrial, resultando em uma infinidade de produtos (CIAT, 2004). A produção mundial de mandioca está em torno de 238,5 milhões de toneladas, sendo o maior produtor a Nigéria com 49 milhões de toneladas, seguida da Tailândia (29,15 milhões de toneladas) (FAO, 2012). No Brasil, é cultivada em todas as regiões, sendo plantada em 1.753.947 hectares e rendimento médio de 14.897 kg ha⁻¹ (IBGE, 2012). Em Roraima, a mandioca é uma das culturas mais tradicionais, cultivada em 5.800 ha, predominantemente por pequenos produtores, envolvendo monocultivo e consórcio com feijão-caupi (ALVES et al., 2009), obtendo rendimento médio de 13,3 t ha⁻¹ (IBGE, 2012). A produção regional se destina a fabricação da farinha (mandioca brava), ao consumo de mesa (mandioca mansa) e à extração artesanal da goma fresca (fécula) (ALVES et al., 2009).

Apesar de ser importante fonte de alimento para as regiões tropicais, a mandioca tem sido relativamente pouco estudada. Nesse sentido, é necessário aumentar as pesquisas sobre esta cultura, para que se possa melhor compreender as alterações fisiológicas, bioquímicas e produtivas ao longo do seu crescimento e desenvolvimento (ALBUQUERQUE et al., 2012).

Embora possua grande versatilidade de uso, esta raiz tuberosa apresenta a ocorrência natural de glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotaustralina). A ingestão desses glicosídeos pode determinar a produção endógena de cianeto. O consumo regular e frequente de cianógenos determina a ocorrência de bócio (SIRITUNGA; SAYRE, 2004) e em casos mais graves, de um tipo de neuropatia conhecida como Konzo, que pode levar a óbito (SREEJA et al., 2003). Quando o tecido da planta de mandioca é dilacerado, a linamarina é hidrolizada enzimaticamente por β -glicosidase (linamarase), a qual é separada do glicosídeo no tecido intacto, por ser localizada em lugares distintos da célula (WHITE et al., 1994). A clivagem produz glicose e α -hidroxinitrila. Esta última, quando catalisada por uma hidroxinitril-liase, transforma-se espontaneamente em ácido cianídrico (HCN) e nas cetonas correspondentes, sendo este processo chamado de cianogênese (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Níveis elevados de HCN são encontrados na matéria fresca das partes da planta, como 1.140 mg kg⁻¹ nos limbos foliares, 1.110 mg kg⁻¹ nos pecíolos e 900 mg kg⁻¹ nos caules. Nas raízes os teores variam de 9 a 660 mg kg⁻¹ de raiz (SILVA et al., 2004; VALLE et al. 2004). Nos produtos processados, como nas farinhas branca e d'água (farinha amarela ou farinha puba), o teor de HCN não ultrapassa a 6 mg kg⁻¹ (CHISTÉ et al., 2010), enquanto que na farinha da folha são encontrados teores entre 123,8 e 350,2 mg kg⁻¹ (WOBETO et al., 2004).

As faixas de teores destes glicosídeos e, conseqüentemente, de HCN são empregadas para classificar as mandiocas em mansas (baixos teores), bravas (teores elevados) e intermediárias, podendo estes teores variar em função das cultivares e partes da planta, apresentando ainda alterações de acordo com o ambiente, idade da planta e até práticas culturais (LORENZI et al., 1993; SILVA et al., 2004, VALLE et al., 2004; CARDOSO JÚNIOR et al., 2005a; CHISTÉ et al., 2005; MAZETTE et al., 2009). Sánchez (2004) estabeleceu uma classificação para variedades de mandioca quanto ao teor de HCN na raiz: variedades com teores abaixo de 180 mg kg⁻¹ de HCN (em base úmida) classificam-se como variedades doces ou mansas, as que possuem entre 180-300 mg kg⁻¹ classificam-se como intermediárias e as que apresentam teor de HCN maior que 300 mg kg⁻¹ são consideradas variedades amargas ou bravas.

A síntese destes compostos envolve aminoácidos, logo há evidências de que o metabolismo do nitrogênio esteja relacionado ao teor de ácido cianídrico encontrado nas plantas de mandioca (SOLOMONSON; BARBER, 1990). De acordo com Mattos e Bezerra (2003) este nutriente é o segundo elemento requerido em maior quantidade pela cultura da mandioca. Segundo Vetter (2000), a maior disponibilidade de nitrogênio no solo favorece a síntese de glicosídeos cianogênicos nas plantas de mandioca.

Mediante o exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o teor de HCN na folha, caule, polpa da raiz e córtex da raiz de plantas de mandioca da cultivar Aciolina em função da época de colheita, em cinco níveis de adubação nitrogenada.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o período de outubro de 2010 a outubro de 2011, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias/Universidade Federal de Roraima – CCA/UFRR, no município de Boa Vista, Estado de Roraima – Brasil (Latitude de 2° 52' 20,7" N, Longitude 60° 42' 44,2" W, altitude média de 90 m), com irrigação complementar, por aspersão, no período de outubro de 2010 a abril de 2011. Os dados climáticos obtidos durante o período da realização do experimento, referentes à precipitação pluvial, temperatura média e umidade relativa do ar estão apresentados na Figura 1 (INMET, 2012).

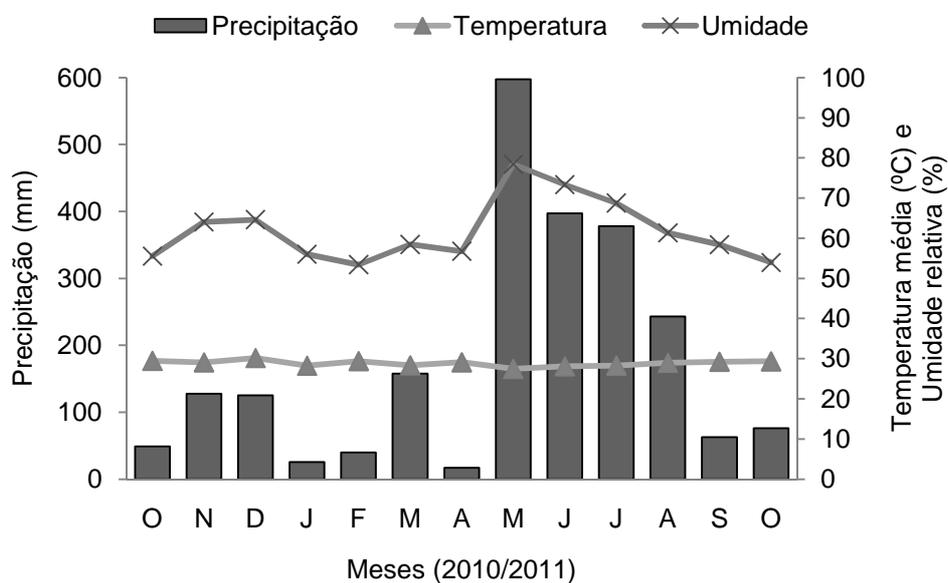


Figura 1. Médias mensais de precipitação pluvial, temperatura média do ar e umidade relativa do ar, no período de outubro de 2010 a outubro de 2011. Boa Vista, Roraima, 2012. Fonte: INMET (2012).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrocoeso típico (PA_{dx}), de textura Franco-Argilo-Arenosa e relevo suave ondulado. Estes solos são profundos, bem drenados, com sinais de erosão laminar, ausência de pedregosidade e rochosidade, com vegetação dominante do tipo savana parque (BENEDETTI et al., 2011). Esta área constitui-se de uma área de primeiro ano (abertura). A análise de solo para caracterização química e física das amostras do solo da área estudada foi realizada no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa - UFV, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, antes da instalação do experimento

Camadas	pH H ₂ O	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	CTCef	T	V	m	MO
		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³						%		g kg ⁻¹
0-20	5,16	0,9	67	0,89	0,13	0,21	1	1,19	1,4	2,19	54,3	15	6,7
20-40	5,06	0,5	70	0,24	0,03	0,51	1,2	0,45	0,96	1,65	27,3	53,1	4,0
Camada	Areia grossa		Areia fina		Silte		Argila		Classe textural				
	g kg ⁻¹												
0-20	410		300		70		220		Franco- Argilo- Arenosa				
20-40	360		290		90		260		Franco- Argilo- Arenosa				

P e K - extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al - extrator KCl 1 mol L⁻¹; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹; Matéria orgânica do solo (MO) - Walkley-Black.

A cultivar de mandioca utilizada, pertencente ao Banco de Germoplasma de Mandioca do Departamento de Fitotecnia do CCA/UFRR, foi a Aciolina, sendo a mais plantada no Estado de Roraima, apresentando o melhor conjunto de características desejáveis como fácil destaque da película e do córtex da raiz e cor da polpa crua branca, podendo ser utilizada tanto para o consumo *in natura* quanto para a indústria, justificando o seu intenso cultivo e comercialização (ALVES et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011).

Na fase de preparo do solo, realizou-se calagem e adubação de correção com base na recomendação geral da Embrapa Roraima, sendo distribuídos 1.000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico a lanço, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de N, sendo utilizado o formulado 2-24-12 (N-P-K), aplicados 30 dias antes do plantio sobre a vegetação natural.

Para o controle da vegetação local adotou-se capinas manuais com auxílio de enxada durante a condução do experimento, levando em consideração o período crítico de prevenção a interferência (30 a 75 dias após a emergência - DAE) (ALBUQUERQUE et al., 2008).

O plantio foi feito em fileiras simples, obedecendo ao espaçamento de 0,8 x 0,8 m, totalizando 15.625 plantas por hectare. A parcela experimental foi constituída por nove fileiras simples de mandioca com 6,4 metros de comprimento contendo 11 plantas (perfazendo um total de 99 plantas por parcela), em que os 4,8 metros no meio das fileiras centrais correspondem à área útil (23,04 m²).

Foram utilizadas manivas medindo 20 cm, colocadas na posição horizontal em covas abertas manualmente, por meio de enxada, numa profundidade de 20 cm, aproximadamente. No plantio, as covas receberam uma complementação de calcário dolomítico (500 kg ha^{-1}), 20 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Superfosfato simples), 10 kg ha^{-1} de K_2O (Cloreto de potássio) e 50 kg ha^{-1} de FTE BR-12.

O experimento foi instalado obedecendo ao delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições em parcelas subdivididas, sendo alocadas as cinco doses de nitrogênio em cobertura (fonte a uréia) na parcela e sete épocas de avaliação do teor de HCN, em dias após a emergência (DAE), na subparcela. As doses de N em cobertura ($0, 30, 60, 150$ e 330 kg ha^{-1}) foram aplicadas a lanço, sendo cada dose subdividida em duas aplicações, aos 30 e 60 DAE. As épocas de avaliação foram: 90, 120, 150, 180, 240, 300 e 360 DAE.

As colheitas foram realizadas de forma manual, retirando-se uma amostra de três plantas inteiras da área útil por subparcela. Avaliou-se o teor de HCN presente nas folhas (terceira folha expandida após o ponteiro), caule (10 cm acima da cepa), polpa da raiz e córtex da raiz (extremidade da raiz). Para a sua determinação utilizou-se metodologia estabelecida por Egan, Yeoh e Bradbury (1998).

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância e de regressão, utilizando-se o “software” SISVAR sendo selecionado o melhor modelo para expressar o comportamento das doses de adubação nitrogenada e das épocas de colheita sobre as características avaliadas. A escolha do modelo selecionado para cada variável foi selecionado em função da significância dos coeficientes dos parâmetros e nos valores do R^2 (ALVAREZ; ALVAREZ, 2006). Nas significâncias das análises de variância e de regressão foi considerada a probabilidade de 5% pelo teste F. O teste “t” foi utilizado para testar os coeficientes da regressão no mesmo nível de probabilidade.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância a interação entre os fatores doses de adubação nitrogenada e épocas de colheita (DAE) não foi significativa para nenhuma das variáveis estudadas. Diante disso, passou-se a estudar o desdobramento da interação. O teor de HCN nas diferentes partes da planta foi

afetado pela época de colheita dentro de cada dose. Mas, o teor de HCN não foi afetado pelas doses de N dentro do tempo, sendo analisado o seu efeito simples.

O efeito das doses de N no teor de HCN nas diferentes partes da planta foi melhor descrito por um modelo quadrático (Tabela 2). A dose de N que determinou o máximo teor de HCN (DMT) foi calculada com base na derivada primeira da equação de regressão, igualando-se à zero. Doses de N em cobertura entre 219 e 241 kg ha⁻¹ determinaram os máximos acúmulos de HCN nas partes das plantas estudadas, com valores entre 332 e 401 mg kg⁻¹ de massa fresca.

Tabela 2. Equações do teor de HCN na folha de mandioca cv. Aciolina, em função do teor de N em cobertura para folha (F), caule (C), polpa da raiz (R) e córtex da raiz (CR), coeficiente de determinação, dose de N em cobertura para o máximo teor de HCN (DMT), teor de HCN na DMT, incremento (INC) de HCN na DMT e eficiência (EF) de acúmulo de HCN na DMT

Variáveis	Equações	R ²	DMT kg ha ⁻¹	HCN (mg kg)	INC ^{1/} (mg kg)	EF ^{2/} (%)
HCN _F	$\hat{Y}=250,93+0,856^{**}X - 0,00195^{**}X^2$	0,99	219	345	94,1	37,5
HCN _C	$\hat{Y}=284,09+0,759^{**}X - 0,00166^{**}X^2$	0,95	229	371	87,0	30,6
HCN _R	$\hat{Y}=194,44+1,140^{**}X - 0,00236^{**}X^2$	0,95	241	332	137,6	70,7
HCN _{CR}	$\hat{Y}=325,59+0,695^{**}X - 0,00160^{**}X^2$	0,89	217	401	75,4	23,2

^{1/}Incremento de HCN (mg kg⁻¹) = variável na DMT – variável na dose 0 kg ha⁻¹ de N em cobertura; ^{2/}Eficiência (%) = {[Variável na dose de máximo teor de HCN x 100]/(variável na dose 0 kg ha⁻¹ de N em cobertura)}-100}

O córtex da raiz apresentou o maior acúmulo de HCN (401 mg kg⁻¹), enquanto a polpa da raiz o menor (332 mg kg⁻¹) em função das doses crescentes de N. No entanto, a polpa da raiz apresentou maior eficiência em produzir HCN pela adição do N, elevando o seu teor em 70,7% na DMT (Tabela 2). Para cada kg de N aplicado em cobertura foi produzido 0,56; 0,42; 0,38 e 0,34 mg kg⁻¹ de HCN, na polpa da raiz, folha, caule e córtex da raiz, respectivamente. Esses resultados indicam que a síntese dos glicosídeos cianogênicos varia entre as diferentes partes da plantas, sendo a polpa da raiz a parte que mais converte N em glicosídeos, enquanto o córtex da raiz a que mais concentra. As folhas e caules, devido a mobilização para

as raízes, são as partes que menos acumulam glicosídeos (JOSEPH; YEOH; LOH, 2001).

Os resultados obtidos são corroborados por Cardoso Júnior et al. (2005b) que verificaram efeito da fertilização com nitrogênio sobre o teor de HCN nas folhas a partir dos 90 dias após o início da brotação das manivas.

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5 são apresentados o teor de HCN em função do tempo, nas doses de N estudadas, em folhas, caules, polpa da raiz e córtex da raiz da mandioca, cultivar Aciolina. O teor de HCN decresceu linearmente em função do tempo, independentemente da dose de N e da parte da planta.

Aos 90 DAE as folhas apresentaram elevada toxicidade, com teor de HCN superior a 410 mg kg⁻¹ de matéria fresca (Figura 2). O menor teor de HCN foi alcançado na última época de colheita (360 DAE), não ultrapassando a 150 mg kg⁻¹ de folhas frescas, independentemente da dose de N, sendo considerado de baixa toxicidade quando comparados aos limites propostos por Sánchez (2004) para raízes.

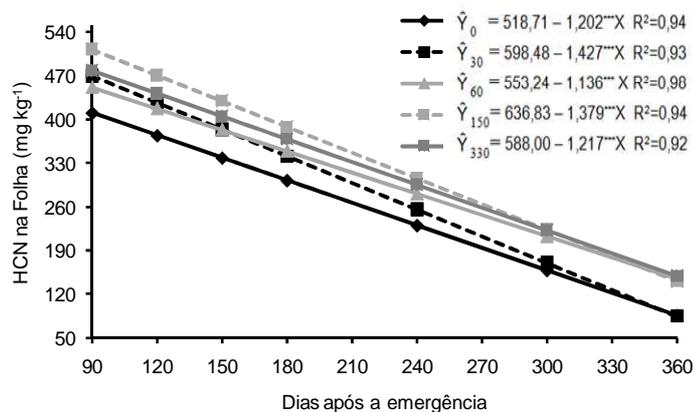


Figura 2 - Teor de HCN na folha de plantas de mandioca cv Aciolina em função das épocas de colheita, nas doses de N.

No caule, aos 90 DAE os teores de HCN variaram de 395 a 481 mg kg⁻¹, nas doses estudadas (Figura 3). Na colheita, aos 360 DAE, o teor de HCN no caule foi superior ao encontrado na folha, atingindo valor máximo de 187 mg kg⁻¹ na dose de 150 kg ha⁻¹ de N, sendo recomendado a utilização de folhas e caules mais maduros na ração, por apresentar menor toxicidade. Os resultados obtidos encontram-se abaixo dos encontrados por Silva et al. (2004) que encontraram teores de até 900 mg kg⁻¹ no caule de plantas de mandioca.

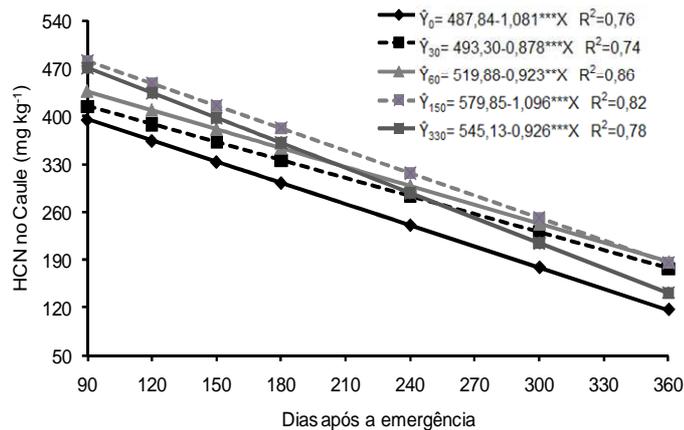


Figura 3 - Teor de HCN no caule de plantas de mandioca cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N.

Na polpa da raiz o teor de HCN variou entre 233,5 a 449,6 mg kg⁻¹ de matéria fresca (Figura 4). A dose 330 kg ha⁻¹ de N determinou a maior concentração de HCN aos 90 DAE. Na colheita os teores de HCN foram reduzidos em até 78,4% do teor inicial, sendo a dose de 150 kg ha⁻¹ de N a responsável pela maior concentração de HCN na polpa da raiz. Esse teor de N deve contribuir para o balanço nutricional da planta, favorecendo os seus processos fisiológicos. Barbosa et al. (2007), caracterizando cultivares de mandioca em Roraima, encontraram valores acima de 150 mg kg⁻¹ de HCN no córtex da raiz da cultivar Aciolina, no entanto encontraram teores de HCN abaixo de 85 mg kg⁻¹ na polpa da raiz fresca, classificando esta cultivar como sendo intermediário quanto ao teor de HCN na raiz.

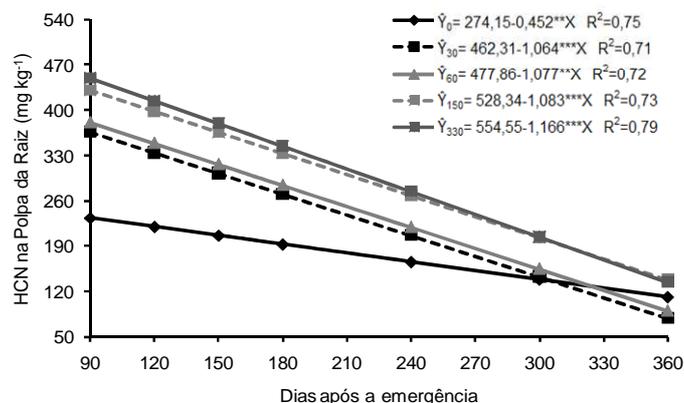


Figura 4 - Teor de HCN na polpa da raiz em plantas de mandioca cv Aciolina em função das épocas de colheita, nas doses de N.

Aos 360 DAE, independentemente da dose de N, a polpa da raiz apresentou teor de HCN inferior a 180 mg kg^{-1} (Figura 4), portanto sendo classificada como mandioca mansa pela classificação de Sánchez (2004). Diferentemente de Oliveira (2011), que utilizando também os limites de Sánchez (2004), classificou a cultivar Aciolina em mandioca de toxicidade intermediária, quando colhida aos oito meses. Logo, a classificação da mandioca em mansa ou brava deve levar em conta a época da colheita da raiz. Quanto mais tardia a colheita das raízes menor será a sua toxicidade.

O córtex da raiz foi a parte da planta que mais concentrou HCN, com valores entre $403,9$ e $531,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de matéria fresca aos 90 DAE e entre $192,6$ e $200,5 \text{ mg kg}^{-1}$ de matéria fresca na última época da colheita (Figura 5). Diferentemente de Silva et al. (2004), que avaliando a toxicidade cianogênica em partes de planta de cultivares de mandioca, verificaram que 69% das cultivares avaliadas apresentaram a folhagem com maior potencial tóxico. A eficiência da produção de glicosídeos cianogênicos e do seu transporte das folhas para as raízes é provavelmente uma característica varietal devido a índices diferentes de biossíntese e degradação (JOSEPH; YEOH; LOH, 2001).

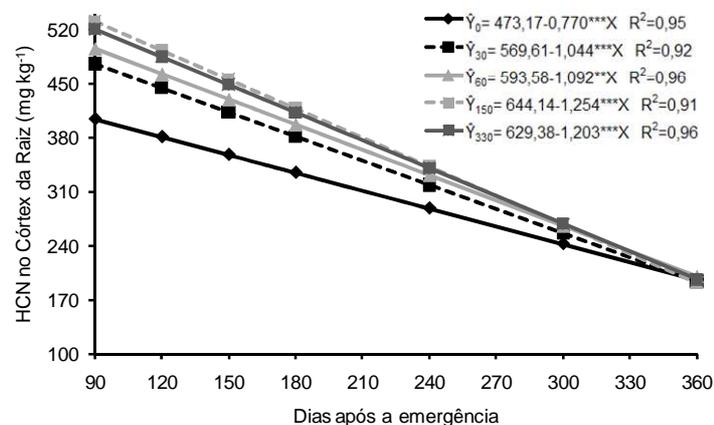


Figura 5 – Teor de HCN no córtex da raiz de plantas de mandioca cv Aciolina em função das épocas de colheita, nas doses de N.

Sabendo-se dos inúmeros fatores que podem levar a variações no conteúdo de metabólitos secundários, fica clara a necessidade de estudos visando detectar as condições e épocas para cultivo e/ou coleta que conduzam a uma matéria-prima vegetal com concentrações desejáveis de princípios ativos (GOBBO NETO; LOPES, 2007).

4.6 CONCLUSÕES

1. O teor de HCN nas plantas de mandioca da cultivar Aciolina apresenta comportamento quadrático em função das doses de nitrogênio em cobertura, os maiores teores são alcançados com doses de N entre 217 e 241 kg ha⁻¹;

2. O teor de HCN diminui linearmente com as épocas de colheita, independentemente da dose de N;

3. O teor de HCN varia entre as partes da planta, sendo as maiores concentrações encontradas no córtex da raiz.

5. ARTIGO B – COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA MANDIOCA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITAS E CINCO NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

5.1 RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo avaliar os componentes de produção da mandioca em função de sete épocas de colheitas em diferentes níveis de adubação nitrogenada, em área de primeiro ano, na savana de Boa Vista em Roraima. O plantio foi feito em fileiras simples, com espaçamento de 0,8 x 0,8 m, obedecendo ao delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições em parcelas subdivididas, sendo alocadas as cinco doses da adubação nitrogenada em cobertura na parcela (0, 30, 60, 150 e 330 kg ha⁻¹ de N, fonte a uréia, e sete épocas de colheita, na subparcela (90, 120, 150, 180, 240, 300 e 360 dias após a emergência). Os componentes de produção da mandioca altura da planta, produtividade de parte aérea, número de raízes tuberosas, número de raízes comerciais, comprimento de raiz, diâmetro de raiz, produtividade de raiz e produtividade de amido apresentaram comportamento linear em função do avanço das épocas de colheita. A maior produtividade de raiz, 61.678,0 kg ha⁻¹, foi obtida com a dose de 225,8 kg ha⁻¹ de N obtida aos 300 dias após emergência, sendo recomendado, portanto, a colheita nessa data quando o objetivo do plantio for o mercado de raízes para consumo *in natura*. O maior índice de colheita foi de 80,9% obtido aos 300 dias após a emergência. A maior produtividade de amido, 12.124,90 kg ha⁻¹, foi alcançada aos 360 dias após a emergência na dose de 330 kg ha⁻¹ de N.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*; Macaxeira; Fertilidade do solo; Produtividade.

ARTICLE B - PRODUCTION COMPONENTS OF CASSAVA IN HARVEST TIMES IN FIVE DIFFERENT RATES OF NITROGEN FERTILIZATION

5.2 ABSTRACT

This research aimed to evaluate the components of cassava production in seven seasons of crops in different rates of nitrogen in area of the first year, in the savannah of Boa Vista, Roraima. The planting was done in single rows, spaced 0.8 x 0.8 m, following the randomized complete block design with four replications in split plots being allocated five doses nitrogen topdressing in the plot (0, 30, 60, 150 and 330 kg ha⁻¹ N, urea form) and seven harvest seasons as subplots (90, 120, 150, 180, 240, 300 and 360 days after emergence). The yield components of cassava plant height, yield of shoots, number of roots, number of commercial roots, root length, root diameter, root yield and productivity of starch linearly depending on the progress of the seasons harvest. The highest yield of root, 61678.0 kg ha⁻¹ was obtained with 225.8 kg N ha⁻¹ obtained at 300 DAE, is recommended, therefore, the crop on that date when the goal is the planting roots market for fresh consumption. The highest harvest index was 80.9% obtained at 300 days after emergence. The highest yield of starch, 12124.90 kg ha⁻¹, was reached at 360 days after emergence in a dose of 330 kg ha⁻¹ N.

Key-words: *Manihot esculenta*; Sweet cassava; Soil fertility; Productivity.

5.3 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, 1766), *Euphorbiaceae* originária da região amazônica fronteira com a Venezuela (CAGNON; CEREDA; PANTAROTTO, 2002), é considerada um produto hortícola amplamente consumido em todo o Brasil (AGUIAR et al., 2011), sendo cultivada em 1.753.947 hectares, com produção anual de 26.127.874 toneladas e rendimento médio de 14.897 kg ha⁻¹. Em Roraima, é cultivada em 5.800 ha com produção de 77.192 toneladas, concentrando-se entre pequenos e médios produtores, obtendo rendimento médio de 13,3 t ha⁻¹ (IBGE, 2012).

A mandioca é cultivada em todas as regiões brasileiras, em razão de sua ampla adaptação às diferentes condições edafoclimáticas e ao seu potencial de produção. No Estado de Roraima, a cultura da mandioca é cultivada pela maioria dos pequenos agricultores, que a utiliza, quase que exclusivamente, para o consumo familiar (ALBUQUERQUE et al., 2009). Em Roraima, as mandiocas para consumo *in natura* (macaxeiras) geralmente são colhidas com um ciclo, quando apresentam melhor qualidade culinária (SCHWENGBER; SMIDERLE; MATTIONI, 2005) sendo as raízes utilizadas na confecção dos mais variados pratos doces e salgados. Outra forma de utilização das raízes é através do processamento em farinhas ou na extração da fécula, polvilho doce, polvilho azedo. Dentre os diversos subprodutos desta raiz, a fécula se destaca, sendo utilizada na confecção de produtos amiláceos para alimentação humana ou como insumos em diversos ramos industriais, tais como: alimentos embutidos, embalagens, colas, papéis, mineração, têxtil e farmacêutica (SOUZA; SOUZA; GOMES, 2006).

A capacidade que a mandioca tem de se desenvolver e produzir relativamente bem em solos de baixa fertilidade, talvez seja a sua principal característica. Em solos pobres de nutrientes, a planta reduz seu tamanho, permitindo assim maior eficiência na utilização dos elementos nutritivos (LORENZI et al., 2002). Para Takahashi e Gonçalo (2005), a diferença da cultura da mandioca em relação a outras no que diz respeito à extração de nutrientes do solo é a sua eficiência em produzir mesmo em áreas já esgotadas. Este fato tem contribuído para o aumento da área plantada em solos marginalizados e inaptos para a maioria dos cultivos (SOUZA; SOUZA; GOMES, 2006). No entanto, em consequência, a produtividade encontra-se muito abaixo do potencial produtivo da espécie, acentuado devido às práticas agrícolas

ineficientes e cultivares geneticamente inferiores (RIMOLDI et al., 2003).

A adubação é uma das principais tecnologias usadas para aumentar a produtividade e a rentabilidade das culturas, embora tenha alto custo e possa aumentar o risco do investimento agrícola (SEVERINO et al., 2006). Segundo Carvalho et al. (2007) apenas 10% dos produtores utilizam adubação baseada em análise de solos no cultivo de mandioca em municípios do Sudoeste da Bahia.

Esta cultura absorve grandes quantidades de nutrientes e praticamente exporta tudo o que foi absorvido. Dentre os nutrientes essenciais, o nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido na cultura da mandioca. Em média, para uma produção de 25 toneladas de raízes por hectare são extraídos 123 kg de nitrogênio (MATTOS; BEZERRA, 2003).

Sendo a mandioca uma cultura de alto consumo de nitrogênio e em geral cultivada em solos com baixos teores de matéria orgânica, era de se esperar acentuadas respostas às adubações nitrogenadas (CARVALHO et al., 2007). Resultados de pesquisa mostram que os incrementos de produção devido a este elemento são pequenos e pouco frequentes (GOMES, 1987). Cardoso Júnior (2005b), em experimento realizado em Vitória da Conquista - BA, concluiu que o nitrogênio aplicado no solo influenciou o desenvolvimento da parte aérea da mandioca, porém não influenciou a produtividade de raízes tuberosas.

De modo geral, os solos de terra firme da Amazônia brasileira são ácidos e pobres em nutrientes, limitando o crescimento de várias espécies vegetais cultivadas. Embora seja considerada uma cultura tolerante às condições de baixa fertilidade, é necessário atender às necessidades da planta por meio de utilização de adubos em quantidades economicamente ajustadas (NGUYEN et al., 2002). Logo, pesquisas voltadas para o estabelecimento de curvas de resposta da mandioca a adubação, de forma a garantir a sustentabilidade do sistema produtivo devem ser incentivadas dada a lacuna de informações dessa natureza, sobretudo na Região Norte do Brasil.

Desta forma, esta pesquisa teve por objetivo avaliar os componentes de produção da mandioca em função de sete épocas de colheitas em diferentes níveis de adubação nitrogenada, em área de primeiro ano, na savana de Boa Vista em Roraima.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido de outubro de 2010 a outubro de 2011, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias/Universidade Federal de Roraima – CCA/UFRR, no município de Boa Vista, Estado de Roraima – Brasil (Latitude de 2° 52' 20,7" N, Longitude 60° 42' 44,2" W, altitude média de 90 m), com irrigação complementar, por macroaspersão, no período de outubro de 2010 a abril de 2011. Os dados climáticos registrados no período experimental encontram-se na figura 1 (INMET, 2012).

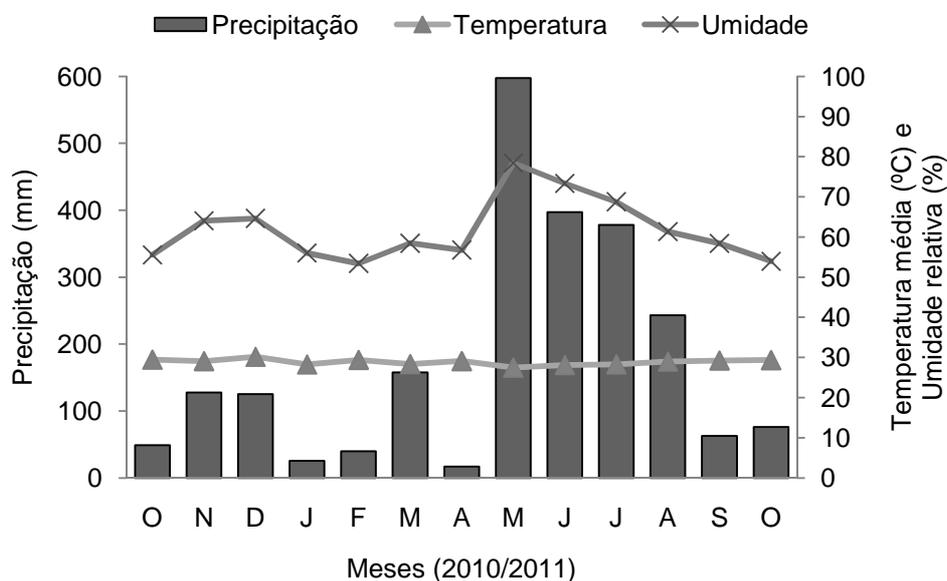


Figura 1 - Médias mensais de precipitação pluvial, temperatura média do ar e umidade relativa do ar, no período de outubro de 2010 a outubro de 2011. Boa Vista, Roraima, 2012. Fonte: INMET (2012).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrocoeso típico (PA_{dx}), de textura franco-argilo-arenosa e relevo suave ondulado. Estes solos são profundos, bem drenados, com sinais de erosão laminar, ausência de pedregosidade e rochiosidade, com vegetação dominante do tipo savana parque (BENEDETTI et al., 2011). Esta área constitui-se de uma área de primeiro ano (abertura). A análise de solo para caracterização química da área foi realizada no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, antes da instalação do experimento

Camadas	pH H ₂ O	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	CTCef	T	V	m	MO	
		__mg dm ⁻³ __			_____cmol _c dm ⁻³ _____							_____%____ g kg ⁻¹		
0-20	5,16	0,9	67	0,89	0,13	0,21	1	1,19	1,4	2,19	54,3	15	6,7	
20-40	5,06	0,5	70	0,24	0,03	0,51	1,2	0,45	0,96	1,65	27,3	53,1	4,0	
		Areia grossa		Areia fina		Silte		Argila						
Camada		_____g kg ⁻¹ _____								Classe textural				
0-20		410		300		70		220			Franco- Argilo- Arenosa			
20-40		360		290		90		260			Franco- Argilo- Arenosa			

P e K - extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al - extrator KCl 1 mol L⁻¹; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹; Matéria orgânica do solo (MO) - Walkley-Black.

A cultivar de mandioca utilizada, pertencente ao Banco de Germoplasma de Mandioca do Departamento de Fitotecnia do CCA/UFRR, foi a Aciolina, sendo a mais plantada no Estado de Roraima por apresentar o melhor conjunto de características desejáveis, tanto para o consumo in natura quanto para a indústria, justificando o seu intenso cultivo e comercialização (ALVES et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011).

Na fase de preparo do solo foi realizada calagem e adubação de correção com base na recomendação geral da Embrapa Roraima, sendo distribuídos 1.000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico a lanço, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de N, sendo utilizado o formulado 2-24-12 (N-P-K), aplicados 30 dias antes do plantio.

O plantio foi feito em fileiras simples, obedecendo ao espaçamento de 0,8 x 0,8 m, totalizando 15.625 plantas por hectare. A parcela experimental foi constituída por nove fileiras simples de mandioca com 6,4 metros de comprimento contendo 11 plantas (perfazendo um total de 99 plantas por parcela), em que os 4,8 metros no meio das fileiras centrais correspondem à área útil (23,04 m²).

Foram utilizadas manivas medindo 20 cm, colocadas na posição horizontal em covas abertas manualmente, por meio de enxada, numa profundidade de 20 cm, aproximadamente. No plantio, as covas foram adubadas e calcariadas sendo distribuídos 20 kg ha⁻¹ P₂O₅, 10 kg ha⁻¹ de K₂O, 500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico e 50 kg ha⁻¹ de FTE BR-12.

Para o controle da vegetação local adotou-se capinas manuais com enxada anterior a data do plantio e também durante a condução do experimento, levando

em consideração o período crítico de proteção a interferência, de 25 a 75 dias, segundo Albuquerque et al. (2008).

O experimento foi instalado obedecendo ao delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições em parcelas subdivididas, sendo alocadas as cinco doses de Nitrogênio em cobertura na parcela e sete épocas de colheita, em dias após a emergência (DAE), na subparcela.

As doses de N em cobertura foram aplicadas a lanço, fracionadas em duas aplicações, aos 30 e 60 DAE, sendo 0, 30, 60, 150 e 330 kg ha⁻¹ de N (fonte a uréia). As épocas de colheita foram: 90, 120, 150, 180, 240, 300 e 360 DAE de 50% das plantas.

As colheitas foram realizadas de forma manual, retirando-se três plantas inteiras da área útil por subparcela. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta medida em centímetros da inserção com a cepa até a extremidade do ponteiro; produtividade de parte aérea (kg ha⁻¹), estimada pela obtenção da massa fresca da parte aérea; número de raízes tuberosas - unidades de raízes tuberosas colhidas por planta; número de raízes comercializáveis - unidades de raízes tuberosas com diâmetro igual ou superior a 5,0 cm; comprimento da maior raiz, medida em centímetros do comprimento entre a extremidade basal e terminal de raízes tuberosas; diâmetro da raiz (cm) - obtido por meio do paquímetro; produtividade de raiz (kg ha⁻¹), estimada pela obtenção da massa fresca das raízes tuberosas; índice de colheita (IC), relação expressa em %, entre a massa das raízes tuberosas e a massa total da planta (IC %)= [(Massa de raízes)/(Massa de raízes + massa da parte aérea)]x100; e a produtividade de amido (kg ha⁻¹) foi estimada por meio da seguinte fórmula: PAM= [(Produtividade de raízes x Teor de amido)]/100.

O teor de amido foi determinado pelo método da balança hidrostática (GROSMANN; FREITAS, 1950). Avaliou-se o teor de amido das raízes a partir de 240 DAE.

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância e de regressão, utilizando-se o “software” SISVAR sendo selecionado o melhor modelo para expressar o comportamento das doses de cobertura do N sobre as características avaliadas. A escolha do modelo selecionado para cada variável foi em função da significância dos coeficientes dos parâmetros e nos valores do R² (ALVAREZ V.; ALVAREZ, 2006). Nas significâncias das análises de variância e de regressão foi considerado o nível de probabilidade de 5% pelo teste F. Quando

houve significância na interação realizou-se o desdobramento da mesma, submetendo ambos os fatores (doses de adubação nitrogenada e épocas de colheita) ao estudo de regressão a 5% de probabilidade pelo teste F. O teste “t” foi utilizado para testar os coeficientes da regressão no mesmo nível de probabilidade.

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância, observou-se que a interação entre as doses de N e épocas de colheita foi significativa para as variáveis: altura da planta, produtividade da parte aérea, raízes comerciais, produtividade de raízes tuberosas e índice de colheita. Para as demais variáveis estudou-se o efeito simples dos fatores. O modelo linear foi o que melhor descreveu as variáveis estudadas em função das épocas de colheita nas diferentes doses de N estudadas.

Na Figura 2 observa-se que as plantas de mandioca apresentaram crescimento em altura a uma taxa que variou de 0,32 a 0,43 cm dia⁻¹, entre 90 e 360 dias. Entre os níveis de N em cobertura houve incrementos na altura das plantas de 85,8 a 116,6 cm (Tabela 2). A dose de 150 kg ha⁻¹ de N determinou o maior crescimento, 233 cm, em relação à avaliação aos 90 DAE, tendo a planta obtido um crescimento diário de 0,43 cm. A cobertura de 330 kg ha⁻¹ de N reduziu a taxa de crescimento da planta, embora tenha determinado plantas mais altas aos 360 DAE.

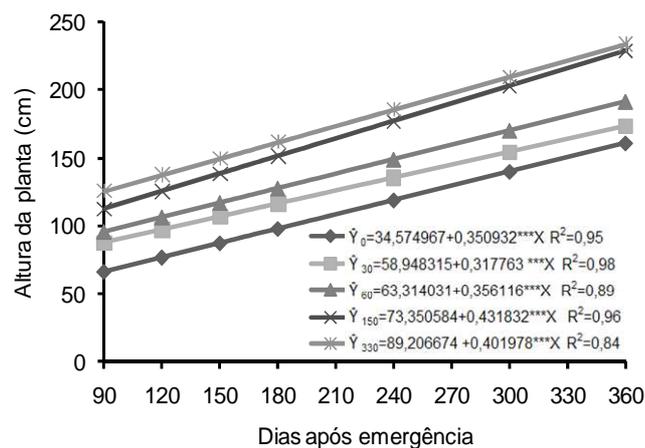


Figura 2 – Altura de plantas de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.

A ausência de cobertura e o uso de 30 kg ha⁻¹ de N não proporcionaram ganhos significativos na produtividade de massa fresca da parte aérea nas épocas de avaliação (Figura 3). No entanto, a produtividade de matéria fresca média com cobertura de 30 kg ha⁻¹ de N foi superior ao tratamento sem cobertura. Coberturas de N superiores a 60 kg ha⁻¹ de N determinaram taxa de incremento entre 13,4 a 48,1 kg dia⁻¹ (Tabela 2).

O uso de doses de N em cobertura proporcionou uma eficiência na produtividade da parte aérea de 42,3 a 114,1%, com um incremento de produtividade de até 12.989,7 kg ha⁻¹ entre 90 e 360 dias. Entre as doses, observa-se que aos 360 DAE a maior cobertura de N elevou a produção da parte aérea em 21.977,6 kg ha⁻¹ em relação ao tratamento sem cobertura. A cobertura com 150 kg ha⁻¹ de N resultou em maior eficiência em produtividade (114,1%), entre 90 e 360 DAE.

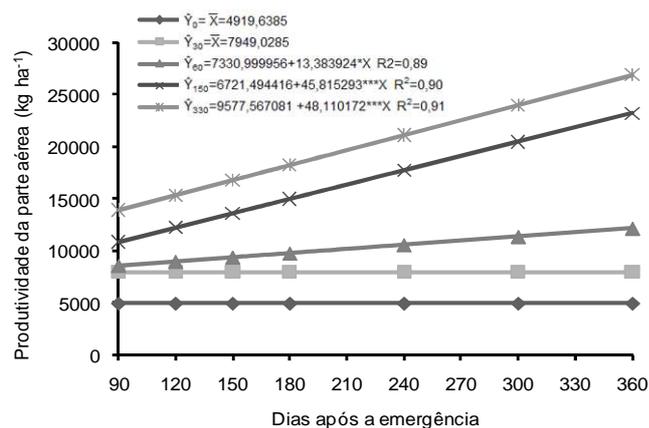


Figura 3 – Produtividade da parte aérea de plantas de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.

Tabela 2 - Valores estimados de altura da planta, produtividade da parte aérea, número de raízes tuberosas por planta, número de raízes comercial por planta, diâmetro da raiz e produtividade da raiz de plantas de mandiocas, cv Aciolina, aos 90 e 360 DAE, incrementos, eficiência (%) e taxa de incrementos nas doses de N estudadas

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Altura da Planta (cm)					Produtividade da Parte Aérea (kg ha ⁻¹)				
	90	360	INC ^{1/}	EF ^{2/}	TI ^{3/}	90	360	INC ^{1/}	EF ^{2/}	TI ^{3/}
0	66,16	160,91	94,8	143,2	0,35	4.919,6	4.919,6	0	0	0
30	87,55	173,34	85,8	97,6	0,32	7.949,0	7.949,0	0	0	0
60	95,37	191,52	96,2	100,8	0,36	8.535,5	12.149,2	3.613,7	42,3	13,4
150	112,22	228,81	116,6	193,9	0,43	10.844,9	23.215,0	12.370,1	114,1	45,8
330	125,39	233,92	108,5	86,6	0,40	13.907,5	26.897,2	12.989,7	93,4	48,1
	N ^o de raízes tuberosas planta ⁻¹					N ^o de raízes comercial planta ⁻¹				
	90	360	INC ^{1/}	EF ^{2/}	TI ^{3/}	90	360	INC ^{1/}	EF ^{2/}	TI ^{3/}
0	3,95	7,98	4,03	102	0,015	0,52	0,52	0	0	0
30	4,14	8,20	4,06	98	0,015	0,41	1,01	0,60	146	0,005
60	4,84	8,38	3,54	73	0,013	0,53	1,36	0,83	156	0,007
150	5,07	8,52	3,45	68	0,013	0,65	2,06	1,41	216	0,012
330	5,54	8,37	2,43	51	0,010	0,77	2,93	2,16	280	0,018
	Diâmetro da Raiz (cm)					Produtividade de Raiz (kg ha ⁻¹)				
	90	360	INC ^{1/}	EF ^{2/}	TI ^{3/}	90	360	INC ^{1/}	EF ^{2/}	TI ^{3/}
0	2,10	4,78	2,68	128	0,0099	4.917	20.324	15.407	313	57,06
30	2,51	4,88	2,37	94	0,0088	7.555	32.507	24.952	330	92,42
60	2,69	5,19	2,50	93	0,0092	9.512	40.239	30.727	420	113,80
150	2,71	5,39	2,68	98	0,0099	9.906	62.417	52.511	530	194,48
330	2,80	5,70	2,90	103	0,0110	9.536	55.547	46.011	482	170,41

^{1/}Incremento = variável aos 360 DAE – variável aos 90 DAE, com sua respectiva unidade;

^{2/}Eficiência (%) = {[Variável aos 360 DAE x 100]/(variável aos 90 DAE)}-100};

^{3/}Taxa de incrementos por dia = Coeficiente angular do modelo, com sua respectiva unidade.

A adição de N em cobertura determinou elevado crescimento das plantas em altura e conseqüentemente em produtividade de parte aérea. Semelhantemente, Cardoso Júnior et al. (2005b) verificaram efeito linear de dose de nitrogênio para produção de parte aérea de plantas de mandioca. Oliveira et al. (2010) observaram o mesmo efeito em função das épocas de colheita, encontrando maiores valores de massa de parte aérea na colheita realizada aos 480 dias após plantio.

Na Figura 4 observa-se incremento do número de raízes tuberosas entre 90 e 360 DAE, variando de 2,43 a 4,06 raízes, dependendo da dose de N em cobertura. Contrariamente, Alves (2006) afirma que a definição das raízes de reserva ocorre dos 60 aos 90 dias após o plantio, onde de 3 a 15 raízes fibrosas tornam-se raízes de reserva. Segundo Lorenzi (2003), o número de raízes tuberosas é definido principalmente nos primeiros 120 dias após o plantio. Após esse período, verifica-se o crescimento contínuo dessas raízes pelo acúmulo de carboidratos. O aumento nas doses de N coberturas reduziu a eficiência na formação de raízes tuberosas, sobretudo na dose de 330 kg ha⁻¹ (Tabela 2). Sem cobertura de N as plantas produziram maior número de raízes tuberosas por planta entre 90 e 360 dias em relação aos 90 dias iniciais.

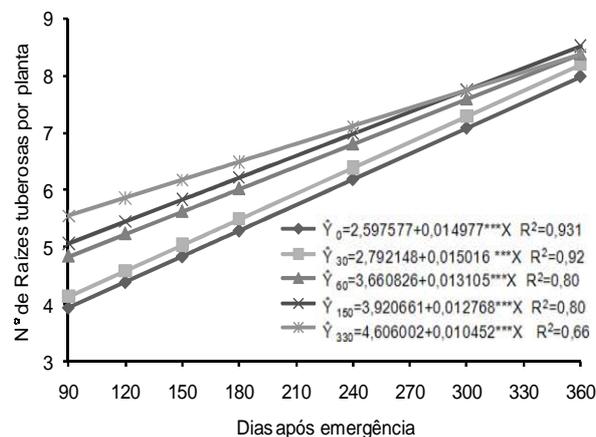


Figura 4 - Número de raízes tuberosas por plantas de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.

O número de raízes comerciais por planta aumentou no período estudado (Figura 5). A ausência de cobertura de N limitou a formação de raízes com qualidade comercial após 240 DAE. Aos 360 DAE o maior número de raízes comerciais, 2,93 raízes por planta, foi obtido com a utilização de 330 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Tabela 2). Alves et al. (2008) avaliando dois clones de mandioca, sendo um deles a Aciolina em duas épocas de colheita, encontrou média de 4 e 5,6 raízes comerciais por planta aos 7 e 13 meses de cultivo, respectivamente. O número inferior de raízes comerciais em relação ao obtido por Alves et al. (2008) pode ser explicado em razão da baixa fertilidade da área, recém incorporada aos sistema de produção. Embora o solo tenha sido corrigido, o baixo teor de matéria orgânica e a baixa CTC do

Latossolo Amarelo não favoreceram a formação de uma reserva de nutrientes em uma faixa ótima para o desenvolvimento da cultura, durante todo ciclo. Esse aspecto deve ter influenciado no resultado final na qualidade da raiz.

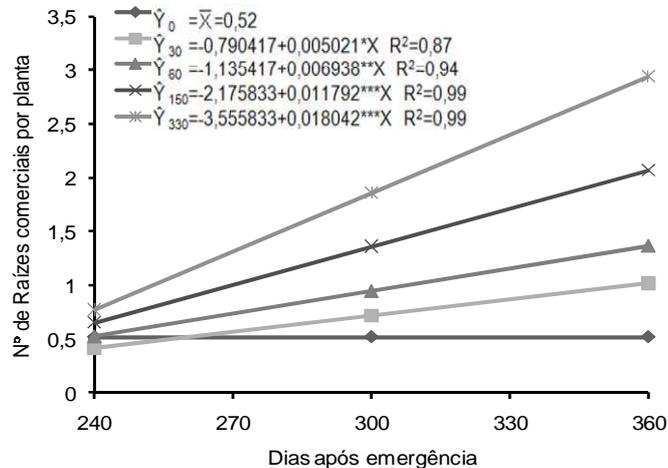


Figura 5 – Número de raízes tuberosas comerciais por plantas de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.

As raízes apresentaram uma taxa média de incrementos em comprimento de 0,05 cm por dia entre 90 e 360 DAE, independente da dose de N (Figura 6a). O maior comprimento alcançado foi de 71,8 cm aos 360 DAE em relação a 57,7 cm aos 90 DAE, tendo uma eficiência de 24,4%. O elevado comprimento das raízes pode ser um indicador da baixa qualidade física do solo, que apresenta densidade elevada dificultando o aumento em diâmetro da raiz. Segundo Benedetti et al. (2011), a distribuição do sistema radicular das plantas nativas, nesse solo, é mais superficial, verificando-se um desenvolvimento lateral das raízes médias e grossas dos caimbés (*Curatella americana*), provavelmente associada ao nível de coesão entre os horizontes AB e BA.

O diâmetro das raízes apresentou baixo incremento entre 90 e 360 DAE, variando de 2,37 a 2,90 cm nas diferentes doses de N (Figura 6b, Tabela 2). As coberturas de N favoreceram aumentos significativos no diâmetro de até 0,92 cm, mas inferior ao obtido por Alves et al. (2008) que obtiveram para esta cultivar, raízes com comprimento máximo de 44,7 cm, aos treze meses de cultivo, e diâmetro de 7,4 cm. Albuquerque et al. (2009) avaliaram características agrônômicas de 10 clones de mandioca em duas épocas de colheitas (7 e 13 meses), aos 7 meses houve

diferença significativa para a característica diâmetro de raízes, variando de 3,30 a 4,20 cm e 3,70 a 5,07 cm para as respectivas épocas de colheita.

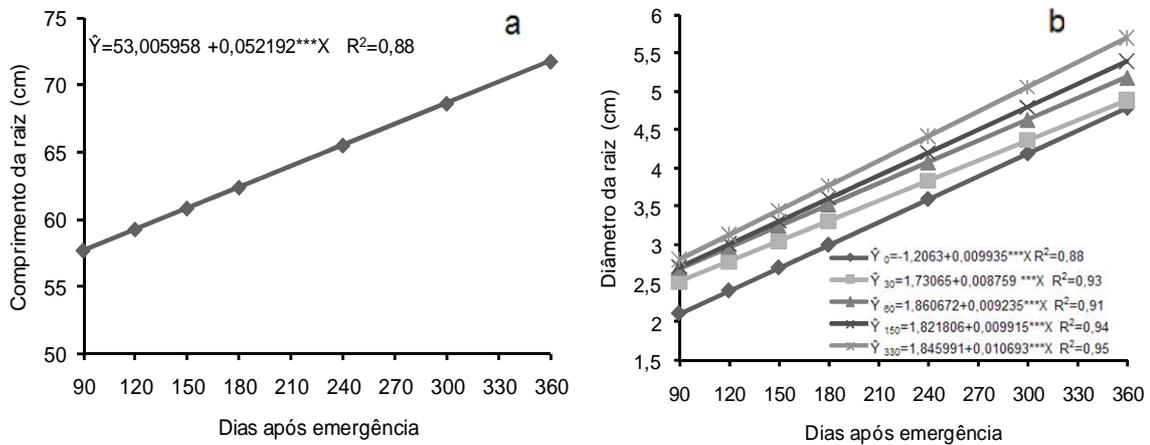


Figura 6 – Comprimento (a) e diâmetro (b) de raiz tuberosa de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.

Na Figura 7 é apresentada a produção de raízes tuberosas em função das épocas de colheitas. O maior ganho em produtividade da cv Aciolina se deu entre 90 e 360 DAE, variando de 313 a 530% em relação ao período inicial de desenvolvimento, até 90 DAE (Tabela 2). A taxa de produtividade variou de 57,06 a 194,49 kg por dia.

Os incrementos em produtividade em função das épocas de colheita dentro de cada dose demonstram a claramente a importância da disponibilidade do N em cultivos de mandioca. O uso de cobertura de 150 kg ha⁻¹ determinou um incremento de 52.511 kg ha⁻¹ entre 90 e 360 dias de cultivo. Mesmo na ausência de cobertura, o N empregado no plantio foi determinante para se alcançar produtividade de raízes tuberosas superior a média estadual de 13.309 kg ha⁻¹ (IBGE, 2012).

Considerando que o efeito da época de colheita na produtividade tenha sido modelado por uma função linear, a manutenção da cultura no campo deve levar em consideração o destino desse produto. Em se tratando de cultivos de mandioca de mesa, as colheitas são realizadas mais cedo com um ciclo vegetativo, 6 a 14 meses após o plantio por apresentarem suas raízes menos fibrosas e com melhores qualidades culinárias e sensoriais quando comparadas à colheitas realizadas com dois ciclos para serem processadas em farinhas ou féculas. O ciclo longo retarda o retorno financeiro e deixa a cultura exposta a maiores riscos (AGUIAR et al., 2011). Normalmente, a mandioca pode ser colhida em larga faixa de tempo, variando de 6

a 24 meses, dependendo de cultivar, região, tipos de uso, tratos dispensados e demanda de mercado (ALBUQUERQUE et al., 2009).

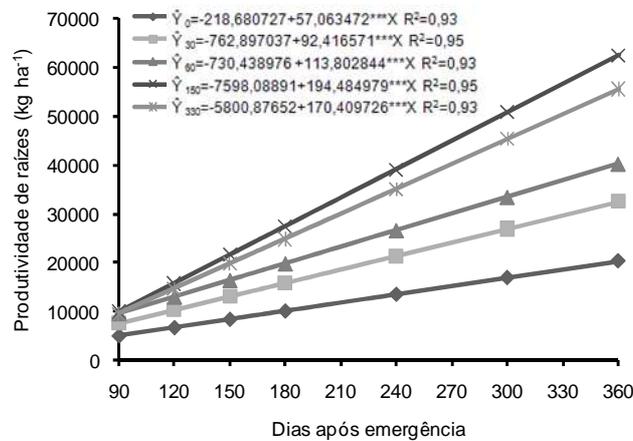


Figura 7 – Produtividade de raízes mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.

Alves et al. (2008), estudando a cv Aciolina, verificaram que a colheita aos sete meses rendeu produtividade de raízes frescas de 27.728,0 kg ha⁻¹, enquanto que aos 13 meses a produtividade foi de 50.459,4 kg ha⁻¹, superiores ao rendimento médio do Estado de Roraima. Albuquerque et al. (2009), realizando a caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca cultivadas em Roraima, obteve produtividade média de raiz três vezes superior a média obtida no Estado.

Durante o ciclo de desenvolvimento, a planta de mandioca possui concomitantemente dois principais drenos de fotoassimilados: as raízes tuberosas que são os principais órgãos de armazenamento, e a parte aérea, que consome grande parte dos açúcares produzidos na fotossíntese para o desenvolvimento das folhas e dos caules (WILLIAMS, 1972; ALVES, 2002; LORENZI, 2003).

Nota-se que, tanto a produtividade da parte aérea quanto a de raízes tuberosas aumentaram linearmente em função do aumento das épocas de colheita (Figura 7). O aumento da produtividade da parte aérea não causou decréscimo no rendimento de raízes tuberosas, embora poucas raízes apresentaram qualidade comercial. Esses resultados demonstram que a produção de parte aérea interfere positivamente na produção de raízes de mandioca. Conforme Viana et al. (2001) pouco crescimento da parte aérea contribui para a diminuição do tecido fotossintético prejudicando a produção de carboidratos para as raízes. Resultado

semelhante para o efeito do nitrogênio na produtividade de parte aérea e de raiz de mandioca foram verificados por Cardoso Júnior et al. (2005b).

No desdobramento de doses de N dentro das épocas de avaliação para a produtividade de raízes tuberosas foram selecionados modelos quadráticos (Tabela 3). A derivada primeira das funções, nas diferentes épocas de colheitas, determinou a dose de máxima eficiência técnica de N em cobertura (DME) que variou de 218,5 a 225,8 kg ha⁻¹ de N.

A adubação de N em cobertura só proporcionou efeito significativo na produtividade das raízes, a partir dos 150 DAE. Acredita-se que até essa data a planta estava mobilizando o N para a formação da parte aérea em detrimento da formação das raízes. A maior produtividade, 61.678,0 kg ha⁻¹, foi obtida com a dose de 225,8 kg ha⁻¹ de N obtida aos 300 DAE, sendo recomendado, portanto, a colheita nessa data onde a raiz apresenta excelente qualidade sensorial.

Tabela 3 – Produtividade de raízes tuberosas em função de doses de N em cobertura, nas diferentes épocas de colheitas

Equação	R ²	DMT ¹	Produtividade
		kg ha ⁻¹	
$\hat{Y}_{90} = \bar{X} = 6.228,13$	-	-	-
$\hat{Y}_{120} = \bar{X} = 10.008,59$	-	-	-
$\hat{Y}_{150} = 10.152,51 + 157,380^{**}X - 0,3505^{**}X^2$	0,97	224,5	27.818,0
$\hat{Y}_{180} = 12.699,96 + 173,071^{***}X - 0,3936^{**}X^2$	0,97	219,9	31.724,5
$\hat{Y}_{240} = 13.024,77 + 247,581^{***}X - 0,5575^{***}X^2$	0,97	222,1	40.512,3
$\hat{Y}_{300} = 16.729,38 + 398,181^{***}X - 0,8818^{***}X^2$	0,99	225,8	61.678,0
$\hat{Y}_{360} = 19.536,56 + 375,234^{***}X - 0,8587^{***}X^2$	0,98	218,5	60.530,4

¹ DMT=Dose de máxima eficiência técnica

O índice de colheita em função das épocas de colheita foi melhor modelado por uma função quadrática (Tabela 4), diferenciando-se das demais variáveis. Esse comportamento pode ser resultado da vulnerabilidade que esse índice apresenta, uma vez que se pode obter elevado IC em um plantio pela redução da parte aérea e não pelo aumento da massa de raiz.

Tabela 4 – Índice de colheita (%) em função das épocas de colheitas (DAE) nas diferentes doses de N em cobertura

Equações	R ²	IC			EME ²
		90	360	Máximo ¹	
$\hat{Y}_0 = 10,98 + 0,347^{**} X - 0,00074^{**} X^2$	0,73	36,2	40,5	51,9	234,5
$\hat{Y}_{30} = 25,86 + 0,316^{**} X - 0,00072^{**} X^2$	0,70	48,5	47,0	60,8	219,4
$\hat{Y}_{60} = 32,60 + 0,256^{**} X - 0,00051^{**} X^2$	0,84	51,6	59,2	65,0	251,0
$\hat{Y}_{150} = 20,81 + 0,409^{***} X - 0,00077^{**} X^2$	0,90	51,4	68,8	75,4	265,6
$\hat{Y}_{330} = -0,84 + 0,551^{***} X - 0,00107^{***} X^2$	0,88	41,8	60,9	70,3	258,2

¹Máximo – Índice de colheita(%) na época da máxima eficiência

²EME – Época de máxima eficiência em DAE

Independentemente da época de colheita, os níveis de N proporcionaram aumentos no IC já aos 90 dias, nessa época o IC máximo foi observado nos tratamentos que receberam cobertura de 60 e 150 kg ha² de N (51,6 e 51,4%, respectivamente). A ausência de cobertura determinou o pior IC independente do nível de N nas épocas de colheitas. Ao término do ciclo (360 DAE) verificou-se que a dose de 150 kg ha⁻¹ de N determinou o melhor IC (68,8%), dentro das épocas avaliadas (Tabela 4).

A derivada primeira das funções, nas diferentes doses de N, determinou a época da máxima colheita (EMC) que variou de 221,1 a 267,1 DAE. Dentro das doses observa-se que o maior índice de colheita, 75,4%, foi obtido ao empregar 150 kg ha⁻¹ de N em cobertura aos 265,6 DAE.

Considerando que a produtividade de raízes e da parte aérea apresentaram crescimento linear ao longo do período estudado, os incrementos decrescente no IC em função do tempo, observados em modelos quadráticos, podem ser explicados pela maior taxa de produtividade da raízes em decorrência do início do período chuvoso a partir dos 240 DAE (Figura 1).

Viana et al. (2001) encontraram comportamento quadrático análogo para esta característica, concluindo que a variação do índice de colheita foi mais influenciada pela produtividade de raízes tuberosas do que pelo peso da parte aérea. Silva et al. (2002) também relataram que maiores índices de colheita estão relacionados com elevadas produções de raízes.

Após a fase inicial de estabelecimento, a planta continua a produzir novos ramos e folhas, dirigindo o excesso de carboidratos produzidos nas folhas para as raízes de reserva. Este modelo de crescimento simultâneo das folhas, caule e raízes conduz a um índice de área foliar ótimo para a produção de raízes, podendo levar a índices de colheita da ordem de 80% (EL-SHARKAWY; COCK; PORTO, 1989).

No desdobramento das doses de N dentro das épocas de avaliação (Tabela 5), o índice de colheita em função das doses de N foi descrito pelo modelo quadrático. A derivada primeira das funções, nas diferentes épocas de colheitas, determinou a dose de máxima eficiência técnica de cobertura do N (DME) que variou de 167,42 a 220,40 kg ha⁻¹ de N. O maior índice de colheita (80,9%) foi obtido aos 300 DAE.

Tabela 5 – Índice de colheita em função de doses de N em cobertura nas diferentes épocas de colheitas

Equações	R ²	DMT ¹ kg ha ⁻¹	Índice de colheita (%)
$\hat{Y}_{90}=37,98+0,174^{***}X-0,00048^{***}X^2$	0,71	181,25	53,6
$\hat{Y}_{120}=43,78+0,221^{***}X-0,00066^{***}X^2$	0,90	167,42	62,4
$\hat{Y}_{150}=52,74+0,164^{**}X-0,00038^{**}X^2$	0,87	215,79	70,3
$\hat{Y}_{180}=56,29+0,130^{*}X-0,00031^{*}X^2$	0,77	209,68	75,8
$\hat{Y}_{240}=50,51+0,239^{***}X-0,000563^{**}X^2$	0,96	213,39	75,8
$\hat{Y}_{300}=43,81+0,336^{***}X-0,00076^{***}X^2$	0,98	220,40	80,9
$\hat{Y}_{360}=43,75+0,269^{***}X-0,00066^{***}X^2$	0,95	203,79	71,1

¹ DMT=Dose de máxima eficiência técnica

Os resultados obtidos demonstraram a possibilidade de obtenção de altos IC com tempo inferior a um ano. Colheitas precoces proporcionam ainda, menor teor de fibras, menor tempo de cozimento e melhor qualidade sensorial das raízes produzidas (LORENZI, 1994; CEREDA, 2005).

O estudo de produtividade de amido em função das épocas de colheita foi descrito por modelo linear (Figura 8). A maior produtividade de amido, 12.124,90 kg ha⁻¹, foi alcançada aos 360 DAE na dose de 330 kg ha⁻¹ de N. Segundo Alves (2006) a maior partição de fotoassimilados das folhas para as raízes ocorrem no período de 180 a 300 dias após o plantio, mantendo a translocação de amido até os 360 dias após o plantio.

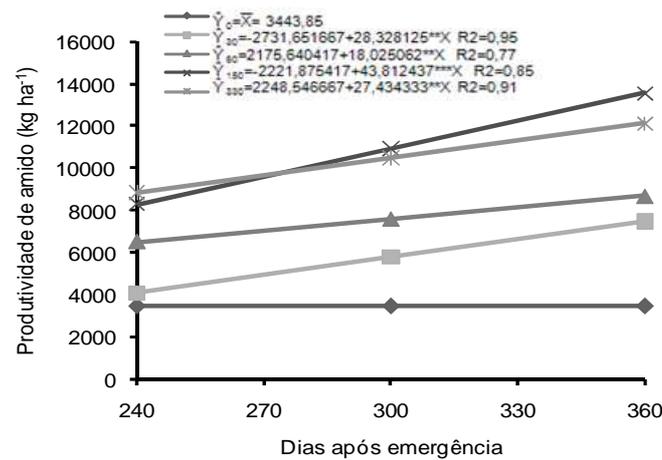


Figura 8 – Produtividade de amido de mandioca, cv Aciolina, em função das épocas de colheita, nas doses de N estudadas.

No desdobramento de doses de N dentro de cada época de avaliação, para teor de amido (Tabela 6), foram escolhidos modelos quadráticos na demonstração dos efeitos, no entanto a primeira época de colheita (240 DAE) comportou-se de forma linear. A maior produtividade de amido obtida foi de 13.845,89 kg ha⁻¹ com o uso da dose 225 kg ha⁻¹ de N (DMT) aos 360 DAE. Souza et al. (2010) encontraram produtividades de 5.180 kg ha⁻¹ aos 9 meses após o plantio, praticamente triplicando quando colhidas aos 18 meses após o plantio em cultivo irrigado durante todo o ciclo da cultura.

Mendonça, Moura e Cunha (2003) avaliaram genótipos de mandioca no estado do Acre e concluíram que o teor de amido varia em razão dos genótipos e épocas de colheita. Os teores de matéria 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. Vários estudos sobre o potencial de produção de amido foram desenvolvidos com a cultura da mandioca no Brasil, observando-se uma ampla diversidade genética da espécie para este fator, variando de 5% a 43% (ABAM, 2005).

Tabela 6 – Teor de amido em função de doses de N em cobertura nas diferentes épocas de colheitas

Equações	R ²	DMT ¹ kg ha ⁻¹	Produtividade de amido (kg ha ⁻¹)
$\hat{Y}_{240}=3.855,15+16,6092^{***} X$	0,76	-	-
$\hat{Y}_{300}=3.592,52+87,459^{***} X-0,1966^{***} X^2$	0,99	222,4	13.319,11
$\hat{Y}_{360}=4.489,20+82,909^{***} X-0,1837^{***} X^2$	0,99	225,7	13.845,89

¹ DMT=Dose de máxima eficiência técnica

Cardoso Júnior et al. (2005b) encontraram baixos incrementos de amido com o uso de N, mostrando que provavelmente, não existe vantagem econômica da aplicação de nitrogênio visando obter maiores teores amido. No entanto indiretamente, consegue-se maiores teores de amido por meio do aumento de produtividade de raízes.

Conforme os dados observados na Tabela 6, o incremento em amidos aos 300 DAE foi de 9.726,59 kg ha⁻¹, aproximadamente de 271% em relação ao tratamento sem cobertura de N. Esses dados revelam que para cada kg de N investido na lavoura há ganho de 43,7 kg de amido. Portanto, esses resultados são discordantes dos dados obtidos por Cardoso Júnior et al. (2005b) para as condições do estudo.

No trabalho realizado por Oliveira et al. (2010) a produtividade de amido foi descrita por função linear com o tempo de permanência da cultura em campo, possibilitando a flexibilização da época de colheita, permitindo ao produtor avaliar a relação custo/benefício entre a duração do ciclo da cultura e a produtividade de amido. Para as condições desse estudo ficou claro que a retirada da cultura aos 300 ou 360 DAE não vai proporcionar ganhos relevantes na produtividade de amido.

O índice produtividade de amido, embora pouco explorado em estudos acadêmicos, torna-se de grande utilidade para tomadas de decisões objetivas, em grande escala de produção, principalmente quando o foco é a otimização da produção de amido (SOUZA et al., 2010).

Considerando o IC para definir a data da colheita, observa-se que a colheita aos 300 DAE e empregando uma dose de 225,7 kg ha⁻¹ de N, tem-se elevada produtividade de raízes e teor de amido e a vantagem de antecipar o ciclo em dois meses. Esses resultados para data da colheita é superior a observada por Alves et al. (2008) que concluiu que a cv Aciolina podia ser colhida aos sete meses após o

plântio, tanto para o consumo *in natura* quanto para a indústria, nas condições edafoclimáticas do Savana de Roraima.

A divergência encontrada pela presente pesquisa quando comparada à pesquisa realizada por Alves et al. (2008) deve-se provavelmente ao fato destes autores terem instalado o experimento em área já incorporada ao processo produtivo de culturas anuais, apresentando melhores características quanto a fertilidade, diferentemente da área de primeiro ano (abertura) utilizada no presente experimento, podendo ter prolongado o ciclo da cultura, evidenciando assim a baixa fertilidade natural dos solos da Savana de Boa Vista, fazendo com que a cultura apresente grande resposta à adubação.

5.6 CONCLUSÕES

1. Os componentes de produção da mandioca altura da planta, produtividade de parte aérea, número de raízes tuberosas, número de raízes comerciais, comprimento de raiz, diâmetro de raiz, produtividade de raiz e produtividade de amido apresentaram comportamento linear em função das épocas de colheita, não sendo observado período de repouso fisiológico na cv Aciolina, nas condições desta pesquisa.

2. A maior produtividade de raiz, 61.678,0 kg ha⁻¹, é obtida com dose de 225,7 kg ha⁻¹ de N e aos 300 DAE.

3. O maior índice de colheita, 80,9%, é obtido aos 300 dias após a emergência para 225,7 kg ha⁻¹ de N em cobertura. A dose de máxima eficiência técnica variou de 167,42 a 220,4 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura.

4. A maior produtividade de amido, 12.124,90 kg ha⁻¹, foi alcançada aos 360 DAE na dose de 330 kg ha⁻¹ de N.

6. CONCLUSÕES GERAIS

1. As doses de nitrogênio aplicadas em cobertura afetaram o teor de HCN nas plantas de mandioca da cultivar Aciolina. Os maiores teores são alcançados com doses de N entre 217 e 241 kg ha⁻¹. O teor de HCN diminui linearmente com as épocas de colheita, independentemente da dose de N, sendo o córtex da raiz a parte da planta apresenta as maiores concentrações de HCN.

2. Em função das épocas de colheita, os componentes de produção da mandioca cv Aciolina altura da planta, produtividade de parte aérea, número de raízes tuberosas, número de raízes comerciais, comprimento de raiz, diâmetro de raiz, produtividade de raiz e produtividade de amido apresentaram comportamento linear não sendo observado período de repouso fisiológico.

3. As doses de nitrogênio em cobertura afetaram os componentes de produção da mandioca cv Aciolina, destacando-se a dose de 225,7 kg ha⁻¹ de N que determinou a maior produtividade de raízes tuberosas com 61.678,0 kg ha⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAM. Defensivos agrícolas asseguram saúde da mandioca. **Revista ABAM (Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca)**. Ano III - Nº. 12 - Outubro - Dezembro, 38p, 2005.
- AGUIAR, B. D.; VALLE, T. L.; LORENZI, J. O.; KANTHACK, R. A. D.; FILHO, H.M.; GRANJA, N. P. Efeito de densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 561-569, 2011.
- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. da; ALVES, J. M. A.; FINOTO, E. L.; NETO, F. de A. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008.
- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. da; ALVES, J. M. A.; FINOTO, E. L.; NETO, F. de A. Caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 388-394, 2009.
- ALVAREZ, V.; ALVAREZ, G.A.M. Comparação de médias ou teste de hipóteses? Contraste! **Boletim Informativo** da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 4, p. 24-34, 2006.
- ALVES, A. A. C. Cassava Botany and Physiology. In: HILLOCKS, R.J.; THRESH, J.M.; BELLOTTI, A.C. (Ed.). **Cassava: Biology, Production and Utilization**. Wallingford: CABI Publishing, p.67-89, 2002.
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da Mandioca. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G.(Eds). **Aspectos Socioeconômicos Mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cap. 7, p. 138-169. 2006.
- ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P. DE; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. DE A. A. DE; SILVA, A. J. DA; RODRIGUES, G. S.; OLIVEIRA, D. C. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 3, n. 1, p.15-30, 2009.
- ALVES, J. M. A.; COSTA, F. A.; UCHÔA, S. C. P.; SANTOS, C. S. V.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; RODRIGUES, G. S. Avaliação de dois clones de

mandioca em duas épocas de colheita. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 2, n. 2, p. 15-24, 2008.

AMORIM, S. L.; MEDEIROS, R. M. T.; RIET-CORREA, F. **Intoxicação por plantas cianogênicas no Brasil**. *Ciência animal*. v.16, n.1 ,p. 17-26, 2006.

ARAÚJO, J. L. P. de; CAVALCANTI, J.; CORREIA, R. C.; RAMALHO, P. J. P. **Raspa de mandioca como alternativa para melhorar a renda da pequena produção do Semi-Árido do Nordeste**. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 60 Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 17 p., 2004.

BARBOSA, C. Z. dos R.; ALVES, J. M. A.; SCHWENGBER, D.; SMIDERLE, O. J. Características Morfológicas e Agronômicas de Dez Clones de Mandioca Cultivados no Estado de Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.1, n. 1, p. 28-31. 2007.

BENEDETTI, U. G.; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 299-312, 2011.

BOLHUIS, G. G. The toxicity of cassava roots. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 2, n. 3, p. 176-185, 1954.

BUITRAGO, A. J. A. **La yuca em La la alimentación animal**. Centro Internacional de Agricultura tropical Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 450 p. 1990.

CAGNON, J. R.; CEREDA, M. P.; PANTAROTTO, S. **Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v.2, 2002.

CARDOSO JÚNIOR, N. dos S.; VIANA, A.E.S; MATSUMOTO, S.N.; SEDIYAMA, T.; AMARAL, C.L.F.; PIRES, A.J.V.; RAMOS, P.A. Efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy.**, v. 27, n. 4, p. 603-610, 2005a.

CARDOSO JÚNIOR, N. S.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, F. M. Efeito do nitrogênio em características agronômicas da mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 651-659, 2005b.

CARVALHO, L. J. C. B. Biodiversidade e biotecnologia em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, XI, **Anais...** 2005.

CARVALHO, P. C. L.; FUKUDA, W. M. G. Estrutura da planta e morfologia. In: . In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G.(Eds) **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura tropical, p. 170-214. 2006.

CARVALHO, F. M; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; REBOUÇAS, T. N. H.; CARDOSO, C. E. L.; GOMES, I. R. Manejo de solo em cultivo com mandioca em treze municípios da Região Sudoeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 378-384, mar./abr., 2007.

CASTRO, P. R. C.; KLUNGE, R. A. **Ecofisiologia dos cultivos anuais**. Editora Nobel. São Paulo.126p., 1999.

CAVALCANTI, J., ARAÚJO, G. G. L. **Parte aérea da mandioca na alimentação de ruminantes na região semi-árida**. Circular técnica, 57. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 22 p. 2000.

CEBALLOS, H.; LA CRUZ, G. A. La yuca em el tercer milênio. In: OSPINA, B.; CEBALLOS, H.; **Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización e comercialización**. CIAT, Cali, Colômbia, 2002.

CENÓZ, P.J.; BURGOS, A.M.; LÓPEZ, A.E. Factores ambientales que afectan la calidad de raíces en mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Horticultura Argentina**, v.26, n.60, p. 5-9, 2007.

CEREDA M. P. Produtos e subprodutos. In: SOUZA. L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Eds.). **Processamento e utilização da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p.15-60, 2005.

CEREDA, M.;VILPOUX, O. F. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. Fundação Cargill, v.3, 2003, 711p.

CHANDRARATINA, M. F.; NANAYAKKARA, K. D. S. S. Studies in cassava: II. The production of hybrids. **Tropical Agriculture**, v.194, p.59-74, 1948.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. de O.; MATHIAS, E. de A.; OLIVEIRA, S. S. Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. **Acta Amazônica**, vol. 40, n.1, p.221 - 226, 2010.

CIAT. CIAT in focus: crop commitments. **Cassava: a crop for hard times and modern times** (online), 2004. Disponível em <<http://www.ciat.br>>. Acesso: 6 nov. 2011.

COCK, J. H.; ROSAS, S. Ecophysiology of cassava. *In*: Symposium of ecophysiology of tropical crops. **Anais...** Ilhéus – Itabuna, p.1-14, 1975.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. UFBA/ EMBRAPA/ Brascan Nordeste. Cruz das Almas. 346 p.,1979.

CRUZ, L. J.; PELACANI, C. R.; ARAÚJO, W. L. Efeito do nitrato e amônio sobre o crescimento e eficiência de utilização do nitrogênio em mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 467 – 475, 2006.

EGAN, S.V.; YEOH, H. H.; BRADBURY, J. H. Simple picrate paper kit for determination of the cyanogenic potential of cassava flour. **Journal of the Science and Food Agriculture**, Washington, v. 76, p. 39-48, 1998.

ELIAS, M.; NAMBISAN, B.; SUDHAKARAN, P. R. Catabolism of linamarin in cassava (*Manihot esculenta*, Crantz). **Plant Science**, Limenick, v.126, p.155-162, 1997.

EL-SHARKAWY, M.; COCK, J.H.; PORTO, M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, p. 143-154, 1989.

FAGUNDES, L. K.; STRECK, N. A.; ROSA, H. T. WALTER, L. C.; ZANON, A. J.; LOPES, S. J. Desenvolvimento, crescimento e produtividade de mandioca em diferentes datas de plantio em região subtropical. **Ciência Rural**, v. 40, n.12, p. 2460-2466, 2010.

FAO. Faostat database gateway. Disponível em: <HTTP://apps.fao.org.lim500/nph-wrap.pl>. Production Crops Primary & Domain=SU. Acesso em: 12.01.2012.

FARALDO, M. I. F.; SILVA, R. M.; ANDO, A.; MARTINS, P. S. Variabilidade genética de etnovarietades de Mandioca em regiões geográficas do Brasil. **Scientia Agrícola**, v.57, n.3, p.499-505, jul./set. 2000.

FELTRAN, J. C.; VALLE, T. L.; CARVALHO, C. R. L.; GALERA, J. M. S. V.; KANTHACK, R. A. D. Adubação e densidade populacional em mandioca de indústria: 1-efeitos na produtividade e no teor de matéria seca de raízes. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 2009, Botucatu, São Paulo. **Anais...** Botucatu, CERAT/UNESP, 2009.

FIDALSKI, 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. Influência da época de colheita sobre o comportamento de cultivares e clones de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 10, n.1, p. 37-44, 1985.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Químia Nova**, v. 30, n. 2, 374-381, 2007.

GOMES, J. de C. Considerações sobre adubação e calagem para a cultivar. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 6, n. 2, p. 99-107, 1987.

GROSMANN, J.; FREITAS, A. G. Determinação do teor de matéria seca pelo peso específico em raízes de mandioca. **Revista Agrônômica**, Porto Alegre, v. 14, p. 7580, 1950.

HELBIG, E.; BUCHWEITZ, M. R. D.; GIGANTE, D. P. Análise dos teores de ácidos cianídrico e fítico em suplemento alimentar: multimistura. **Revista de Nutrição**, v. 21, n. 3, p.323-328, 2008.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro v.25 n.2 p.1-88 fev. 2012.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Condições de tempo registradas nas capitais de outubro de 2010 a outubro 2011. Disponível em: www.inmet.gov.br/html/observacoes.php?Ink=Capitais. Acesso: 27 jan. 2012.

IVANOFF, M. E. A.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SMIDERLE, O. J.; SEDIYAMA, T. Formas de aplicação de nitrogênio em três cultivares de girassol na savana de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, 2010.

JOSEPH, T., YEOH, H.H., LOH, C.S. Linamarin content and genetic stability of cassava plants derived by somatic embryogenesis. **Euphytica**, v. 120, p.7-13, 2001.

KANG, B.T.; OKEKE, J. F. Nitrogen and potassium responses of two cassava varieties grown on an alfisol in northern Nigeria. In: Symposium of the international society for tropical root crops, **Anais...** v.6, p.231-237, 1984.

LORENZI, J. O. Mandioca. Campinas: CATI, Boletim técnico, 110 p., n. 245, 2003.

LORENZI, J. O.; OTSUBO, A. A.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L. Aspectos fitotécnicos da mandioca em Mato Grosso do Sul. In: OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. de S. (Eds.). **Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/UNIDERP, p. 77-108, 2002.

LORENZI, J. O.; RAMOS, M.T.B.; MONTEIRO, D.A.; VALLE, T.L.; GODOY JÚNIOR, G. Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca cultivadas em quintais do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.52, n.1, p.1-5, 1993.

LORENZI, J.O. Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v.53, p.237-245, 1994.

MAGALHÃES, G. C.; VIANA, A. E. S.; PONTE, C. M. A.; CARDOSO, A. D.; CARDOSO JÚNIOR, N. S.; GUIMARÃES, D. G.; ANJOS, D. N.; FERNANDES, E. T.; FOGAÇA, J. J. L. Teor de ácido cianídrico de cinco variedades de mandioca em diferentes épocas de colheita. In: XII Congresso Brasileiro de Mandioca. **Anais...** Botucatu, São Paulo, 2009.

MATTHEWS, R. B.; HUNT, L. A. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.36, p.69-84, 1994.

MATTOS, P. L.; BEZERRA, V. S. Cultivo da mandioca para o estado do Amapá. Embrapa mandioca e fruticultura, **Sistemas de produção**, 2. ISSN 1678-8796, versão eletrônica, jan/2003.

MAZETTE, T. F.; CARVALHO, C.R.L.; MORGANO, M.A.; SILVA, M.G. da; PARRA, E.S.B.; GALERA, J.M.S.V; VALLE, T.L. Seleção de clones-elite de mesa visando a características agronômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n.3, p.601-609, 2009.

MCMAHOM, J. M.; WHITE, W. L. B.; SAYRE, R. Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta*). **Journal of Experimental Botany**, v. 46, p.731-741, 1995.

MELO, D. S.; CORREA, A. D.; MARCOS, F. C. A.; SOUSA, R. V.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Efeitos da farinha de folhas de mandioca sobre a peroxidação lipídica, o perfil lipídico sanguíneo e o peso do fígado de ratos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 420-428, 2007.

MENDONÇA, H. A. de.; MOURA, G. de M.; CUNHA, E. T. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes épocas de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, v. 38, n. 6, p. 761-769, 2003.

MILHELM, 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.

NGUYEN, H; SCHOENAU, J. J.; NGUYEN, D.; REES, K. V.; BOEHM. Effects of long-term nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on cassava yield and plant nutrient composition in North Vietnam. **Journal of Plant Plant Nutrition**, New York, v.25, n.3, p.425-442, 2002.

OLIVEIRA FILHO, A. F.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F; MESQUITA, T. O.; ZONTA, E. Crescimento de cultivares de mamoneira sob doses de torta de mamona. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.5, p. 18 – 24 (Numero Especial) dezembro de 2010.

OLIVEIRA, M. A.; FIORINE, R. A. Análise de crescimento em mudas de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) Provenientes de estacas em diferentes recipientes para cultivo. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**. Botucatu, v. 2, p.12-26, outubro, 2006.

OLIVEIRA, N. T.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; RODRIGUES, S. R.; MELVILLE, C. C.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; Caracterização e identificação de clones de mandioca produzidos em Roraima para o consumo *in natura*. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 3, p. 188-193, 2011.

OLIVEIRA, S. P. O.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; CARDOSO JÚNIOR, N. S.; SEDIYAMA, T.; SÃO JOSÉ, A. R. Efeito da poda e de épocas de colheita sobre

características agronômicas da mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 99-108, 2010.

RAMOS, P.A.S. **Carcterização morfológica e produtiva de nove variedades de mandioca cultivadas no sudoeste da Bahia**. Dissertação UFV, Viçosa, 2007.

RIMOLDI, F.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL, M. C. G. Avaliação de cultivares de mandioca nos municípios de Maringá e Rolândia no Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 459-465, 2003.

ROSA NETO, C.; MARCOLAN, L. A.; Estudo exploratório acerca do comportamento de consumo de mandioca e derivados no Brasil, com ênfase na Região Norte. In: Congresso SOBER, Sociedade brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Campo Grande, Jul, 2010. **Anais...** Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/15/401.pdf>. Acessado em: 20 de janeiro de 2011.

SÁNCHEZ, T. **Evaluación de 6000 variedades de yuca**. Cali, Colombia, Programa Mejoramiento de yuca-CIAT. 2004.

SANT'ANA. A. F.; DOMENE, S. M. A. Teores de glicosídeos cianogênicos em derivados de mandioca determinados por protocolo adaptado ao laboratório de micronutrientes -IC PUC-CAMPINAS. **Anais...** XIII Encontro de Iniciação Científica da PUC-CAMPINAS, 21-22 de out./2008.

SANTOS JR, J. D. G.; MONTEIRO, F. A.; LAVRES JR., J. Análise de Crescimento do Capim-Marandu Submetido a Doses de Nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1985-1991, (Supl. 2), 2004.

SANTOS, L.A.S.; LIMA, A.M.P.; PASSOS, I.V.; SANTOS, L.M.P.; SOARES, M.D.; SANTOS, S.M.C.; Uso e percepções da alimentação alternativa no Estado da Bahia: um estudo preliminar. **Revista de Nutrição**. 14(Supl):35-40, 2001.

SCHONS, A. STRECK, N. A.; KRAULICH, B. PINHEIRO, D. G; ZANON, A. J. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1586-1592, nov-dez, 2007.

SCHWENGBER, D. R.; MOURÃO JR., M.; MOURA NETO, M. A. Adubação P-K de mandioca (*Manihot esculenta* Kranz) em cerrado de Roraima. In: Encontro de pesquisa e iniciação científica, Boa Vista: UFRR, **Anais...** p.29-30, 2002.

SCHWENGBER, D. R.; SMIDERLE, O. J.; MATTIONI, J. A. M. Mandioca: recomendações para o plantio em Roraima. **Circular técnica**, Embrapa Roraima, n. 05, p. 1-30, 2005.

SENA, J. S.; TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; HARA, F. A. S. Efeito da calagem e da correção dos teores de Ca e Mg do solo sobre o crescimento de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke). **Acta Amazônica**, v. 40, n.2, 2010.

SEVERINO, L. S. et al. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.563-568, 2006.

SILVA, E. C. DA; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. DE, GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29 n.5, p.725-733, 2005.

SILVA, G. G. C.; NUNES, C. G. F.; OLIVEIRA, E. M. M; SANTOS, M. A dos. Toxicidade cianogênica em partes da planta de cultivares de mandioca cultivados em mossoró-RN. **Revista Ceres**, v.51, n.293, p.56-66, 2004.

SILVA, R. M.; BANDEL, G.; FARALDO, M. I. F.; MARTINS, P. S. Biologia reprodutiva de etnovarietades de mandioca. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.101-107, jan./mar. 2001.

SILVA, R. M.; FARALDO, M. I. F.; ANDO, A.; VEASEY, E. A. Variabilidade genética de etnovarietades de mandioca. In: CEREDA, M. P. (Ed.). **Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, v. 2, p. 207-242, 2002.

SIRITUNGA, D.; SAYRE, R. Engineering cyanogen synthesis and turnover in cassava (*Manihot esculenta*). **Plant Molecular Biology**, v.56, n.4, p.661-669, 2004.

SOLOMONSON, H. P.; BARBER, J. M. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.41, p. p.225-253, 1990.

SOUZA, E. A.; ROSSIELO, R. O. P.; ARAÚJO, A. P.; LIMA, E.; PARRAGA, M. S. Adubação nitrogenada em mandioca (*Manihot esculenta*): produção de massa seca. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 2009, Botucatu, São Paulo. **Anais...** Botucatu, CERAT/UNESP, 2009.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; GOMES, J. C. Exigências edáficas da cultura da mandioca. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G.(Eds) **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura tropical, p. 170-214. 2006.

SOUZA, M. J. L.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; VASCONCELOS, R. C.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 45-53, 2010.

SREEJA, V. G.; NAGAHARA, N.; LI, Q.; MINAMI, M. New aspects in pathogenesis of konzo: neural cell damage directly caused by linamarin contained in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **British Journal of Nutrition**, v.90, n.2, p.467-472, 2003.

TAKAHASHI, M.; GONÇALO, S. A. **Cultura da mandioca**. Paranaíba: Olímpica, 116 p. 2005.

VALE JÚNIOR, J. F.; FREITAS, R. M. DA S.; UCHÔA, S. C. P.; SOUSA, M. I. L. DE; CRUZ, D. L. DE S. Atributos químicos e atividade microbiana em solos convertidos de savana para plantios de *Acacia mangium* Willd em Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2011.

VALLE, T. L.; CARVALHO, C. R. L.; RAMOS, M. T. B.; MÜHLEN, G. S.; VILLELA, O. V. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de variedades mansas e bravas. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.2, p.221-226, 2004.

VERPOORTE, R. Exploration of nature's chemodiversity: the role of secondary metabolites as leads in drug development. **Drug Discovery Today**, 3, p. 232-238, 2000.

VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. **Toxicon**, v 38:, p 11-36. Elsevier, 2000.

VIANA, A. E.; SEDIYAMA, T.; LOPES, S. C.; CECON, P. R.; SILVA, A. A. efeito do comprimento e de incisões no córtex da maniva sobre o cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1263-1269, 2001.

WATERMAN, P. G.; MOLE, S. **Insect-plant interactions**; Bernays, E. A., ed.; 1st ed., vol. 1, cap. 4. CRS Press: Boca Raton, 1989.

WHITE, W.; ARIAS-GARZON, D. I.; MCMAHON, J. M.; SAYRE, R. T. Cyanogenesis in cassava: the role of hydroxynitrile lyase in root cyanide production, **Plant Physiology**, Washington, DC, v. 116, p. 1219-1225, 1998.

WILLIAMS, C. N. Growth and productivity of tapioca (*Manihot utilissima*): III. crop ratio, spacing and yield. **Experimental Agriculture**, v.8, p.15-23, 1972.

WISDOM, C. S.; RODRIGUEZ, E.; **Biochemical Systematics and Ecology**, v.11, p.345, 1983.

WOBETO, C.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Cianeto na farinha e folhas de mandioca (*Manihot esculenta*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.5, p. 1115-1118, 2004.

ZEHNTNER, L. **Estudo sobre algumas variedades de mandiocas Brasileiras**. Rio de Janeiro, Sociedade nacional da Agricultura, 1919.