



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

NÁDIA SOUZA DOS SANTOS

CURVA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES NA MANDIOCA EM FUNÇÃO DE  
DOSES DE NITROGÊNIO

Boa Vista - RR

2013

NÁDIA SOUZA DOS SANTOS

**CURVA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES NA MANDIOCA EM FUNÇÃO DE  
DOSES DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a EMBRAPA Roraima.

Orientador: Prof. Dr. José Maria Arcanjo Alves.

Coorientadora: Profa. Dra. Sandra Cátia Pereira Uchôa.

Boa Vista - RR

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

S237c Santos, Nádía Souza dos

Curva de absorção de nutrientes na mandioca em função de doses de nitrogênio / Nádía Souza dos Santos. -- Boa Vista, 2013.

74 p.

Orientador: Prof. Dr. José Maria Arcanjo Alves.  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Sandra Cátia Pereira Uchôa.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

S237c Santos, Nádia Souza dos  
Curva de absorção de nutrientes na mandioca em  
função de doses de nitrogênio / Nádia Souza dos Santos. --  
Boa Vista, 2013.  
74 p.

Orientador: Prof. Dr. José Maria Arcanjo Alves.  
Co-orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Cátia Pereira Uchôa.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de  
Roraima, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

1 – Adubação. 2 – Clorofila. 3 – *Manihot esculenta*. 4 –  
Nutrição de plantas. 5 – Teor de nutriente. I - Título. II –  
Alves, José Maria Arcanjo (orientador).

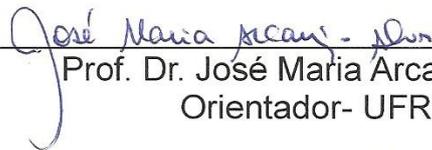
CDU 631.81

## NÁDIA SOUZA DOS SANTOS

Curva de absorção de nutrientes na mandioca em função de doses de nitrogênio

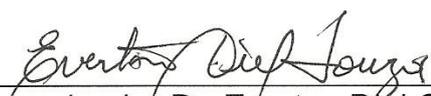
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Aprovada: 22 de março de 2013.

  
Prof. Dr. José Maria Arcanjo Alves  
Orientador- UFRR

  
Prof. Dr. José de Anchieta Alves de Albuquerque  
UFRR

  
Prof. Dr. Leandro Torres de Souza  
UFRR

  
Pesquisador Dr. Everton Diel Souza  
Embrapa Roraima

À Deus, razão da minha existência e que sempre me abençoou.

Aos meus amados pais, que são minha rocha e minha fortaleza.

Aos meus irmãos, pelo companheirismo.

Dedico este trabalho.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, supremo criador, que me agraciou com uma vida maravilhosa onde sempre me guiou no caminho certo, sempre estando presente em minha vida, que é o meu maior presente.

À razão da minha vida, meus pais, Antônio e Maria das Dores, me deram os seus ensinamentos, me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com toda dignidade, e principalmente, a viver no caminho do Senhor.

Aos meus irmãos ao qual me oferecem com todo carinho um abraço e um sorriso que renova a minha energia pra seguir o meu caminho, e me deram os meus maiores tesouros que são meus sobrinhos que tanto amo.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Maria Arcanjo Alves pela dedicação, paciência e apoio na realização deste trabalho.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Sandra Cátia Pereira Uchôa pelo apoio incondicional no decorrer desta caminhada.

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

À minha grande amiga Natália Trajano de Oliveira, pela paciência, compreensão, amizade, respeito e pela ajuda que foram fundamentais para realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa pelo espaço nas análises.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Hermínia E. Prieto Martinez e aos técnicos Domingos Sávio da Silva e Itamar Duarte dos Santos da UFV pela disponibilidade e apoio nas análises.

Aos meus familiares e amigos que compreenderam a minha ausência e no momento certo sempre me ofereceram palavras de carinho e motivação.

Aos colegas do mestrado, aos servidores e todos que contribuíram direta e indiretamente na minha caminhada.

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

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Quando não me veem palavras suficientes para expressar o meu sentimento de gratidão, fica o meu **MUITO OBRIGADO!!!**

## **BIOGRAFIA**

NÁDIA SOUZA DOS SANTOS, filha de Antônio Barbosa dos Santos e Maria das Dores do Nascimento de Souza, nasceu em 06 de dezembro de 1987, na cidade de Boa Vista, Roraima. Concluiu o ensino médio na Escola Estadual Ana Libória, em 2005. Ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Roraima – UFRR em 2006. Bolsista PET-AGRO de 2007 a 2010. Monitora na disciplina Horticultura em 2009 e Jardinagem e Paisagismo em 2010 do curso de Agronomia. Concluiu graduação em Agronomia em 2010. Em março de 2011, iniciou o curso de mestrado em Agronomia, do Programa de Pós-graduação de Produção vegetal, na Universidade Federal de Roraima – UFRR, concluindo em março de 2013.

“Se creres verás a glória de Deus” (Jo, 11,40)

“Quando você voltar, só quero estar bem” (Tia Bida, *in memoriam*)

SANTOS, Nádia Souza dos. **Curva de absorção de nutrientes na mandioca em função de doses de nitrogênio**. 2013. 74 p. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2013.

## RESUMO

Objetivou-se com este trabalho modelar a absorção de nutrientes na mandioca submetida a doses de nitrogênio ao longo do ciclo produtivo. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas, com quatro repetições, nas parcelas compreenderam as doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup>) dividida em duas aplicações aos 30 e 60 dias após a emergência (DAE), e na subparcelas as épocas de avaliação (120, 150, 180, 210, 240, 270 e 300 DAE). O material vegetal coletado foi moído e posteriormente, submetidos à análise para obtenção da extração do teor de nutrientes nas folhas (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn e Zn). Nas épocas 120, 150, 180, 240 e 300 DAE foram avaliados os teores de clorofila *a* e *b* por meio do clorofilômetro SPAD-502, produtividade da parte aérea (kg ha<sup>-1</sup>), diâmetro do caule (cm), comprimento do lóbulo central (cm), comprimento do pecíolo (cm), largura da folha (cm) e produtividade de raízes em kg ha<sup>-1</sup>. As doses de N aplicadas em cobertura aumentam o teor foliar de N, P, K, Mg, Mn e Zn, altas doses diminuem os teores foliar de Ca e S. A aplicação de N reduz o teor Fe. Com o avanço da idade das plantas os teores foliares de N, K, Mg e Mn reduzem. A concentração de clorofila correlacionou-se positivamente com o teor de N nas folhas de mandioca e produtividade de raízes. O uso do medidor portátil de clorofila é uma ferramenta promissora para avaliar o estado nutricional de nitrogênio na mandioca. As doses de N e a idade da planta proporcionam aumento linear e positivo na produtividade da parte aérea, diâmetro do caule e produtividade de raízes. Na dose de maior produtividade de raízes tuberosas, aos oito meses de idade, a ordem de acúmulo dos nutrientes pela mandioca, cv. Aciolina é de: nitrogênio > cálcio > potássio > magnésio > fósforo > enxofre > manganês > ferro > zinco.

**Palavras-chave:** Adubação. Clorofila. *Manihot esculenta*. Nutrição de plantas. Teor de nutriente.

SANTOS, Nádía Souza dos. **Absorption curve of nutrients in the cassava in function of doses of nitrogen**. 2013. 74 p. Master's Degree Dissertation in Agronomy - Federal University of Roraima, Boa Vista, 2013.

## ABSTRACT

The objective of this study was modeling the absorption of nutrients in cassava submitted to different levels of nitrogen along the productive cycle. The experimental design was in blocks at random in scheme of split plots, with four replications, the parcels comprised levels of nitrogen (0, 30, 60, 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup>) divided in two application at 30 and 60 days after emergence (DAE), and the subplots of the evaluation times (120, 150, 180, 210, 240, 270 and 300 DAE). The collected plant material was ground and later subjected to analysis to obtain the extraction of leaf nutrient content (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn and Zn). At 120, 150, 180, 240 and 300 DAE were assessed levels of chlorophyll *a* and *b* using the chlorophyll meter SPAD-502, aerial productivity (kg ha<sup>-1</sup>), stem diameter (cm), length of the central lobe (cm), petiole length (cm), leaf width (cm) and root yield in kg ha<sup>-1</sup>. The levels of N applied in coverage increased the foliar levels of N, P, K, Mg, Mn and Zn; high levels decreased the foliar levels of Ca and S. The application N reduces the Fe content. With the aging of plants foliar contents N, K, Mg and Mn reduced. The chlorophyll concentration was positively correlated with the N content in cassava leaves and productivity of roots. The use of portable chlorophyll meter is a promising tool to assess the nutritional status of nitrogen in cassava. The levels N and age of plant provide positive linear increase in productivity of shoot, stem diameter and productivity of the roots. In The highest level of productivity of tuberous roots, at eight months old, the accumulation order of the nutrients in cassava is of: nitrogen> calcium> potassium> magnesium> phosphorus> sulfur> manganese> iron> zinc.

**Key words:** Fertilization. Chlorophyll. *Manihot esculenta*. Plant nutrition. Nutrient content.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Médias mensais de precipitação pluvial, temperatura média do ar e umidade relativa do ar, no período de outubro de 2010 a agosto de 2011. Boa Vista-RR.....	27
FIGURA 2	Teor foliar de nitrogênio (N) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	31
FIGURA 3	Teor foliar de fósforo (P) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	33
FIGURA 4	Teor foliar de potássio (K) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	35
FIGURA 5	Teor foliar de cálcio (Ca) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	37
FIGURA 6	Teor foliar de magnésio (Mg) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	38
FIGURA 7	Teor foliar de enxofre (S) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	39
FIGURA 8	Teor foliar de ferro (Fe) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	41
FIGURA 9	Teor foliar de manganês (Mn) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	43
FIGURA 10	Teor foliar de zinco (Zn) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	44
FIGURA 11	Teor de clorofila <i>a</i> em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	46
FIGURA 12	Teor de clorofila <i>b</i> em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	47
FIGURA 13	Teor de clorofila total em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	48
FIGURA 14	Produtividade da parte aérea de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	52

FIGURA 15	Diâmetro do caule de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	54
FIGURA 16	Comprimento do lóbulo central de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	55
FIGURA 17	Comprimento do pecíolo de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	56
FIGURA 18	Relação entre comprimento do pecíolo e comprimento do lóbulo central de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	57
FIGURA 19	Largura das folhas de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	58
FIGURA 20	Produtividade de raízes de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.....	59

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Características químicas e físicas do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, antes da instalação do experimento.....	28
TABELA 2	Resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de mandioca cv. Aciolina, em função da adubação nitrogenada e épocas de avaliação, Boa Vista-RR.....	31
TABELA 3	Resumo da análise de variância para os teores de ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas de mandioca cv. Aciolina, em função da adubação nitrogenada e épocas de avaliação, Boa Vista-RR.....	41
TABELA 4	Resumo da análise de variância para os teores de clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i> ), clorofila <i>b</i> (Cl <i>b</i> ) e clorofila total (Cl T) nas folhas de mandioca cv. Aciolina, em função da adubação nitrogenada e épocas de avaliação, Boa Vista-RR.....	46
TABELA 5	Resumo da análise de variância para produtividade de parte aérea (PPA), diâmetro do caule (DC), comprimento do lóbulo central (CL), comprimento do pecíolo (CP), relação entre comprimento do pecíolo e comprimento do lóbulo central (RPL), largura da folha (LF) e produtividade de raízes (PR) nas folhas de mandioca cv. Aciolina, em função da adubação nitrogenada e épocas de avaliação, Boa Vista-RR.....	51
TABELA 6	Valores estimados de produtividade da parte aérea, diâmetro do caule e produtividade de raízes de plantas de mandiocas cv. Aciolina, aos 120 e 300 DAE, incrementos e eficiência (%) nas doses de N estudadas.....	53
TABELA 7	Correlações entre os teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas de mandioca cv. Aciolina, obtidas com as médias dos tratamentos. Boa Vista-RR.....	61
TABELA 8	Correlações entre os teores foliares de nitrogênio (N), clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i> ), clorofila <i>b</i> (Cl <i>b</i> ), clorofila total (Cl T), diâmetro do caule (DC) e produtividade de raízes (PR), nas plantas de mandioca cv. Aciolina, obtidas com as médias dos tratamentos. Boa Vista-RR.....	62

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	16
2.1.	Objetivo geral.....	16
2.2.	Objetivos específicos.....	16
<b>3.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
3.1.	Aspectos da Cultura da Mandioca.....	17
3.1.1.	Desenvolvimento e Crescimento.....	18
3.1.2.	Adubação e Calagem.....	21
3.1.3.	Preparo da área.....	22
3.2.	Efeito do Nitrogênio na Planta.....	23
3.3.	Curva de Absorção.....	24
3.4.	Teor de Clorofila.....	25
<b>4.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	30
5.1.	Macronutrientes.....	30
5.1.1.	Nitrogênio (N).....	31
5.1.2.	Fósforo (P).....	33
5.1.3.	Potássio (K).....	34
5.1.4.	Cálcio (Ca).....	36
5.1.5.	Magnésio (Mg).....	38
5.1.6.	Enxofre (S).....	39
5.2.	Micronutrientes.....	40
5.2.1.	Ferro (Fe).....	41
5.2.2.	Manganês (Mn).....	42
5.2.3.	Zinco (Zn).....	44
5.3.	Teores de clorofila <i>a</i> e <i>b</i> .....	45
5.4.	Características da planta.....	50
5.5.	Correlação.....	60
5.6.	Acúmulo máximo de nutrientes.....	62
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	63
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	64

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca pertence à família botânica da Euphorbiaceae, é um dos alimentos mais cultivados nos trópicos, sendo amplamente utilizada na produção de subsistência, uma vez que possui a capacidade de se desenvolver em solos de baixa fertilidade e apresentar boa resistência a pragas e doenças.

A cultura da mandioca está presente nas diversas regiões do mundo, por apresentar tolerância às condições adversas de clima e solo. É considerada uma planta completa com suas raízes ricas em carboidratos, e folhas ricas em proteínas, vitaminas A e C, além de outros nutrientes (FUKUDA, 2005). A produção do Brasil de raízes de mandioca em 2012 foi de 24.313.883 t, sendo 4,0% menor que a produção de 2011 (IBGE, 2012).

No estado de Roraima, a cultura tem se mostrado promissora, principalmente para pequenos e médios produtores, onde é cultivada em 5.800 ha, com produção de 77.192 toneladas e rendimento médio de 13,309 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2012). É destinada, em grande parte, ao fabrico da farinha, com predominância da farinha d'água, de textura grossa, e outra parte da produção é destinada ao consumo de mesa (mandioca mansa) e a extração artesanal da goma fresca (fécula) para tapioca.

A mandioca é uma cultura que absorve grandes quantidades de nutrientes e praticamente exporta tudo o que foi absorvido. Embora seja considerada uma cultura tolerante a condições de baixa fertilidade, é necessário atender as necessidades da planta por meio de utilização de adubos em quantidades economicamente ajustadas (NGUYEN et al., 2002).

A composição química e o acúmulo de nutrientes em folhas são informações imprescindíveis para conhecer as exigências nutricionais de uma planta (LAVIOLA et al., 2007). A análise foliar é muito usada na diagnose do estado nutricional das plantas e baseia-se no fato de existir uma correlação direta entre a taxa de crescimento e o teor de nutrientes nos tecidos foliares. Neste sentido, o diagnóstico nutricional aliado à análise do solo constitui-se num instrumento eficiente para detectar desequilíbrios e auxiliar no processo de fertilização das plantas (COELHO et al., 2010b).

Apesar da constatação de que o fornecimento natural de nitrogênio pelos solos tropicais seja limitado, a prática correta da adubação nitrogenada não é utilizada pela maioria dos agricultores que cultivam a mandioca. Isso indica que, em

grande parte da área cultivada, o crescimento e o desenvolvimento da mandioca ocorrem sob condições de deficiência de nitrogênio, podendo não expressar seu potencial produtivo (CRUZ, 2001; CRUZ; PELACANI; ARAÚJO, 2006).

As principais reações bioquímicas em plantas e microrganismos envolvem a presença do nitrogênio, o que o torna um dos elementos mais absorvido pelas plantas cultivadas (CANTARELLA, 2007). Este nutriente está presente nas células dos vegetais, compondo sua estrutura e funções metabólicas essenciais, estando diretamente envolvidos no crescimento, no metabolismo intermediário e no metabolismo energético de células vivas (HÁK; NÁTR, 1987). Também é componente básico de aminoácidos, proteínas, enzimas, hormônios e vitaminas.

O nitrogênio é um nutriente que possui a característica de interação com a absorção de outros nutrientes, podendo ser sinérgica (positiva) ou antagônica (negativa), sendo importante conhecer esses efeitos para um bom planejamento da programação da adubação das culturas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Modelar a absorção de macro e micronutrientes na mandioca submetida a doses de nitrogênio ao longo do ciclo produtivo.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- a) Avaliar o teor de macronutrientes na mandioca em função de doses de nitrogênio em cobertura em um ciclo produtivo;
- b) Avaliar o teor de micronutrientes na mandioca em função de doses de nitrogênio em cobertura em um ciclo produtivo;
- c) Estabelecer classes de repostas da mandioca em função dos teores de N na planta;
- d) Correlacionar o método químico de extração do N com os teores de clorofila *a* e *b*.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Aspectos da Cultura da Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, 1766) é uma planta perene, heliófila e arbustiva, pertencente à família Euphorbiaceae, originária da região amazônica fronteiriça com a Venezuela (CAGNON; CEREDA; PANTAROTTO, 2002). 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 tubérculos comestíveis com grande acúmulo de amido, sendo considerado um dos alimentos mais cultivados nos trópicos e amplamente utilizados na produção de subsistência (NORMANHA, 1982; CARVALHO, 2006).

É uma cultura que tem propagação tipicamente agâmica, multiplicando-se por meio de segmentos do caule, ramos ou manivas (estacas). Esse tipo de propagação tem a vantagem de constituir a genética replicada integral de uma planta de interesse, assim cada uma das manivas retiradas de uma planta é um clone do genótipo dessa planta (SANTOS et al., 2009).

A mandioca é uma importante fonte de carboidratos para as populações mais carentes. Apresenta características de fácil propagação, elevada tolerância a longas estiagens, rendimento satisfatório mesmo em solos de baixa fertilidade, resistência ou tolerância às pragas e doenças, elevado teor de amido nas raízes e boas perspectivas de mecanização do plantio à colheita, sem grandes perdas na matéria seca. Além de permitir o consórcio com culturas alimentícias e industriais (CAGNON; CEREDA; PANTAROTTO, 2002; ALVES et al., 2009; DEVIDE et al., 2009).

O teor de ácido cianídrico (HCN) contido nas raízes é um dos fatores que definem a finalidade de uso da mandioca. As variedades são classificadas em 'doces' e 'amargas', com base na quantidade de cianeto existente em suas raízes. As mandiocas doces, destinadas ao consumo fresco humano, são denominadas 'mandioca de mesa', 'macaxeira', 'aipim' ou 'mandioca mansa'; as amargas são designadas como 'mandioca brava' e destinam-se a industrialização (PONTE, 2008).

As variedades de mandiocas bravas devem passar por processamento das raízes para reduzir o teor de cianeto, permitindo seu consumo seguro. O nível de segurança para consumo de mandioca ou de seus subprodutos, para que não

ocorra intoxicação com cianeto, indicado por pesquisas realizadas com linamarina extraída de raízes de mandioca, avaliada por ingestão, indicam que a DL50 (quantidade de linamarina suficiente para matar 50% de camundongos usados no teste) foi de 324,86 mg kg<sup>-1</sup>, equivalente a 35,35 mg de cianeto (CEREDA, 2005).

No Brasil, são geralmente cultivadas para exploração econômica das raízes tuberosas, tanto para processamento (onde extraem a fécula, polvilho doce, polvilho azedo, etc.) quanto para consumo, cozida ou na confecção dos mais variados pratos doces e salgados. As folhas dessa tuberosa apresentam grande potencial de uso como fonte de proteínas, minerais e vitaminas na alimentação animal (SINWAMBANA; FERGUSON; OSIRU, 1992), com ótima aceitabilidade.

De acordo com Oliveira et al. (2011), em Roraima, grande parte da produção também é destinada ao processamento, na fabricação de farinha (mandioca brava), de ampla aceitação local, com predominância da farinha d'água ou farinha amarela, de textura grossa e outra parte da produção é destinada ao consumo de mesa (mandioca mansa) e a extração da goma fresca (fécula).

Segundo Benesi et al. (2008), a época de colheita ideal da mandioca não é conhecida, uma vez que esta cultura não apresenta um período de maturação definido. Contudo, saber o período mais favorável para colheita é importante, pois quando as raízes são colhidas cedo, ocorre redução na produtividade, enquanto que, se colhidas tardiamente, há perda de qualidade, com desenvolvimento de raízes fibrosas e redução do teor de amido nas raízes (SOUZA et al., 2010).

Excetuando as regiões onde ocorrem precipitações pluviométricas durante todo o ano, a melhor época de colheita, considerando o estágio fisiológico, encontra-se no período em que as plantas apresentam-se total ou parcialmente desfolhadas, antes que se iniciem as novas brotações. Nestes períodos, em consequência do maior acúmulo de fotoassimilados decorrente do encerramento do ciclo vegetativo, as raízes encontram-se com maior teor de matéria seca e amido, propiciando maiores produtividades (AGUIAR, 2003).

### **3.1.1. Desenvolvimento e Crescimento**

Desenvolvimento e crescimento das plantas são processos independentes, que podem ocorrer simultaneamente ou não (WILHELM; McMASTER, 1995). Desenvolvimento refere-se à diferenciação celular, iniciação e aparecimento de

órgãos, e se estende até a senescência da cultura, enquanto que crescimento é o aumento irreversível de uma grandeza física como massa, área, altura, diâmetro e volume (HODGES, 1991; WILHEL; McMASTER, 1995).

A cultura da mandioca apresenta ciclo de desenvolvimento composto por cinco fases fisiológicas durante o crescimento da planta, cuja duração e existência dependem de vários fatores relacionados a diferenças varietais, condições ambientais e práticas culturais (TERNES, 2002; ALVES, 2006). Em condições favoráveis, os períodos e os principais eventos fisiológicos que ocorrem no crescimento da mandioca segundo Conceição (1979), Ternes (2002) e Alves (2006) são:

Emergência (5 a 15 dias após o plantio – DAP): Compreende o período de brotação das manivas; 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. Segundo Almendra (2005), a mandioca tem crescimento inicial lento, fazendo com que, em sistema convencional de plantio, as estacas levem até quinze dias para o aparecimento das primeiras brotações. Lima et al. (2002) verificaram a formação de brotos e raízes a partir do sétimo dia independente do uso de reguladores de crescimento (auxinas e citocininas).

Início do desenvolvimento foliar e formação do sistema radicular (15 a 90 DAP): até os 30 dias o crescimento da planta é dependente da reserva nas manivas- sementes, a partir de então, inicia-se o processo fotossintético com a expansão das folhas verdadeiras; novas raízes fibrosas são formadas atingindo maiores profundidades no solo, dos quais algumas se tornam raízes de reservas (acumulando amido);

Desenvolvimento da parte aérea (90 a 180 DAP): maior taxa de crescimento das folhas e ramos; as folhas novas totalmente expandidas crescem até os quatro meses, tornando-se menores a partir dessa idade, quanto mais tempo à folha permanecer na planta, menor quantidade de produtos da fotossíntese será alocada na formação de novos ápices de crescimento, como resultado mais energia poderá ser transportada para ser armazenada na raiz de reserva. Segundo Schons et al. (2007), quando a planta apresentava em torno de 20 folhas ocorreu o início do acúmulo de amido nas raízes da variedade RS 13, independente da época de plantio.

Translocação expressiva de carboidratos para as raízes (180 a 300 DAP): intensificam-se a partição de fotoassimilados das folhas para as raízes; não há mais crescimento das raízes em comprimento, mas em diâmetro, pelo aumento da tuberização das raízes de reserva ocasionado pela deposição do amido; os ramos lignificam-se. Segundo MORAES-DALLAQUA e CORAL (2002), a raiz de absorção dessa planta apresenta o padrão anatômico normal de desenvolvimento até o início do processo de tuberização, estabelecendo-se uma diferenciação maior de células parenquimáticas do xilema para o acúmulo de grãos de amido.

Dormência (300 a 360 DAP): fase de repouso fisiológico; ocorre principalmente em regiões onde existe significativa variação de temperatura e chuva; a taxa de produção de folhas torna-se reduzida e há um aumento na queda de folhas; somente a translocação de amido para as raízes é mantido; é durante essa fase que a planta de mandioca armazena o máximo de reserva de amido nas raízes; Recomeça após esse período de repouso uma nova fase de crescimento, quando é reiniciada a formação das ramas e folhas, que inicialmente começa à custa do amido armazenado nas raízes e ramas durante a fase de crescimento anterior.

Souza et al. (2010), ao avaliarem a irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat na mandioca, observaram que não houve diferenças na porcentagem de massa seca, amido e rendimento de farinha das raízes colhidas aos nove e 18 meses, independente do tipo do manejo da irrigação (sem irrigação, irrigação durante todo o ciclo e irrigação em períodos alternados). Com uma produtividade de raízes de  $16,89 \text{ t ha}^{-1}$  aos nove meses.

Os estudos sobre o crescimento das espécies de interesse agrônomico são importantes para a implantação ou expansão de uma cultura em uma determinada região, contribuindo para o desenvolvimento de técnicas agrícolas que possibilitam a obtenção do máximo potencial produtivo do material genético estudado (OLIVEIRA FILHO et al., 2010).

Muitos fatores podem influenciar no desenvolvimento e crescimento da mandioca, como exemplo: luz e temperatura, disponibilidade de água, densidade populacional, sistema de preparo do solo, adubação (orgânica e química), épocas de plantio e presença de plantas daninhas (AMABILE et al., 1994; TÁVORA; BARBOSA FILHO, 1994; FIDALSKI, 1999; MOURA, 2000; SAGRILO et al., 2002; BARBONA, 2003; PEQUENO et al., 2007; SCHONS et al., 2007 ALBUQUERQUE et al., 2008; ALVES et al., 2009; FAGUNDES et al., 2010; AGUIAR et al., 2011).

### 3.1.2. Adubação e Calagem

A mandioca possui a característica de se desenvolver e produzir relativamente bem em solos de baixa fertilidade, no entanto apresenta respostas significativas ao uso de adubos, com aumentos expressivos na produtividade. Por exportar do solo grandes quantidades de nutrientes nas raízes e parte aérea a adubação objetiva a reposição desses nutrientes extraídos pela cultura, evitando que a fertilidade do solo seja reduzida ainda mais (FIALHO; VIEIRA, 2011).

As respostas da mandioca à adubação principalmente ao nitrogênio, fósforo e potássio dependem dos teores existentes nos solos, sendo as recomendações baseadas na análise do solo realizada em laboratório.

Parry et al. (2005), ao avaliar o estado nutricional de plantas de mandioca em diferentes épocas e submetidas à cobertura mortas e adubação, observaram a seguinte ordem decrescente de acúmulo: K>N>Ca>Mg>P>S>Cu>Fe>Mn>Zn>B.

Alves, Modesto Júnior e Ferreira (2012), encontraram resposta linear à adubação mineral de NPK (10-28-20) da mandioca variedade Paulozinho em relação aos indicadores de produtividade de raízes e ramas. O tratamento com a dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> obteve maiores produtividades de raízes e ramas, porém a dose econômica foi de 200 kg ha<sup>-1</sup> com 34,85 t ha<sup>-1</sup> de raízes.

Rodriguez et al. (2009) encontraram resposta linear para a produtividade de raízes de mandioca a adição de NPK na variedade Poti, com produção ótima econômica de 30.264 kg ha<sup>-1</sup> com aplicação de 538,50 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial 12-24-12.

Com relação aos micronutrientes, poucos trabalhos foram realizados com o objetivo de avaliar a resposta da cultura, no entanto, sabe-se que são extraídos em menores quantidades, mas têm grande importância no nível de produção.

Feo e Fernandes (2012), avaliando diferentes fontes de micronutrientes encontraram respostas satisfatórias para a aplicação do produto “Ubyfol Kymon” (fonte de macro e micronutrientes) nas características agrônômicas da mandioca.

Não se têm conseguido aumentos acentuados na produção da mandioca pela aplicação de calcário, confirmando a tolerância da cultura à acidez do solo (FIALHO; VIEIRA, 2011). A faixa de pH ideal situa-se entre 5,0 e 6,0 (LORENZI et al., 2002). Em solos ácidos, o manejo da correção do solo no cultivo de mandioca se deve ao

fato de a cultura exigir um preparo de solo que permita a incorporação do calcário, justificada pela baixa disponibilidade de Ca e Mg no solo (FIDALSKI, 1999).

Experimento conduzido no cerrado de Roraima utilizam a dose de 900 kg ha<sup>-1</sup> de calcário (SCHWENGBER et al., 2002). Takahashi e Gonçalo (2005) recomendam não ultrapassar a dose de 1,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário, sendo as épocas e modos de aplicação do calcário e dos adubos:

a) calagem - pode ser realizada em qualquer época do ano, devendo-se utilizar o calcário dolomítico, que contem cálcio e magnésio. Ele deve ser aplicado a lanço em toda a área, de modo uniforme, e incorporado a 20 cm ou mais, sendo importante que anteceda de um a dois meses o plantio, para dar tempo de reagir no solo;

b) adubação nitrogenada - a mandioca responde bem à aplicação de adubos orgânicos (esterços, 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 de usar uréia ou sulfato de amônio, a aplicação deve ser em cobertura ao redor da planta, 30 a 60 dias após a brotação das manivas, com o solo úmido;

c) adubação fosfatada - o superfosfato simples e o superfosfato triplo são os adubos fosfatados mais utilizados e devem ser aplicados no fundo da cova ou do sulco de plantio. O superfosfato simples tem a vantagem de também conter enxofre na sua composição;

d) adubação potássica - deve ser aplicada na cova ou sulco de plantio, juntamente com o fósforo. Os adubos potássicos mais utilizados são o cloreto de potássio e o sulfato de potássio. Em solos arenosos, a fim de garantir eficiência da adubação, o potássio deve ser fracionado em duas aplicações, sendo distribuída metade da dose no plantio e a outra metade em cobertura, junto com o nitrogênio.

### **3.1.3. Preparo da área**

O preparo do solo é uma das operações agrícolas na qual se procura alterar seu estado físico, químico e biológico, de forma a proporcionar melhores condições para o máximo desenvolvimento das plantas cultivadas (GABRIEL FILHO et al., 2000).

As operações de preparo do solo devem ser as mínimas possíveis, apenas o suficiente para a instalação da cultura e para o bom desenvolvimento do sistema radicular, e sempre executadas segundo as curvas de nível do terreno, orientação esta que também deve ser seguida para o plantio (SOUZA; SOUZA, 2000). Segundo Gabriel Filho et al. (2000), o preparo convencional do solo pode ser substituído pelo cultivo mínimo, no plantio da cultura da mandioca, pois a produtividade e o esforço para a retirada das raízes não se alteraram quando não se revolveu o solo.

De acordo com Gomes e Leal (2003), dois aspectos devem ser considerados na conservação do solo em mandioca: 1) ela protege pouco o solo contra erosão, pois o crescimento inicial é muito lento e o espaçamento é amplo, fazendo com que demore a cobrir o solo para protegê-lo da degradação de sua estrutura pelas chuvas e enxurradas, e 2) ela é esgotante do solo, pois quase tudo que produz (raízes, folhas e manivas) é exportado da área, para produção de farinha, alimentação humana e animal e como sementes para novos plantios, muito pouco retornando ao solo sob a forma de resíduos.

### **3.2. Efeito do Nitrogênio na Planta**

Apesar da constatação de que o fornecimento natural de nitrogênio pelos solos tropicais é limitado, a prática correta da adubação nitrogenada não é utilizada pela maioria dos agricultores que cultivam a mandioca, ocorrendo muitas vezes o desenvolvimento da cultura em condições de deficiência de nitrogênio, o que acarreta o baixo desenvolvimento das plantas (CRUZ, 2001).

O nitrogênio participa de inúmeras moléculas e estruturas nos vegetais, por isso grandes quantidades de N são absorvidas pelas culturas (CANTARELLA, 2007). Este nutriente está presente nas células dos vegetais, compondo sua estrutura e funções metabólicas essenciais, estando diretamente envolvidos no crescimento, no metabolismo intermediário e no metabolismo energético de células vivas e também como componente básico de aminoácidos, proteínas, enzimas, hormônios vegetais e vitaminas (HÁK; NÁTR, 1987; SOUZA; FERNANDES, 2006).

Com isso, plantas cultivadas sob deficiência de N podem não expressar seu potencial produtivo, visto que sob tais condições podem ocorrer reduções significativas na taxa de formação e expansão foliar e na taxa assimilatória líquida por unidade de área (CRUZ; PELACANI; ARAÚJO, 2006).

De maneira geral, a deficiência de nitrogênio induz, inicialmente, a clorose dos bordos das folhas mais velhas, e posteriormente, de toda a folha. O crescimento da planta é lento, os caules são finos, as folhas são eretas e de coloração verde-pálida. Normalmente, a deficiência de N em plantas está associada a solos que não receberam adequada adubação, sendo mais marcante em solo arenoso, ácido, pobre em matéria orgânica e sujeito a intensa precipitação pluviométrica (FONTES, 2006).

Alves e Silva (2003) destacam que os principais sintomas de deficiência de nitrogênio visualizados na mandioca são o crescimento reduzido da planta; em algumas cultivares ocorre amarelecimento uniforme e generalizado das folhas, iniciando nas folhas inferiores e atingindo toda a planta.

Cardoso Júnior et al. (2005a), avaliando diferentes doses de nitrogênio sobre o teor de HCN na mandioca, não encontraram aumento no teor de clorofila, teor de nitrogênio na matéria seca foliar, na porcentagem de proteína bruta e sobre o teor de HCN de raízes tuberosas, ao utilizarem nitrogênio aplicado no solo. O teor de HCN nas folhas só foi influenciado pelo efeito das doses de nitrogênio, quando este foi determinado aos 90 dias após a brotação. Nas plantas cultivadas em solução nutritiva, o teor de clorofila e porcentagem de nitrogênio na matéria seca foliar foram influenciados, positivamente, pelo aumento das concentrações de nitrogênio até 60 mmol mL<sup>-1</sup>.

Oliveira (2012) e Oliveira et al. (2012), constataram que os componentes de produção e o teor de HCN da mandioca apresentaram resposta positiva às doses de N em cobertura.

### **3.3. Curva de Absorção**

A determinação da curva de absorção pelas culturas é importante para a planificação da aplicação de fertilizantes, disponibilizando os nutrientes de forma prontamente assimiláveis na fase de desenvolvimento em que há uma maior exigência da cultura, com o objetivo de atingir sua máxima capacidade produtiva.

As plantas superiores possuem, em média, 5% de nutrientes minerais na matéria seca, porém são grandes as diferenças entre espécies, e as quantidades totais exigidas por uma cultura dependem da produtividade. Por outro lado, a absorção de nutrientes varia com a fase de desenvolvimento da planta,

intensificando-se com o florescimento, a formação e o crescimento dos frutos (HAAG et al., 1981).

O nitrogênio apresenta uma relação íntima de interação com a absorção de outros nutrientes, podendo diminuir ou aumentar a absorção destes. A interação mais comum está relacionada com o K, o suprimento balanceado de N e de K frequentemente aumenta a resposta a ambos, mas a não adição de um deles em solos deficientes pode levar a decréscimos na resposta ao outro tanto na produção quanto em acúmulo de nutrientes (CANTARELLA, 2007). A interação entre o N e o P, é pouco conhecida, sendo elucidada para a cultura do milho, onde o aumento da absorção de P ocorre quando empregado juntamente com o N. À relação entre N e o S é importante e deve ser levada em conta em programas de adubação (CANTARELLA, 2007).

Como a adição de N pode proporcionar a acidificação ou alcalinização da região próxima a rizosfera, a absorção de outros nutrientes pode ser prejudicada, principalmente os micronutrientes que com a mudança do pH pode aumentar ou diminuir a solubilidade ou disponibilidades destes nutrientes (FERREIRA et al., 2001; MAÇÃS, 2008).

### **3.4. Teor de Clorofila**

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas folhas, sendo responsável, juntamente com outros pigmentos, pela captura e transferência da energia radiante do sol que é usada na fotossíntese. A clorofila tem picos de absorbância da luz nos comprimentos de 480 nm (clorofila *b*) e 680 nm (clorofila *a*), espectro de ação importante para a fotossíntese (FONTES, 2011).

Com a intensificação do conceito de agricultura de precisão a necessidade de estimar em tempo real o estado de nutrientes da planta, principalmente o nitrogênio, tornou-se mais acentuada, sem causar danos à mesma. O clorofilômetro é um equipamento que permite determinar em tempo real a intensidade da cor verde da folha que, ao estar calibrada, estima os teores de clorofila e de nitrogênio da folha (FONTES, 2011).

Os valores do clorofilômetro SPAD que correspondem a um valor numérico, chamado de leitura SPAD (sem unidade) são calculados com base na quantidade de luz transmitida pela folha em duas regiões de comprimento de onda e tem sido

usado para avaliar o estado nutricional com relação ao suprimento de nitrogênio, visto que o teor de clorofila (cor verde) se correlaciona com o teor desse nutriente (MALAVOLTA, 2006; FONTES, 2011).

Rambo et al. (2011) encontraram que o teor relativo de clorofila (determinado pelo SPAD-502) e o índice de suficiência são variáveis mais associadas à produtividade de grãos, sendo indicadores mais precisos em estimar a necessidade de adubação nitrogenada na cultura do milho.

Para estimar o teor de clorofila em folhas de batata, Coelho et al. (2010a) recomenda o uso do clorofilômetro, pois este apresentou correlação positiva com o teor de clorofila extraível.

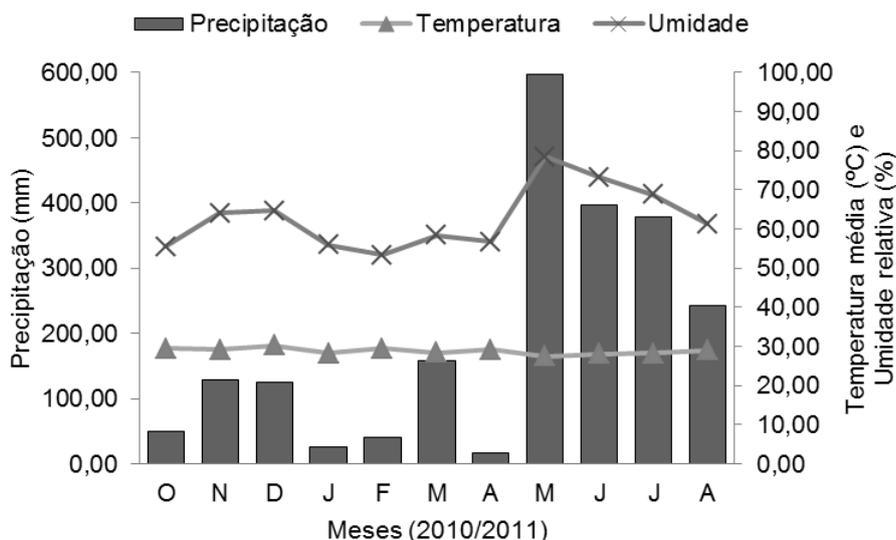
Segundo Soratto, Carvalho e Arf (2004), para indicar o estado nutricional do feijoeiro quanto ao teor de N, a avaliação indireta do teor de clorofila é eficiente, tanto para plantio direto quanto para plantio convencional.

Para Argenta, Silva e Bortolini (2001), o teor de clorofila das folhas, principalmente associado a indicadores de solo, apresentam um grande potencial como indicador para recomendação de adubação de nitrogênio em cereais.

Gil et al. (2002) encontraram correlação linear e positiva entre os valores do índice SPAD e os da produção de tubérculos de batata, indicando que o índice SPAD pode ser usado no prognóstico da produtividade da cultura.

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento em campo foi conduzido entre os meses de outubro de 2010 a agosto de 2011, na área experimental do *Campus* do Cauamé 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. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Awi com duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa (abril-agosto) e outra seca (outubro-março). 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 agosto de 2011. Boa Vista-RR.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrocoeso típico (PAdx), de textura Franco-Argilo-Arenosa e relevo suave ondulado. Este solo é profundo, bem drenado, com sinais de erosão laminar, ausência de pedregosidade e rochosidade, com vegetação dominante do tipo savana parque (BENEDETTI et al., 2011). A implantação da cultura foi realizada em sucessão a vegetação primária.

A análise física e química das amostras do solo da área estudada, à profundidade de 0-20 e 20-40 cm, 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

Camada	pH H <sub>2</sub> O	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	CTCef	T	V	m	MO
		mg dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		g kg <sup>-1</sup>
0-20	5,16	0,9	6,7	0,89	0,13	0,21	1,0	1,19	1,4	2,19	54,3	15	6,7
20-40	5,06	0,5	7,0	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 <sup>-1</sup>												
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<sup>-1</sup>; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>; Matéria orgânica do solo (MO) - Walkley-Black.

A cultivar de mandioca utilizada foi a Aciolina, pertencente à coleção de Germoplasma de Mandioca do Departamento de Fitotecnia do CCA/UFRR, 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, realizou-se calagem e adubação com base na recomendação geral da EMBRAPA Roraima, sendo distribuídos 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico a lanço, 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo utilizado o formulado 2-24-12 (N-P-K), aplicados 30 dias antes do plantio sobre a vegetação natural.

Para abertura da área, a vegetação natural foi dessecada com herbicida a base de glifosato, dez dias antes do plantio. Durante a condução do experimento foram realizados capinas manuais para o controle das plantas daninhas, levando-se em consideração o período crítico de competição à 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 8,0 metros de comprimento e 6,4 metros de largura, 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 m<sup>2</sup>).

Foram utilizadas manivas medindo 20 cm, colocadas na posição horizontal em covas abertas manualmente, por meio de enxada, numa profundidade de 10 cm,

aproximadamente. No plantio, as covas receberam uma complementação de calcário dolomítico ( $500 \text{ kg ha}^{-1}$ ),  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Superfosfato simples),  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Cloreto de potássio) e  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  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 uréia) na parcela e as épocas de avaliação do teor de nutrientes nas folhas, em dias após a emergência (DAE), na subparcela. As doses de N (0, 30, 60, 150 e  $330 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foram aplicadas a lanço, sendo cada dose subdividida em duas aplicações, aos 30 e 60 DAE. As épocas de avaliação foram: 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 300 DAE para os teores foliares de nutrientes e 120, 150, 180, 240 e 300 DAE para as variáveis: teor de clorofila *a* e *b*; produtividade da parte aérea, diâmetro do caule, comprimento do pecíolo da folha; comprimento do lóbulo central, largura da folha e produtividade de raízes.

Para realizar análise química foliar foram coletadas, em cada época de avaliação, 10 folhas por planta a partir do ápice de três plantas de cada parcela (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999; RAIJ, 2011) fazendo uma amostra composta. O material amostrado foi lavado em água corrente e seco em estufa de ventilação forçada de ar a  $70^\circ\text{C}$ , por 72 horas. O material vegetal seco foi moído em moinho tipo Wiley. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Planta da Universidade Federal de Viçosa.

O teor de N total foi determinado pelo método de Kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1997). Os teores dos elementos P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn e Zn foram determinados após a mineralização pela digestão nítrico-perclórica. O teor de P foi determinado pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C, modificado por Braga e Defelipo (1974). O teor de K foi determinado por fotometria de absorção de chama. Os teores de Ca, Mg, Fe, Mn e Zn foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC, 1975). O S foi determinado por turbidimetria do sulfato (JACKSON, 1958).

O teor de clorofila *a* e *b* foram determinados em duas folhas fisiologicamente maduras da terceira fileira com clorofilômetro portátil marca Minolta, modelo SPAD-502, em três plantas por parcela nas épocas de avaliação. Pelo somatório dos teores de clorofila *a* e *b* obteve-se o teor de clorofila total. Os resultados obtidos estão em unidades SPAD.

As variáveis agronômicas foram determinadas em amostra de três plantas de cada subparcela, compreendendo: produtividade da parte aérea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), estimada pela obtenção da massa fresca da parte aérea; diâmetro do caule (cm), medido com o auxílio de fita métrica; comprimento do pecíolo (cm), medido com régua graduada da inserção no caule até o início do lóbulo foliar; comprimento do lóbulo central (cm), medido de uma extremidade a outra do lóbulo; largura da folha (cm), medida com o auxílio de uma fita métrica de uma extremidade lateral a outra da folha; e produtividade de raízes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) estimada pela obtenção da massa fresca das raízes tuberosas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. Realizaram-se a análise de regressão para os efeitos significativos. Os coeficientes dos componentes de cada modelo foram testados, escolhendo-se os modelos significativos com maior coeficiente de determinação.

Para avaliar as inter-relações entre as variáveis independentes, efetuou-se estudo de correlação, baseado no modelo de Pearson.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Macronutrientes**

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 2), observa-se que a interação entre os efeitos estudados afetaram de modo altamente significativo as variáveis teor de N, P, K, Ca, Mg e S na mandioca, cv. Aciolina.

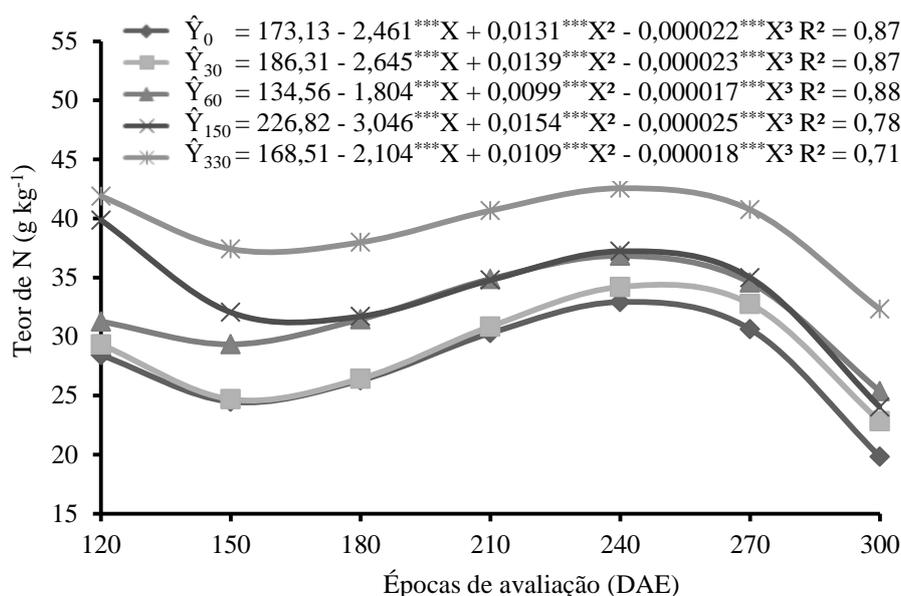
**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de mandioca cv. Aciolina, em função da adubação nitrogenada e épocas de avaliação, Boa Vista-RR

FV	GL	Quadrado Médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	1,281 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,478 <sup>ns</sup>	2,006 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,018 <sup>ns</sup>
DN	4	390,482***	3,487***	70,971***	141,291***	24,845***	0,225***
Erro 1	12	1,765	0,005	0,297	2,111	0,007	0,021
DAE	6	404,594***	2,611***	25,097***	356,494***	5,874***	2,369***
DN x DAE	24	10,324***	0,023***	2,359***	7,915***	0,122***	0,100***
Erro 2	90	1,815	0,004	0,214	2,110	0,007	0,014
CV1(%)		3,71	2,71	3,97	7,03	1,36	6,83
CV2(%)		3,76	2,50	3,37	7,03	1,38	5,63

FV- Fontes de variação; DN- Doses de nitrogênio; DAE- Dias após a emergência; <sup>ns</sup> - não significativo; \*\*\*- significativo a 0,1% de probabilidade, pelo Teste F.

### 5.1.1. Nitrogênio (N)

O teor de nitrogênio na folha de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação foi melhor modelada por uma função cúbica para os níveis de N aplicados em cobertura (Figura 2).



**Figura 2** - Teor foliar de nitrogênio (N) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

Aos 120 DAE, os teores de N nas folhas de mandioca cv. Aciolina foram superiores aos encontrados aos 150 DAE, para todas as doses, com teores de 28,43; 29,33; 31,26; 39,86; 41,89 g kg<sup>-1</sup> para as doses 0, 30, 60, 150, 330 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

A partir dos 150 DAE, há aumento nos teores foliares de N para as doses avaliadas até a planta completar oito meses (240 DAE), com maior teor observado (42,56 g kg<sup>-1</sup>) na dose de 330 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em cobertura. Teores inferiores ao obtido foram encontrados por Rodriguez et al. (2009) de 33,3 g kg<sup>-1</sup> nas folhas de mandioca cv. Tempranita aos oito meses de cultivo.

Aos 270 e 300 DAE, o teor de N nas folhas de mandioca, cv. Aciolina foi reduzido para todas as doses. Na ausência de adubação nitrogenada em cobertura os teores de N foram inferiores às demais doses, em todas as épocas de avaliação, destacando-se aos 150 DAE (24,41 g kg<sup>-1</sup>) e 300 DAE (19,83 g kg<sup>-1</sup>).

Martinez, Carvalho e Souza (1999) e Raji (2011), definem os valores de referência de N que podem inferir sobre o estado nutricional nas plantas de mandioca entre 51 e 58 g kg<sup>-1</sup> e entre 45 e 60 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, de três a quatro meses de idade. Aos oito meses e na dose 330 kg ha<sup>-1</sup> de N, o teor foliar de N (42,56 g kg<sup>-1</sup>) da cv. Aciolina foi próximo aos limites indicados. No entanto, propõe-se que para cv. Aciolina os limites de referência sejam inferiores aos indicados.

O N foi macronutriente primário mais acumulado na cv. Aciolina. Segundo Adjei-Nsiah (2010), a mandioca mobiliza e extrai grandes quantidades de N do solo, podendo repor uma quantidade substancial através da deposição das folhas no solo.

Souza et al. (2009) concluíram que a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N promoveu aumento de 11% no teor deste nutriente nas folhas da mandioca de mesa, cv. Saracura superior em aproximadamente sete vezes ao teor encontrado nas raízes, independente da forma de adubo utilizado (uréia, sulfato de amônio ou nitrocálcio).

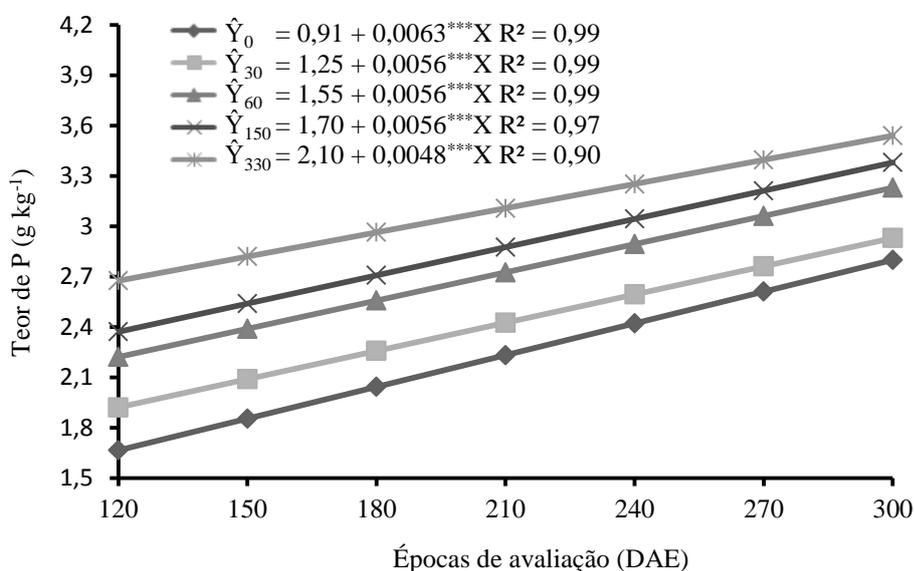
Os resultados discordam de Cardoso Júnior et al. (2005a), ao avaliar o efeito da adubação nitrogenada (0, 50, 100, 200, 300, 400 kg ha<sup>-1</sup> de N), aplicadas no solo em duas variedades de mandioca (Sergipe e Lisona), não encontraram respostas significativas para as diferentes doses de N no teor foliar deste nutriente avaliada aos 360 DAE, indicando que a resposta da planta a adubação nitrogenada pode estar relacionada ao fator genético.

Resultados semelhantes foram encontrados por Braun et al. (2011) na cultura da batata e Lobo, Grassi Filho e Brito (2011) no girassol, com efeito linear crescente no incremento do teor foliar de N, em função de doses de nitrogênio.

Contrariamente, em mudas do umbuzeiro, Neves et al. (2007), encontraram resposta quadrática positiva para as doses de N.

### 5.1.2. Fósforo (P)

O teor de fósforo na folha de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação foi melhor modelada por uma função linear crescente para os níveis de N aplicados em cobertura (Figura 3).



**Figura 3** - Teor foliar de fósforo (P) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

Na primeira avaliação (120 DAE) os teores de P nas folhas da mandioca foram: 1,67; 1,92; 2,22; 2,37; 2,68 g kg<sup>-1</sup> nas doses 0, 30, 60, 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. O maior aumento (1,13 g kg<sup>-1</sup>) se deu no tratamento que não recebeu adição de nitrogênio em cobertura.

O maior teor foliar de P encontrado na mandioca (3,54 g kg<sup>-1</sup>) foi aos 300 DAE na dose de 330 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicada em cobertura.

A partir da primeira avaliação as doses 60, 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup> apresentaram teores de P nas folhas dentro dos níveis críticos para a cultura da mandioca

estabelecido por Rajj (2011) que varia de 2,0 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>. Já para os níveis indicados por Martinez, Carvalho e Souza (1999), de 3,0 a 5,0 somente aos 210, 240 e 270 DAE para as doses 60, 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, o teor de P nas folhas de mandioca fica entre os níveis estabelecidos.

Grant et al. (2001) enfatizam que o déficit de P no início do desenvolvimento da planta restringe o crescimento, condição da qual a planta não mais se recupera. Com o crescimento da planta, a área de exploração do sistema radicular se expande aumentando a eficiência de recuperação de P no solo (PREZOTTI, 2001).

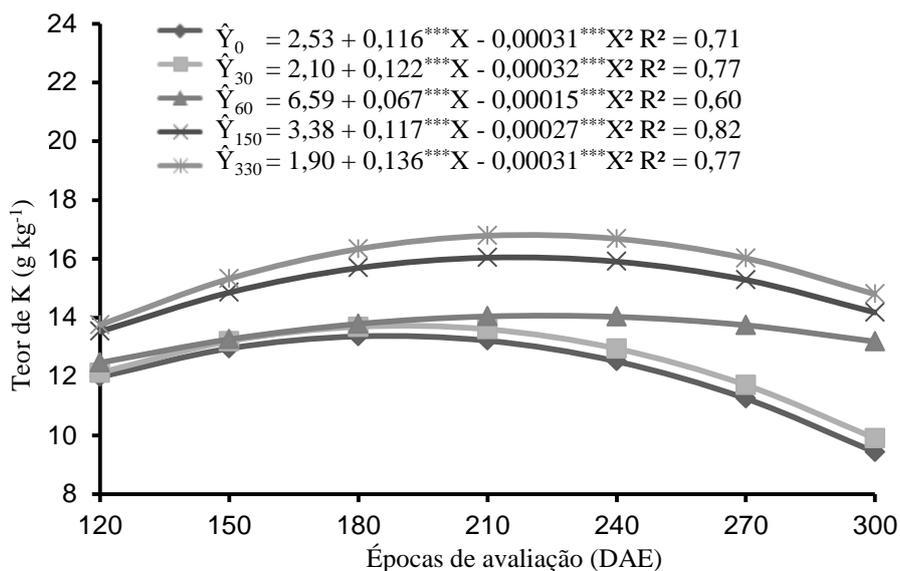
Silva et al. (2011), estudando diferentes doses de P no acúmulo de nutrientes em mamoneira, família Euphorbiaceae, também encontraram resposta linear para o teor foliar de nitrogênio, o que intensifica a relação sinérgica entre os dois nutrientes.

Fidalski (1999), trabalhando com adubação de NPK e calagem na cultura da mandioca, observou que houve um incremento na produção de raízes de mandioca quando aplicados 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no solo, com um incremento de 28% na cultivar Altônia e 39% para Paranavaí.

Ao avaliar o crescimento de mandioca e outras espécies daninhas em função da adubação fosfatada, Pereira et al. (2012) verificaram que a fertilização promove um maior crescimento da parte aérea com a disponibilidade de P.

### **5.1.3 Potássio (K)**

O teor de potássio na folha de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação foi melhor modelada por uma função quadrática para os níveis de N aplicados em cobertura (Figura 4).



**Figura 4:** Teor foliar de potássio (K) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

O maior teor observado ( $16,81 \text{ g kg}^{-1}$  de K) foi encontrado quando a planta estava com aproximadamente sete meses (220 DAE), na dose de  $330 \text{ kg ha}^{-1}$  com incremento de  $3,05 \text{ g kg}^{-1}$  em relação à primeira avaliação, com ligeira redução até a última avaliação.

Mesmo com pequena variação entre as doses  $0, 30$  e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , a ausência de nitrogênio aplicado em cobertura apresentou os menores teores foliares de K na primeira avaliação (120 DAE) com teor de  $11,99 \text{ g kg}^{-1}$  de K, e incremento de  $1,39 \text{ g kg}^{-1}$  em relação ao teor obtido na melhor época de avaliação aos 187 DAE ( $13,38 \text{ g kg}^{-1}$ ). Aos 300 DAE houve redução de  $3,95 \text{ g kg}^{-1}$  de K nas folhas de mandioca em relação à época de máximo acúmulo (187 DAE).

Na primeira avaliação (120 DAE), o teor de K na folha apresenta pequena variação entre as doses ( $11,99$  a  $13,76 \text{ g kg}^{-1}$  de K), possivelmente, devido à planta encontrar-se, ainda, em seu estágio inicial, saindo da fase 2, onde se dá a formação das raízes absorventes, responsáveis pela absorção dos nutrientes do solo, conforme relatado por Alves (2006).

O acúmulo de K foi crescente até aproximadamente os sete meses de idade da planta, a partir desse momento há uma redução no teor de K nas folhas de mandioca. Segundo Raij (2011), a maior parte do potássio é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo.

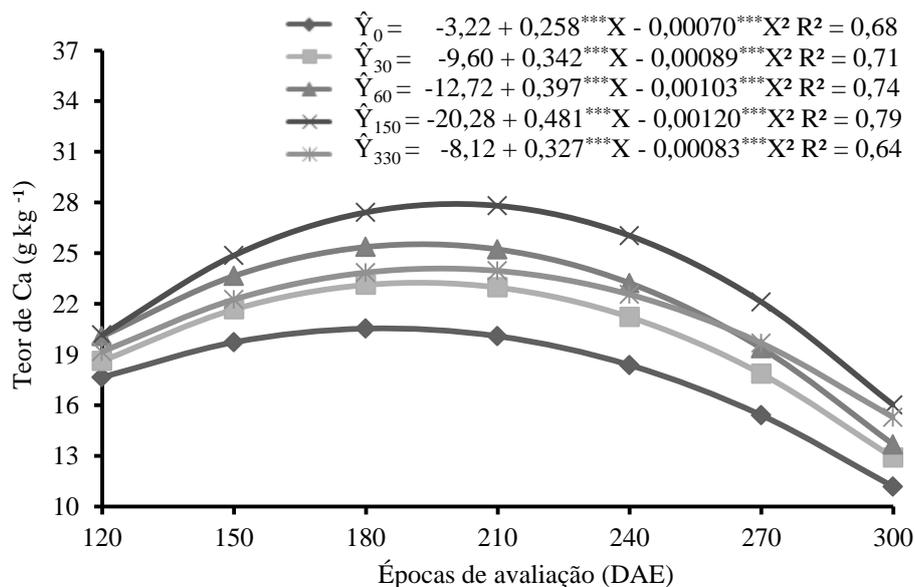
Martinez, Carvalho e Souza (1999) e Raij (2011) estabeleceram o nível crítico de K nas folhas da cultura da mandioca entre 13 e 20 g kg<sup>-1</sup> e 10 e 20 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, de três a quatro meses de idade. Mesmo nas menores doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, os teores foliares de K nas folhas de mandioca encontram-se entre os níveis estabelecidos para o bom desenvolvimento da cultura e somente na última avaliação as doses 0 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N ficaram com teores abaixo do nível crítico estabelecido por Raij (2011). As doses 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup> permaneceram entre os níveis indicados por Martinez, Carvalho e Souza (1999) em todas as épocas de avaliação e a dose 60 kg ha<sup>-1</sup> a partir dos 150 DAE. A dose 30 kg ha<sup>-1</sup> apresentaram níveis entre esse intervalo somente nas avaliações aos 150 a 240 DAE, e a ausência de N somente aos 180 DAE.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lobo, Grassi Filho e Brito (2011), ao avaliarem diferentes doses de N na cultura do girassol, o teor de K nas folhas respondeu de forma quadrática positiva.

Ao estudar a marcha de absorção na cultura da batata, cv. Atlantic, Favoretto (2005) observou resposta linear crescente para os teores de potássio, na parte aérea da planta, nas diferentes épocas de avaliação.

#### **5.1.4. Cálcio (Ca)**

O teor de cálcio na folha de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação foi melhor modelada por uma função quadrática para os níveis de N aplicados em cobertura (Figura 5).



**Figura 5:** Teor foliar de cálcio (Ca) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

Aos 120 DAE, dentro das doses de N avaliadas, os teores de cálcio acumulados variaram de 17,66 a 20,16 g kg<sup>-1</sup> na dose 0 e 150 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com incremento de 2,50 g kg<sup>-1</sup>. Entre 184 e 200 DAE se deu o maior acúmulo de Ca, independentemente da dose de N, destacando-se as plantas cultivadas na dose 150 kg ha<sup>-1</sup> de N que apresentaram o maior teor acumulado (27,92 g kg<sup>-1</sup> de Ca), aproximadamente aos 200 DAE.

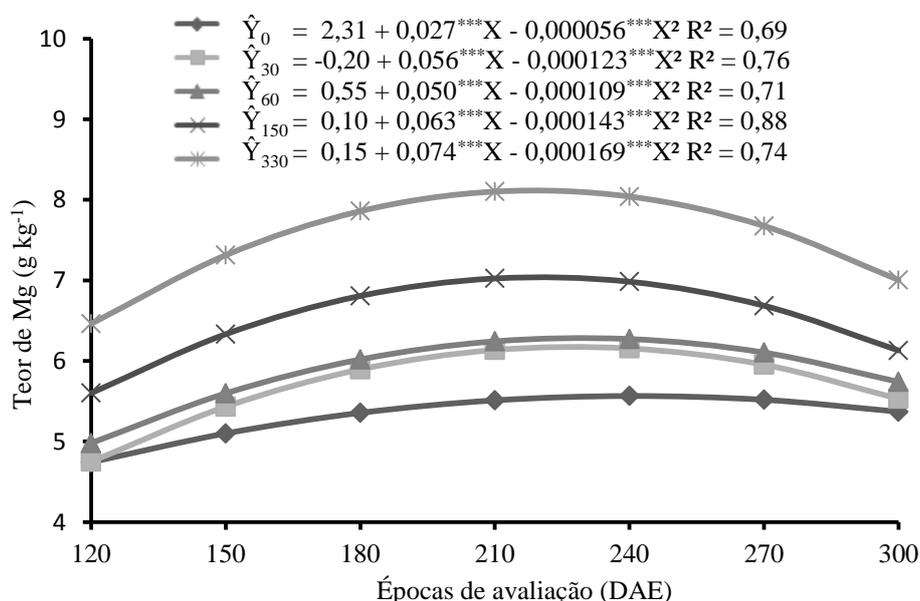
Martinez, Carvalho e Souza (1999) e Raij (2011) estabeleceram o nível crítico de Ca nas folhas da cultura da mandioca entre 7,5 e 8,5 g kg<sup>-1</sup> e 5,0 e 15 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, aos três e quatro meses de idade. Os níveis de Ca encontrados nas folhas de mandioca cv. Aciolina estão acima dos considerados ideais para o desenvolvimento da mandioca, apenas na última avaliação os teores encontrados foram abaixo de 15 g kg<sup>-1</sup> para as doses 0, 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicado em cobertura.

Mesmo o Ca apresentando baixa mobilidade na planta (BRAUN et al., 2011), os teores de Ca ao longo do ciclo de cultivo apresentaram comportamento quadrático, independentemente do nível de N na solução do solo. Esse modelo define que a maior demanda de Ca se dá na fase 4. O N interferiu positivamente na absorção do Ca até a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>.

A dose  $330 \text{ kg ha}^{-1}$ , diminui a absorção do Ca, provavelmente por efeito de competição entre os cátions  $\text{Ca}^+$  e  $\text{NH}_4^+$  pelos sítios de absorção ou a elevada concentração de  $\text{NH}_4^+$  favorece a saída do Ca da zona radicular. Comportamento semelhante foi observado em outras culturas como girassol (LOBO; GROSSI FILHO; BRITO, 2011) e algodão (CARVALHO et al., 2001) onde os teores diminuíram com o aumento das doses de N.

### 5.1.5. Magnésio (Mg)

O teor de magnésio na folha de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação foi melhor modelada por uma função quadrática para os níveis de N aplicados em cobertura (Figura 6).



**Figura 6:** Teor foliar de magnésio (Mg) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

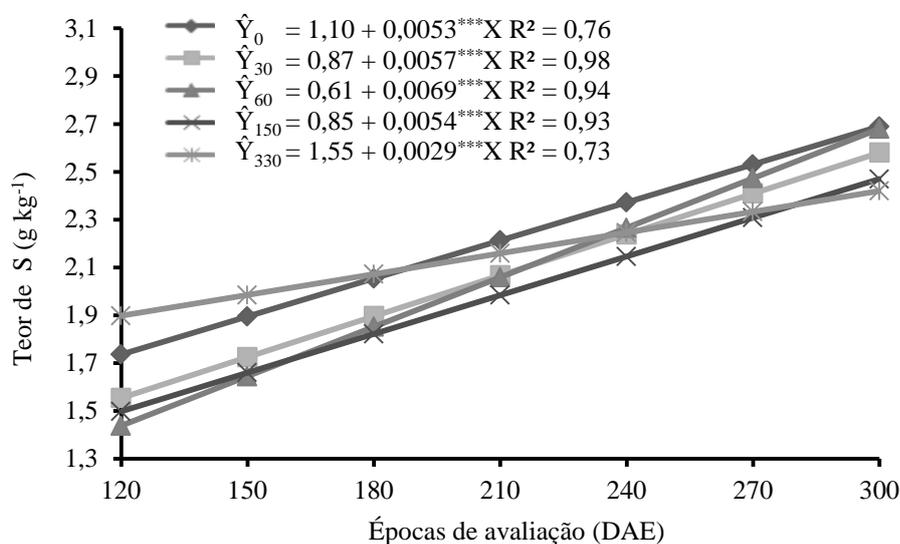
Aos 120 DAE os teores foliares de Mg para as menores doses de N foram semelhantes. Na dose  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  o teor foi de  $4,74 \text{ g kg}^{-1}$ , na dose  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $4,75 \text{ g kg}^{-1}$  e na dose  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  foi encontrado teor de  $4,98 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg, já nas doses 150 e  $330 \text{ kg ha}^{-1}$  os teores encontrados foram de  $5,60 \text{ g kg}^{-1}$  e  $6,46 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente.

O máximo acúmulo de Mg na folha ( $8,25 \text{ g kg}^{-1}$ ) se deu aos 220 DAE, na dose de  $330 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. A ausência de N aplicado em cobertura elevou para 250 DAE para as plantas atingirem o máximo acúmulo de Mg ( $5,56 \text{ g kg}^{-1}$ ) nesta dose.

Para que haja um bom desenvolvimento da cultura da mandioca, o teor foliar de Mg avaliado de três a quatro meses, deve ficar entre  $2,0$  e  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  (RAIJ, 2011). Apenas nas doses  $0$ ,  $30$  e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  os teores de Mg ficaram entre esse intervalo, visto que a partir de 150 DAE os teores são acima de  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ . Para Martinez, Carvalho e Souza (1999) esses valores ficam entre  $2,9$  e  $3,1 \text{ g kg}^{-1}$ , valores estes inferiores aos encontrados neste presente trabalho, onde estão acima dos estabelecidos em todas as doses e épocas de avaliação.

### 5.1.6. Enxofre (S)

O teor de enxofre na folha de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação foi melhor modelada por uma função linear crescente para os níveis de N aplicados em cobertura (Figura 7).



**Figura 7:** Teor foliar de enxofre (S) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

Aos 120 DAE a dose  $330 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, apresentou os maiores teores de S ( $1,90 \text{ g kg}^{-1}$ ), o segundo maior teor foi encontrado no tratamento que não recebeu aplicação de nitrogênio em cobertura ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) com teor de  $1,74 \text{ g kg}^{-1}$ .

O menor teor foliar ( $1,44 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi observado na dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , no entanto, este tratamento apresentou o maior incremento no teor de S nas folhas de mandioca, com aumento de  $1,24 \text{ g kg}^{-1}$  na última avaliação (300 DAE), apresentando teor semelhante à dose  $0 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A partir da quarta avaliação (210 DAE), os teores de S nas folhas foram maiores na dose  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, com incremento de  $0,95 \text{ g kg}^{-1}$  até a última avaliação, obtendo um teor final de  $2,69 \text{ g kg}^{-1}$ . Para a dose  $330 \text{ kg ha}^{-1}$  de N foi observado o menor incremento ( $0,52 \text{ g kg}^{-1}$ ) no teor de S em relação à primeira avaliação.

Quanto aos níveis foliares ideais para os teores de S na mandioca, de acordo com Raij (2011) esses valores variam de 2 a  $4 \text{ g kg}^{-1}$  e para Martinez, Carvalho e Souza (1999) situa-se entre 2,6 e  $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ . A partir de 180 dias, nas doses 0 e  $330 \text{ kg ha}^{-1}$  de N o teor de S se enquadrava entre os limites estabelecidos por Raij (2011). Nas demais doses, apenas a partir dos 210 DAE.

Segundo Stipp e Casarin (2010), junto com o nitrogênio, o enxofre está presente em todas as funções e processos que são parte da vida da planta, da absorção iônica as funções do RNA e DNA, inclusive controle hormonal para o crescimento e a diferenciação celular. Para esses autores, a existência de uma relação N:S leva à necessidade de um adequado balanço na nutrição das plantas quanto a estes elementos. Níveis adequados de adubação nitrogenada, sob baixos teores de S no solo, podem levar ao acúmulo de formas não proteicas de N, resultando em ineficiente utilização dos fertilizantes nitrogenados e baixa qualidade dos produtos.

## **5.2. Micronutrientes: Ferro, Manganês e Zinco**

A Tabela 3 apresenta o resumo da análise de variância para os teores de ferro, manganês e zinco, observa-se efeito significativo a 0,1% para os efeitos simples de doses de nitrogênio e épocas de avaliação, bem como para a interação sobre os teores foliares destes nutrientes na mandioca, cv. Aciolina.

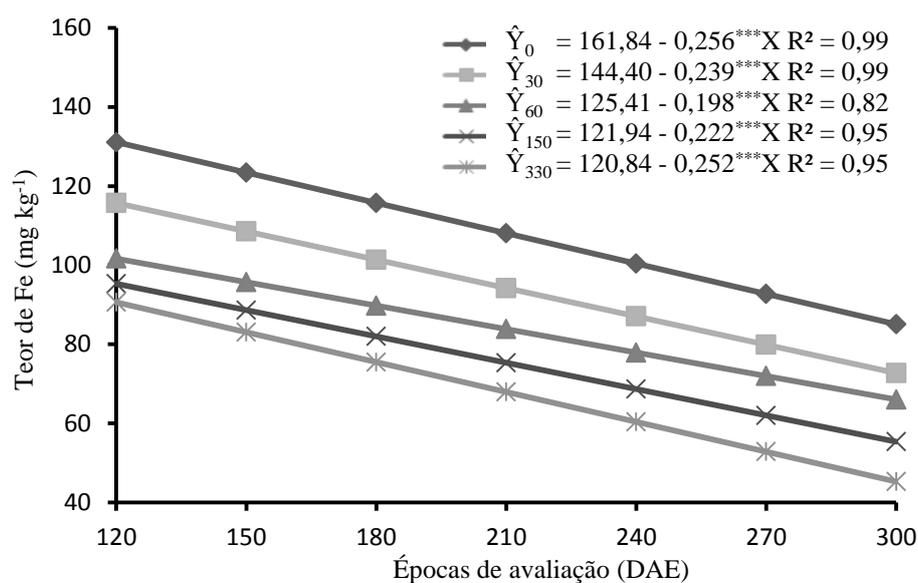
**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para os teores de ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas de mandioca cv. Aciolina, em função da adubação nitrogenada e épocas de avaliação, Boa Vista-RR

FV	GL	Quadrado Médio		
		Fe	Mn	Zn
Bloco	3	2,243 <sup>ns</sup>	1,472 <sup>ns</sup>	115,074 <sup>ns</sup>
DN	4	7009,095 <sup>***</sup>	2434,878 <sup>***</sup>	246,929 <sup>***</sup>
Erro 1	12	5,341	0,764	23,861
DAE	6	4674,821 <sup>***</sup>	4317,253 <sup>***</sup>	3376,294 <sup>***</sup>
DN x DAE	24	54,115 <sup>***</sup>	13,949 <sup>***</sup>	103,986 <sup>***</sup>
Erro 2	90	4,907	0,982	62,004
CV1(%)		2,69	0,96	9,82
CV2(%)		2,58	1,09	11,68

FV- Fontes de variação; DN- Doses de nitrogênio; DAE- Dias após a emergência; <sup>ns</sup>- não significativo; <sup>\*\*\*</sup>- significativo a 0,1% de probabilidade, pelo Teste F.

### 5.2.1. Ferro (Fe)

O teor de ferro na folha de mandioca, cv. Aciolina em função de épocas de avaliação foi melhor modelada por uma função linear decrescente para os níveis de N aplicados em cobertura (Figura 8).



**Figura 8:** Teor foliar de ferro (Fe) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

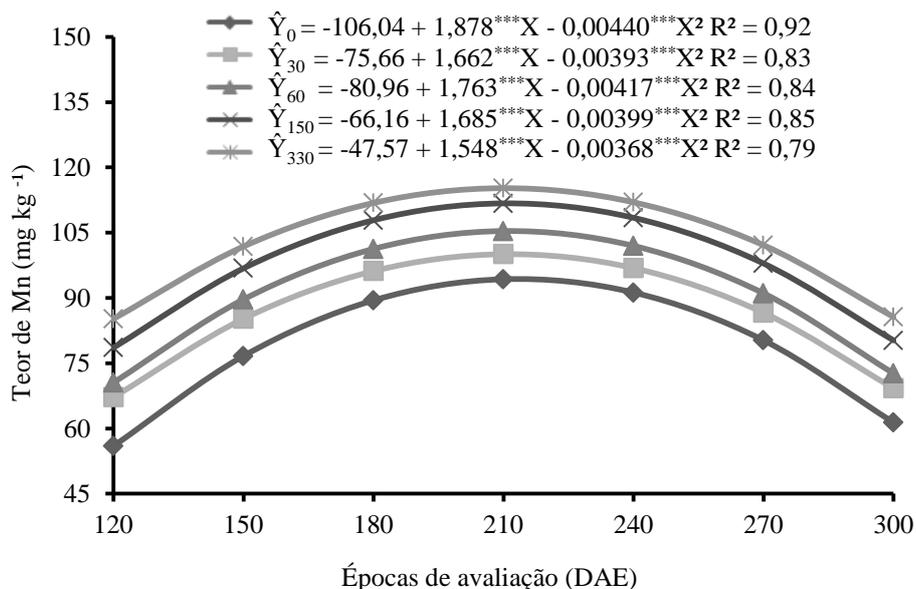
Há uma relação inversa entre a idade da planta e o acúmulo de Fe na cv. Aciolina, indicando que na fase inicial de desenvolvimento a demanda por este elemento é maior. A disponibilidade de N no solo afeta sua absorção, visto que os maiores teores de Fe foram encontrados no tratamento que não foi aplicado N em cobertura, com  $131,12 \text{ mg kg}^{-1}$  de Fe nas folhas aos 120 DAE e de  $85,04$  na época de avaliação aos 300 DAE. Na maior dose de nitrogênio ( $330 \text{ kg ha}^{-1}$ ), os teores de Fe observados foram os menores em todas as épocas de avaliação.

Apesar da competição entre N e Fe, o teor foliar de Fe na cv. Aciolina, ao longo das épocas de avaliação e nas doses de N até  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , se encontra dentro dos limites considerados aceitáveis para seu desenvolvimento proposto por Raji (2011) que varia de  $60$  a  $200 \text{ mg kg}^{-1}$  de Fe. Nas doses  $150$  e  $330 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura a partir dos 250 dias de cultivo, o teor de Fe fica abaixo do limite inferior, indicando deficiência. Considerando os limites propostos por Martinez, Carvalho e Souza (1999), entre  $120,0$  e  $140,0 \text{ mg kg}^{-1}$ , somente na ausência de cobertura e até 160 DAE os teores de Fe na folha ficaram entre estes intervalos.

O modelo linear estabelecido para descrever a relação entre teor de Fe foliar na cv. Aciolina e época de avaliação, para diferentes níveis de adubação de N em cobertura, divergem do obtido por Lobo, Grassi Filho e Brito (2011), os quais encontraram respostas quadráticas positivas para os teores de Fe em folhas do girassol. Por sua vez Braun et al. (2011) não encontraram efeito significativo das diferentes doses de N nos teores de Fe nos tubérculos de cultivares de batata. Esses resultados divergentes pressupõem que as culturas têm comportamento diferente quanto à fase de exigência desse micronutriente quando submetidas adubação por nitrogênio.

### **5.2.2. Manganês (Mn)**

O teor de manganês na folha de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação foi melhor modelada por uma função quadrática para os níveis de N aplicados em cobertura (Figura 9).



**Figura 9:** Teor foliar de manganês (Mn) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

Conforme Figura 9, há uma demanda crescente por Mn na cv. Aciolina até os 213 e 210 DAE, dependendo da dose de N aplicada em cobertura, nos quais se dá o máximo acúmulo de 94,35 ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura) a 115,22  $\text{mg kg}^{-1}$  ( $330 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura), respectivamente.

Somente nas doses mais baixas de N, 0 e  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, os teores de manganês apresentaram-se dentro da faixa de teor considerada adequada para o desenvolvimento da mandioca em todas as épocas de avaliação. Raij (2011) considera que a faixa de referência varia de 25 a  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  de Mn e para Martinez, Carvalho e Souza (1999) esta faixa situa-se entre 50,0 e  $120,0 \text{ mg kg}^{-1}$ . Nas demais doses e dependendo da fase de desenvolvimento da cv. Aciolina, o teor de Mn ficou acima de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  até os 240 DAE.

Esses resultados indicam que a disponibilidade de N não afetou a disponibilidade do Mn e sua absorção pela planta. A redução da absorção do Mn se deu em relação ao período de demanda, uma vez que o aumento nas doses de N proporcionou aumento no teor absorvido. Pode-se inferir que a cv. Aciolina tem demanda de Mn até o início da fase 4 e que a absorção do N estimulou absorção do Mn.

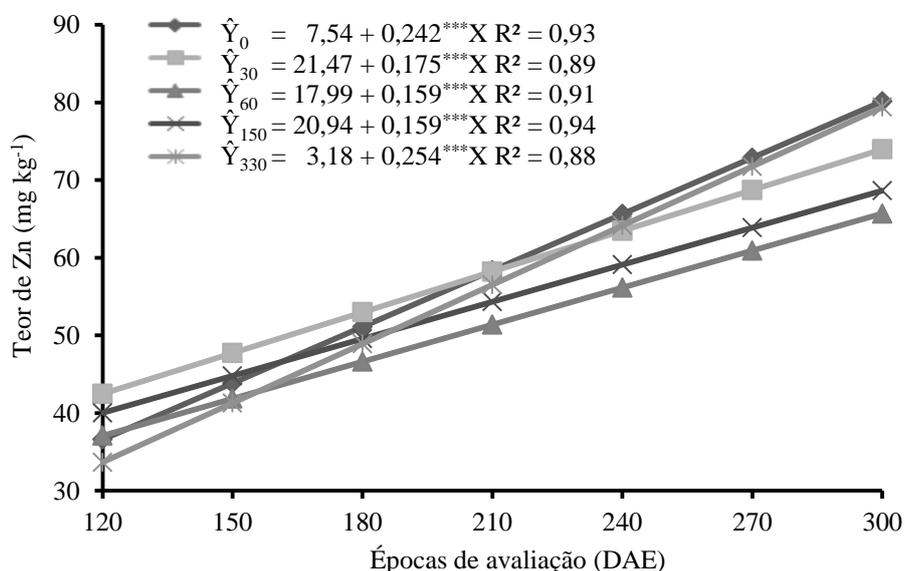
Isso pode estar relacionado à maior absorção e translocação do Mn devido à adubação nitrogenada, a qual pode causar acidificação da rizosfera, provocada pela

nitrificação ou absorção do íon amônio, aumentando a disponibilidade do Mn (FERREIRA et al., 2001; MAÇÃS, 2008).

Avaliando a adubação com manganês (fonte, sulfato de manganês com 26% de Mn) para o controle do amarelão da mandioca no Extremo Sul da Bahia, Oliveira et al. (2009) observaram incrementos no número de raízes por hectare e a produção de raízes e de parte aérea, em 113%, 189% e 146%, respectivamente. A produtividade sem o uso do manganês ficou estimada em 6,4 t ha<sup>-1</sup>. Esses mesmos autores afirmaram ainda que 52% das plantas em relação ao estande inicial presentes nas parcelas que não receberam sulfato de manganês, ao serem arrancadas, não apresentaram raízes, enquanto as parcelas que receberam a dose de 2 g planta<sup>-1</sup> de sulfato de manganês apresentaram 92% de plantas com raízes.

### 5.2.3. Zinco (Zn)

O teor de Zn na folha de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação foi melhor modelado por uma função linear crescente dentro dos níveis de N aplicados em cobertura (Figura 10).



**Figura 10:** Teor foliar de zinco (Zn) em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

Independentemente do nível de N em cobertura houve aumento do teor de Zn foliar na mandioca cv. Aciolina entre 120 e 300 DAE. As doses de N aplicadas em

cobertura não foram determinantes no aumento do Zn na folha, uma vez que aos 300 dias, o teor de Zn na ausência de N foi superior. É possível que a competitividade entre os dois cátions e a morfologia radicular da planta sejam responsáveis pelos resultados observados.

A faixa de interpretação considerada adequada para o desenvolvimento da mandioca varia entre 35 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de Zn (RAIJ, 2011) ou entre 30,0 e 60,0 mg kg<sup>-1</sup> (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999), quando a planta atinge de três a quatro meses. Exceto o teor de Zn foliar das plantas cultivadas com 330 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura (33,66 mg kg<sup>-1</sup>), as demais plantas aos 120 DAE encontravam-se dentro do nível de suficiência estabelecidos por Raij (2011) e todas as doses encontravam-se dentro parâmetros estabelecidos por Martinez, Carvalho e Souza (1999).

Campos, Bicudo e Ono (2004), avaliando a eficiência da calagem e do zinco no desenvolvimento das raízes de mandioca, concluíram que os tratamentos que apresentam doses baixas de calcário (0,0 e 1.594 kg ha<sup>-1</sup> de calcário) combinado com a aplicação de Zn na dose de 2,08 kg ha<sup>-1</sup> apresentam maiores produções de raízes de mandioca.

### **5.3. Teores de clorofila *a* e *b***

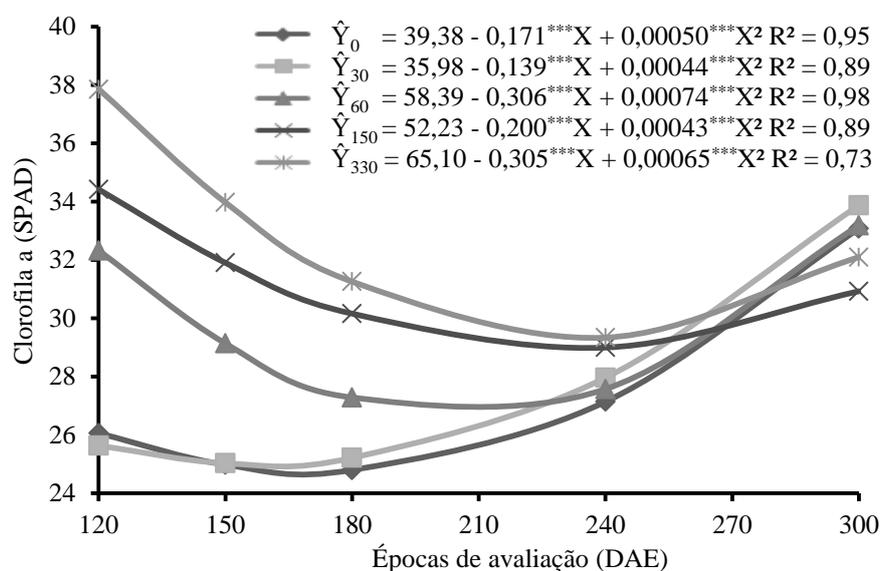
Como apresentado na Tabela 4, o efeito simples da adubação nitrogenada e épocas de avaliação influenciaram significativamente a 0,1% os teores de clorofila *a*, *b* e total, assim como a interação destes fatores, em plantas de mandioca cv. Aciolina.

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância para os teores de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b) e clorofila total (Cl T) nas folhas de mandioca cv. Aciolina, em função da adubação nitrogenada e épocas de avaliação, Boa Vista-RR

FV	GL	QUADRADO MÉDIO		
		Cl a	Cl b	Cl T
Bloco	3	1,591	0,573 <sup>ns</sup>	3,131 <sup>ns</sup>
DN	4	105,077***	59,150***	318,915***
Erro 1	12	3,268	0,261	3,874
DAE	4	106,004***	65,893***	200,606***
DN x DAE	16	30,524***	6,596***	60,746***
Erro 2	60	2,059	0,424	3,266
CV 1 (%)		6,06	6,87	5,28
CV 2 (%)		4,81	8,75	4,85

FV- Fontes de variação; DN- Doses de nitrogênio; DAE- Dias após a emergência; <sup>ns</sup>- não significativo; \*\*\*- significativo a 0,1% de probabilidade, pelo Teste F.

Os teores de clorofila a estão apresentados na Figura 11. Observa-se que o modelo quadrático negativo foi o que melhor descreveu a resposta da clorofila a em função das épocas de avaliação dentro dos níveis de N aplicados em cobertura.

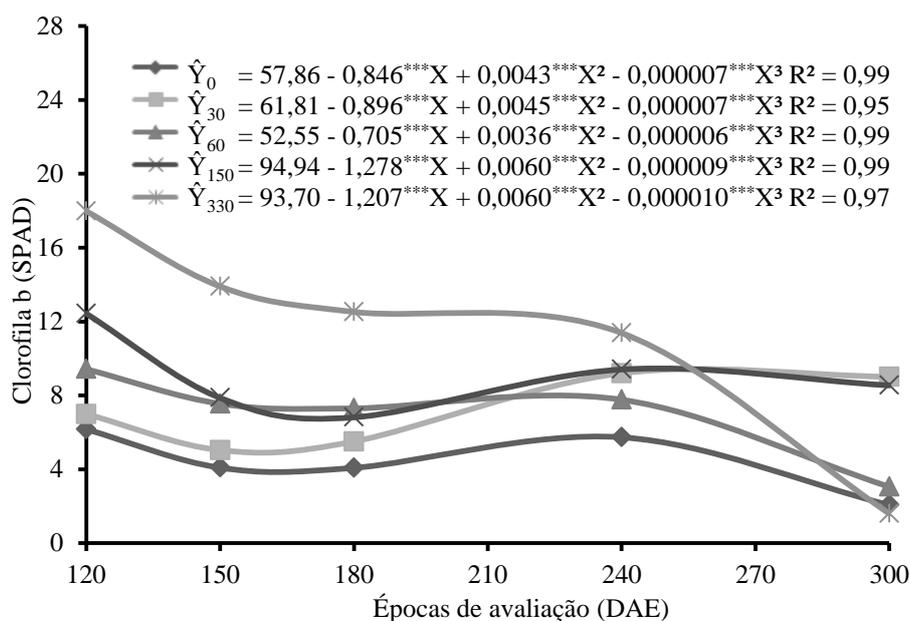


**Figura 11:** Teor de clorofila a em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

Entre 158 (30 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura) e 235 DAE (330 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura) tem-se o menor teor de clorofila *a* nas plantas da cv. Aciolina, cultivadas sob diferentes níveis de adubação nitrogenada em cobertura. O menor teor de clorofila *a*, 24,92 unidades SPAD, se deu nas plantas cultivadas sem adubação de N em cobertura, observado aos 171 DAE.

A influência das doses de N em cobertura na clorofila *a* se deu até, aproximadamente, 180 DAE (158 – 235 DAE). Aos 300 DAE observa-se que na dose 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, tem-se maior número de unidades de clorofila *a*, indicando que outros fatores relacionados com a planta tiveram mais influência sobre a clorofila *a* que a disponibilidade de N no solo.

Observa-se na Figura 12, que o modelo cúbico descreveu a melhor resposta da clorofila *b* em função das épocas de avaliação dentro dos níveis de N aplicados em cobertura.

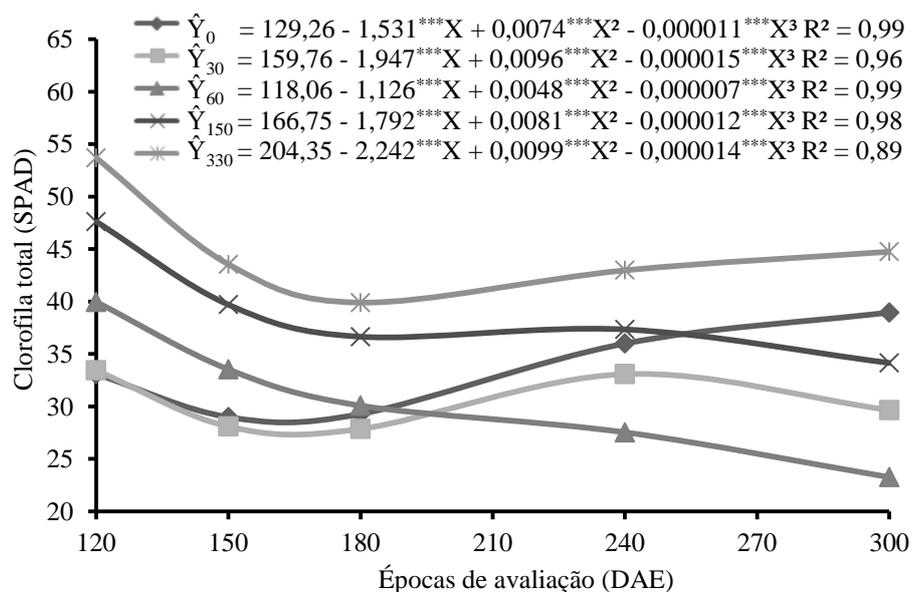


**Figura 12:** Teor de clorofila *b* em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

Aos 120 DAE verificou-se que o aumento nas doses de N elevou a clorofila *b*, sendo destacado o teor da clorofila *b* na dose 330 kg ha<sup>-1</sup> de N (17,98 unidades SPAD). Ao longo do ciclo, influenciada provavelmente pela fisiologia da planta, a clorofila *b* apresentou incrementos positivos e negativos, porém sempre inferiores aos observados aos 120 DAE, exceto na dose 30 kg ha<sup>-1</sup>.

Na última avaliação, o menor teor de clorofila *b* foi observado nas plantas cultivadas com 330 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, enquanto que o maior teor foi observado nas plantas cultivadas com 30 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

Para os teores de clorofila total, medida pelo índice SPAD, o modelo cúbico apresentou as melhores respostas em função da adubação nitrogenada, em cobertura, e épocas de avaliação (Figura 13).



**Figura 13:** Teor de clorofila total em plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

Na primeira avaliação o índice SPAD para a dose 0 e 30 kg ha<sup>-1</sup> foram semelhantes 33,54 e 33,73 unidades SPAD, respectivamente, nos demais tratamentos observou-se valores acima destes, sendo o aumento no teor de clorofila total proporcional ao aumento das doses de N, com 40,11 unidades SPAD na dose 60 kg ha<sup>-1</sup>, 47,47 unidades SPAD na dose 150 kg ha<sup>-1</sup> e 54,30 unidades SPAD na dose 330 kg ha<sup>-1</sup>.

Aos 150 DAE, ocorreu um decréscimo nos teores de clorofila total em todas as doses de nitrogênio, onde a redução foi maior nas maiores doses de N, com valores de: 3,87; 5,18; 6,33; 8,00 e 9,76 unidades SPAD para as doses 0, 30, 60, 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Com exceção da dose 0 kg ha<sup>-1</sup>, na terceira avaliação, os teores de clorofila total continuaram reduzindo até os 240 DAE para a dose 60 kg ha<sup>-1</sup>, e aumentando aos 240 dias para as demais doses de N (30, 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup>).

Na última avaliação observou-se que a clorofila total foi maior (48,80 unidades SPAD) na dose de 330 kg ha<sup>-1</sup> de N. A dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou o segundo maior teor de clorofila total (41,59 unidades SPAD), seguido pela dose 150 kg ha<sup>-1</sup> (33,19 unidades SPAD), dose 30 kg ha<sup>-1</sup> (31,57 unidades SPAD) e com o menor teor (24,33 unidades SPAD) a dose 60 kg ha<sup>-1</sup>.

Em todas as épocas de avaliação a dose 330 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentou valores de clorofila total superior às demais doses. Na última avaliação (300 DAE), o tratamento que apresentou ausência da adubação nitrogenada em cobertura obteve teores acima de clorofila total das demais doses de N.

O glutamato é um composto nitrogenado, precursor inicial da clorofila, assim, a disponibilidade de nitrogênio na planta pode influenciar a sua capacidade fotossintética (DONATO et al., 2004; VIANA; KIEHL, 2010). O conteúdo de clorofila das folhas representa um parâmetro apropriado na avaliação da aquisição de nitrogênio pelas plantas, sob diferentes condições ambientais. As épocas de avaliação que apresentaram os menores valores de clorofila total nas plantas de mandioca coincidiram com os menores teores foliares de N (Figura 2) encontrados nas plantas.

A resposta da planta ao nitrogênio quanto à clorofila nas folhas, já na primeira avaliação, pode ser explicada, em parte, pela pobreza natural do solo onde se realizou este experimento, o que favorece a resposta do N aplicado em cobertura aos 30 e 60 DAE. Sendo importante porque o clorofilômetro pode indicar diferenças na disponibilidade de N no solo, estando este imobilizado ou não, pela resposta da planta (GODOY et al., 2007).

Argenta et al. (2001), ao compararem a relação entre a leitura do clorofilômetro e os teores de clorofila extraível nas folhas de milho, verificaram que as leituras realizadas com o clorofilômetro estimavam o grau de esverdeamento do estágio do híbrido estudado. Para esses autores o uso do clorofilômetro apresenta vantagens como maior rapidez, menor custo e por não implicar na destruição das folhas, em relação ao teor de clorofila extraível.

Veríssimo et al. (2010), ao avaliarem os pigmentos e eficiência fotossintética de quatro variedades de mandioca, encontraram diferenças significativas para as variedades estudadas quanto aos teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total. Os valores variaram de 40 a 50 unidades SPAD entre as variedades estudadas, semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Coelho et al. (2010a) encontraram efeito quadrático para a clorofila total medida com um clorofilômetro para as cultivares de batata Ágata e Asterix aos 21 dias, em função de doses de nitrogênio.

Donato et al. (2004), avaliando o teor de clorofila em variedades de cana-de-açúcar, cultivadas *in vitro* em função de diferentes doses de nitrogênio, observaram que nas variedades RB 83102, Co 997, RB 882980 e testemunha não houve diferença significativa entre os níveis de nitrogênio, já para a variedade RB 842021 o meio de cultura desprovido de N promoveu maior conteúdo de clorofilas *a* e *b*.

Conforme Viana e Kiehl (2010), as leituras SPAD estimam o acúmulo de nitrogênio nas folhas do trigo, além de se correlacionar com a produção de massa seca de parte aérea e espigas, com isso o clorofilômetro SPAD pode ser utilizado com segurança no acompanhamento da utilização do nitrogênio pelas plantas de trigo.

#### **5.4. Características da planta**

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 5), observa-se efeito significativo a 0,1% para o efeito simples de doses de nitrogênio para as variáveis: produtividade de parte aérea, diâmetro do caule, comprimento do lóbulo central, largura da folha e produtividade de raízes, e a 5% para a variável relação entre pecíolo e lóbulo central. O efeito simples de épocas de avaliação foi significativo a 0,1% para todas as variáveis analisadas, bem como para a interação, com exceção da variável comprimento do pecíolo que apresentou 5% de significância.

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância para produtividade de parte aérea (PPA), diâmetro do caule (DC), comprimento do lóbulo central (CL), comprimento do pecíolo (CP), relação entre comprimento do pecíolo e comprimento do lóbulo central (RPL), largura da folha (LF) e produtividade de raízes (PR) nas folhas de mandioca cv. Aciolina, em função da adubação nitrogenada e épocas de avaliação, Boa Vista-RR

QUADRADO MÉDIO						
FV	GL	PPA	DC	CL	CP	CP/CL
Bloco	3	5081964,54 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	2,78 <sup>***</sup>	8,42 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
DN	4	855493916,08 <sup>***</sup>	5,59 <sup>***</sup>	32,46 <sup>***</sup>	66,51 <sup>***</sup>	0,05 <sup>*</sup>
Erro 1	12	7214718,13	0,02	0,09	4,82	0,02
DAE	4	103071548,49 <sup>***</sup>	2,15 <sup>***</sup>	130,38 <sup>***</sup>	864,36 <sup>***</sup>	1,15 <sup>***</sup>
DNxD AE	16	17165150,52 <sup>***</sup>	0,09 <sup>***</sup>	8,43 <sup>***</sup>	34,39 <sup>*</sup>	0,09 <sup>***</sup>
Erro 2	60	5879407,79	0,04	0,81	4,11	0,01
CV1(%)		22,18	6,09	2,16	10,95	10,31
CV2(%)		20,02	8,79	6,60	10,85	11,01

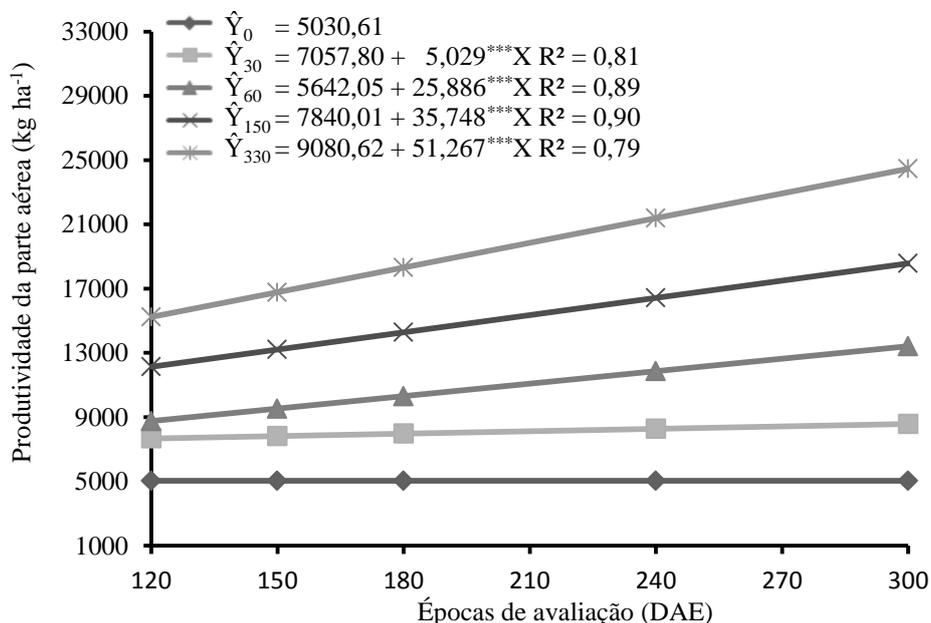
  

QUADRADO MÉDIO			
FV	GL	LF	PR
Bloco	3	3,72 <sup>ns</sup>	17825357,31 <sup>ns</sup>
DN	4	75,91 <sup>***</sup>	1684946500,0 <sup>***</sup>
Erro 1	12	1,88	7534274,91
DAE	4	345,19 <sup>***</sup>	2829579490,0 <sup>***</sup>
DN x DAE	16	21,59 <sup>***</sup>	170071942,50 <sup>***</sup>
Erro 2	60	1,21	9334281,08
CV1(%)		6,86	11,56
CV2(%)		5,50	12,86

FV- Fontes de variação; DN- Doses de nitrogênio; DAE- Dias após a emergência; <sup>ns</sup>- não significativo; Significativo a <sup>\*\*\*</sup> 0,1% e <sup>\*</sup> 5% de probabilidade, pelo Teste F.

Na Figura 14, verifica-se que houve efeito linear crescente das doses de nitrogênio na produtividade de massa fresca da parte aérea nas épocas de avaliação. A ausência de cobertura e a menor dose de N não favoreceram ganhos significativos na produtividade de massa fresca da parte aérea, no entanto, a dose 30 kg ha<sup>-1</sup> apresentou uma produtividade de matéria fresca da parte aérea superior.

Conforme Cardoso Júnior et al. (2005b), esse comportamento pode ser decorrente da resposta da planta em aumentar a produção de matéria verde à medida que encontra maiores quantidades de N disponível.



**Figura 14:** Produtividade da parte aérea de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

Com a utilização de N em cobertura, a eficiência na produtividade da parte aérea foi de 11,8 a 60,6% entre 120 e 300 DAE (Tabela 6). A dose 330 kg ha<sup>-1</sup> apresentou o maior incremento (9.228,0) na produtividade de massa fresca da parte aérea com uma eficiência de 60,6% entre 120 e 300 DAE, elevando a produtividade da parte aérea em 19.430,1 kg ha<sup>-1</sup> em relação ao tratamento sem cobertura.

**Tabela 6** - Valores estimados de produtividade da parte aérea, diâmetro do caule e produtividade de raízes de plantas de mandiocas cv. Aciolina, aos 120 e 300 DAE, incrementos e eficiência (%) nas doses de N estudadas

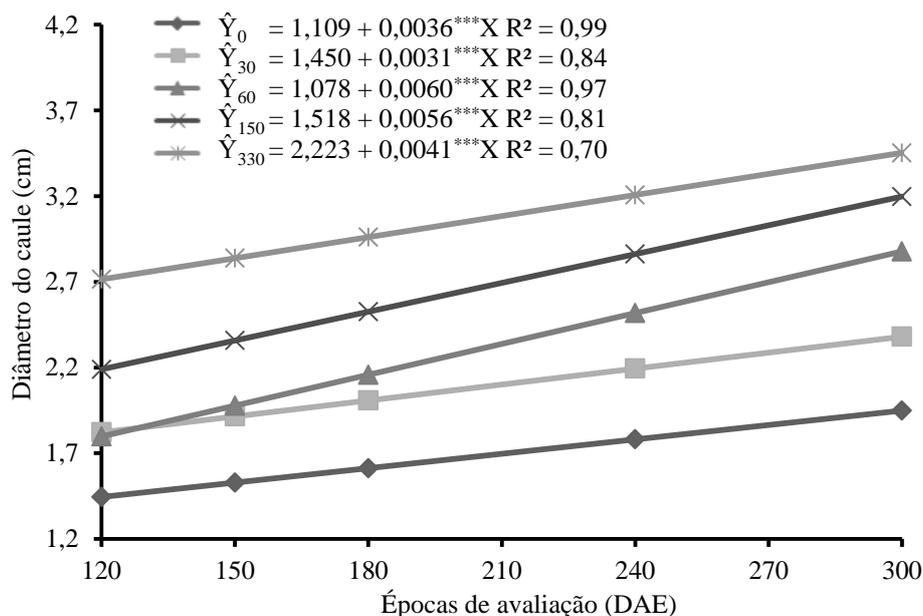
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade da parte aérea (kg ha <sup>-1</sup> )				Diâmetro do caule (cm)			
	120	300	INC <sup>1/</sup>	EF <sup>2/</sup>	120	300	INC <sup>1/</sup>	EF <sup>2/</sup>
0	5.030,6	5.030,6	0	0	1,4	1,9	0,5	35,7
30	7.661,3	8.566,5	905,2	11,8	1,8	2,4	0,6	33,3
60	8.748,4	13.407,8	4.659,4	53,3	1,8	2,9	1,1	61,1
150	12.129,8	18.564,4	6.434,6	53,0	2,2	3,2	1,0	45,5
330	15.232,7	24.460,7	9.228,0	60,6	2,7	3,4	0,7	25,9
<b>Produtividade de raízes (kg ha<sup>-1</sup>)</b>								
	120	300	INC <sup>1/</sup>	EF <sup>2/</sup>				
0	7.401,4	17.709,3	10.307,9	139,3				
30	10.399,3	26.461,8	16.062,5	154,4				
60	11.678,9	40.167,1	28.488,2	243,9				
150	13.908,7	60.772,9	46.864,2	336,9				
330	13.887,9	53.081,0	39.193,1	282,2				

<sup>1/</sup>Incremento = variável aos 300 DAE – variável aos 120 DAE, com sua respectiva unidade;

<sup>2/</sup>Eficiência (%) = {[ (Variável aos 300 DAE x 100) / (variável aos 120 DAE) ] - 100};

Resultados semelhantes foram encontrados por Cardoso Júnior et al. (2005b), com resposta linear crescente de doses de N na produtividade de parte aérea de mandioca, elevando de 18.579,0 a 25.059,0 kg ha<sup>-1</sup> com aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de N. Sagrilo et al. (2002), encontraram variações na produtividade de parte aérea em razão da colheita, com maiores valores aos 630 DAE, aproximadamente 50% superior em relação à primeira colheita, aos 360 DAE.

Na Figura 15 é apresentado o diâmetro do caule de plantas de mandioca, cultivar Aciolina, em função das épocas de avaliação, dentro das doses de N aplicadas em cobertura.



**Figura 15:** Diâmetro do caule de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

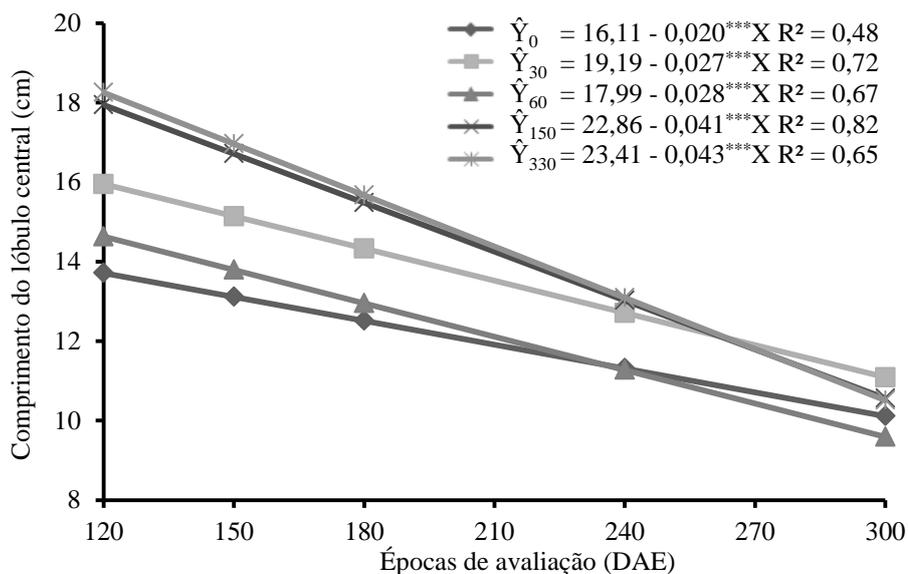
A ausência de nitrogênio em cobertura proporcionou os menores diâmetros nas épocas de avaliação, variando de 1,44 a 1,94 cm entre 120 e 300 DAE. Os tratamentos que receberam aplicação de nitrogênio em cobertura aos 120 DAE apresentaram diâmetros de 1,82; 1,80; 2,20; 2,72 cm para as doses 30, 60, 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A dose 60 kg ha<sup>-1</sup> apresentou o maior incremento de 1,1 cm, com uma eficiência de 61,1% (Tabela 6). As doses 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup> reduziram o incremento no crescimento do diâmetro, embora tenham apresentado os maiores diâmetros aos 300 DAE (Tabela 6).

O caule da planta é utilizado para a propagação vegetativa das plantas, conhecidas como estacas ou manivas. Conforme Câmara e Godoy (1998) o uso de manivas selecionadas é fundamental para o aumento do rendimento agrícola da mandioca, no entanto, o agricultor não dá a devida importância a este aspecto, utilizando para plantio mudas de baixa qualidade. Esses autores afirmam ainda que o diâmetro é um dos fatores que influencia a qualidade da maniva.

Rós-Golla, Silva e Narita (2010), estudando a emergência e desenvolvimento inicial de plantas de mandioca obtidas de manivas com diferentes diâmetros observaram que a utilização de manivas com diâmetros entre 1,8 e 3,0 cm proporcionou estandes mais homogêneos e plantas mais desenvolvidas.

Neste trabalho, na primeira avaliação (120 DAE), em todos os tratamentos que receberam adição de nitrogênio em cobertura os diâmetros encontrados foram acima de 1,8 cm e a dose 0 kg ha<sup>-1</sup> apresentou diâmetro acima de 1,8 cm somente aos 300 DAE.

Como observado na Figura 16, o comprimento do lóbulo central da mandioca, cv. Aciolina apresentou resposta linear decrescente para a interação entre épocas de avaliação e doses de nitrogênio.



**Figura 16:** Comprimento do lóbulo central de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

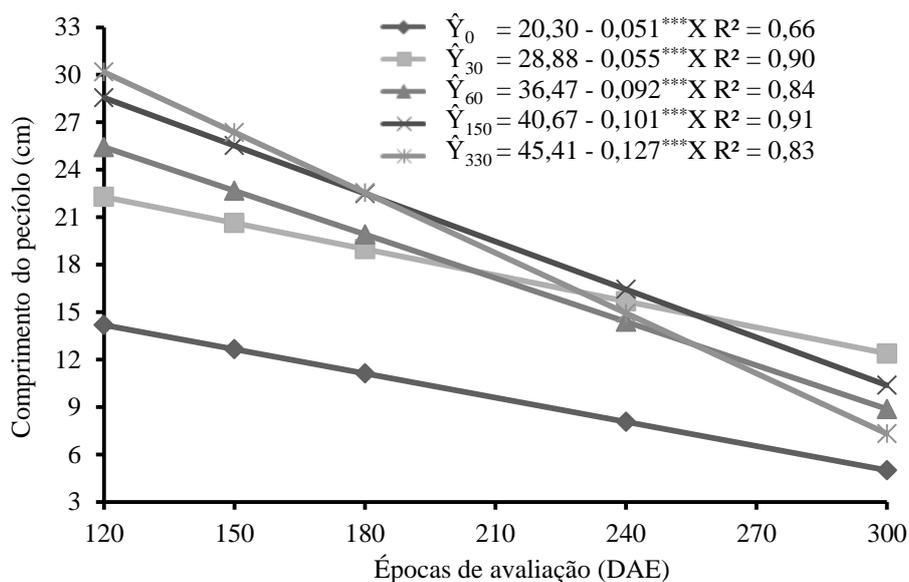
Na primeira avaliação, aos 120 DAE, observa-se um incremento de 4,58 cm da dose 0 a 330 kg ha<sup>-1</sup> de N. A ausência de nitrogênio em cobertura, apresentou o menor comprimento para o lóbulo das folhas (13,70 cm), seguida da dose 60 kg ha<sup>-1</sup> (14,67 cm).

A dose 30 kg ha<sup>-1</sup> de N mostrou-se com o comprimento do lóbulo acima da dose 60 kg ha<sup>-1</sup> em todas as épocas de avaliação. A partir dos 240 DAE o comprimento do lóbulo central das doses 0 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N são semelhantes, bem como para as doses 30, 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Na última avaliação, aos 300 DAE, o comprimento do lóbulo dos tratamentos avaliados mostrou-se semelhantes variando de 9,68 cm na dose 60 kg ha<sup>-1</sup> a 11,03 cm na dose 30 kg ha<sup>-1</sup>.

Albuquerque et al. (2009), estudando a caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca no Estado de Roraima, encontraram variação do comprimento do lóbulo de 11,07 a 19,78 cm, medido aos 210 DAE, valores semelhantes aos encontrados neste estudo até os 240 DAE.

A Figura 17, apresenta os valores para comprimento do pecíolo de plantas de mandioca com resposta linear decrescente para a interação entre doses de N e épocas de avaliação. Observa-se que a presença de nitrogênio em cobertura apresentou os maiores valores em todas as épocas de avaliação.



**Figura 17:** Comprimento do pecíolo de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

A dose 0 kg ha<sup>-1</sup> apresentou a menor redução no tamanho do pecíolo das plantas de mandioca, porém seus valores foram inferiores as demais doses em todas as épocas de avaliação, variando de 14,22 cm aos 120 DAE para 5,09 cm na última avaliação (300 DAE).

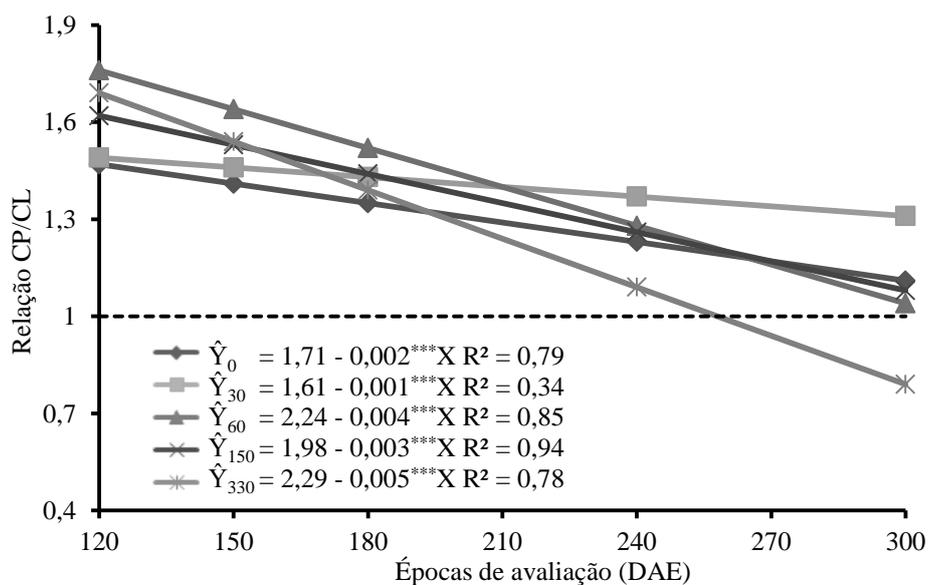
Nas três primeiras avaliações (120, 150 e 180 DAE), o tamanho do pecíolo foi proporcional ao aumento das doses de nitrogênio, onde as maiores doses apresentaram os maiores pecíolos, com redução de 3,30; 5,53; 6,05; 7,10 cm para as doses 30, 60, 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, dos 120 a 180 DAE.

Aos 240 DAE, as doses de N apresentaram valores semelhantes para o tamanho do pecíolo, variando de 14,33 cm na dose 60 kg ha<sup>-1</sup> a 16,48 cm na dose 150 kg ha<sup>-1</sup>.

Na última avaliação (300 DAE) a menor dose em que se aplicou N em cobertura ( $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ) mostrou-se com o maior pecíolo (12,36 cm), seguida pelas doses  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  (10,43 cm),  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  (8,79 cm) e  $330 \text{ kg ha}^{-1}$  (7,36 cm).

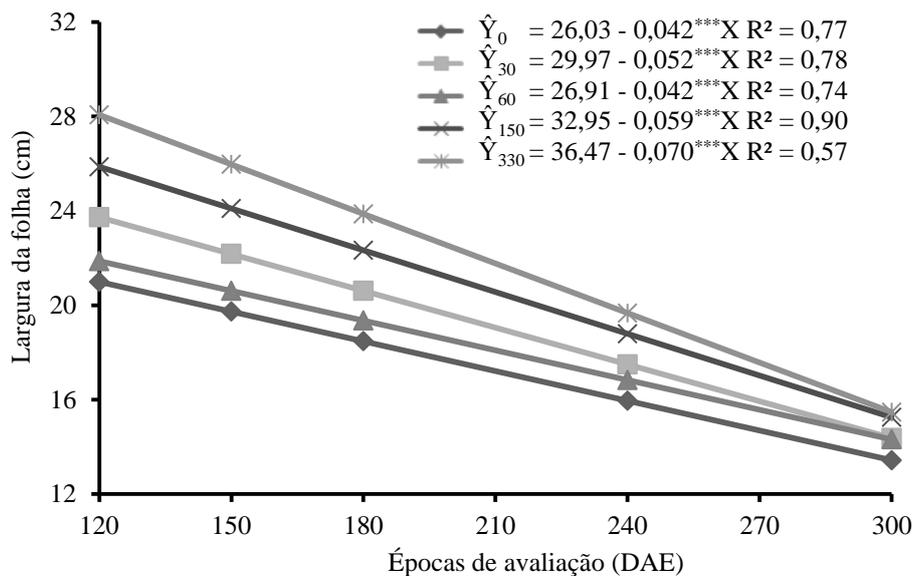
Ao avaliar clones de mandioca Albuquerque et al. (2009), encontraram variação de 9,95 a 26,96 cm no tamanho do pecíolo, avaliados aos sete meses.

Na relação entre o pecíolo e o lóbulo de plantas de mandioca, quando esta razão é acima de 1, mostra que o pecíolo é maior que o lóbulo foliar (ALBUQUERQUE et al., 2009). Observa-se na Figura 18, que o pecíolo é maior que o lóbulo até os 240 DAE, com uma variação maior entre as doses de N dos quatro aos seis meses de idade. Na última avaliação (300 DAE) a relação é abaixo de 1, indicando que o lóbulo é maior que o pecíolo na maior dose de N ( $330 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Com isso, o pecíolo apresenta-se como uma característica mais adequada para avaliar indiretamente a nutrição da planta com nitrogênio.



**Figura 18:** Relação entre comprimento do pecíolo e comprimento do lóbulo central de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

Como ilustrado na Figura 19, a largura da folha apresentou resposta linear decrescente para a interação entre doses de nitrogênio em cobertura e épocas de avaliação. A aplicação de N aumentou a largura da folha em todas as épocas de avaliação.



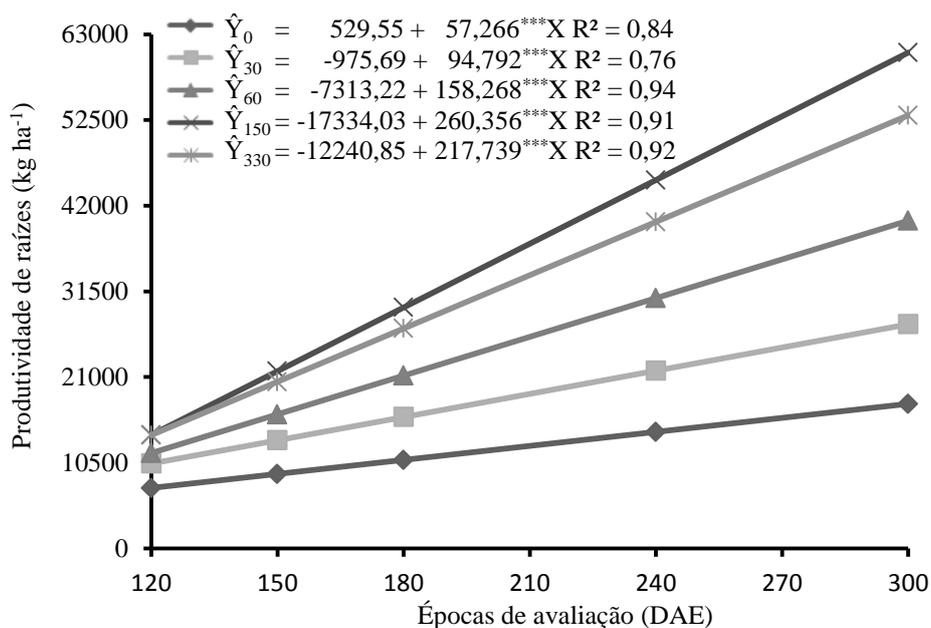
**Figura 19:** Largura das folhas de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

A ausência de nitrogênio em cobertura apresentou a menor redução na largura da folha (7,49 cm), mesmo assim, as folhas foram menores em todas as épocas, variando de 21,03 cm aos 120 DAE para 13,54 cm aos 300 DAE.

Os maiores valores foram observados nas maiores doses de nitrogênio, com 25,88 cm na primeira avaliação e 15,30 cm na última para a dose 150 kg ha<sup>-1</sup> e de 28,02 cm para 15,34 cm na dose 330 kg ha<sup>-1</sup>.

Diante dos resultados pode-se, portanto, levantar a hipótese de que quanto maior o diâmetro do caule, comprimento do pecíolo e largura da folha de plantas de mandioca cv. Aciolina, melhor é o estado nutricional em relação ao nível de nitrogênio na planta em todos os estádios de desenvolvimento da planta, o que irá refletir no seu bom desenvolvimento.

As doses de nitrogênio aplicadas em cobertura influenciaram significativamente a produtividade de raízes de mandioca cv. Aciolina, apresentando respostas linear e positiva em função da adubação nitrogenada e épocas de avaliação (Figura 20).



**Figura 20:** Produtividade de raízes de plantas de mandioca cv. Aciolina em função de épocas de avaliação, dentro dos níveis de N, Boa Vista-RR.

O tratamento que apresentou ausência da aplicação de nitrogênio em cobertura apresentou as menores produtividades em todas as épocas de avaliação. A utilização de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou maior produtividade de raízes de mandioca com um incremento de 46.864,74 kg ha<sup>-1</sup>, entre 120 e 300 DAE, com uma eficiência de 336,9% (Tabela 6).

Segundo Raij (2011) no caso de plantas tuberosas ou raízes, nitrogênio em excesso pode causar desenvolvimento vegetativo exuberante em detrimento da produção de tubérculos ou raízes.

Este autor afirma ainda que o histórico de uso do solo é outro fator que influencia a resposta das culturas a nitrogênio, onde menores respostas são esperadas em solos cultivados há pouco tempo. Mesmo o cultivo sendo realizado em área de primeiro ano, a produtividade de raízes ficou acima da média estadual de 13.309 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2012).

A partir da terceira avaliação, aos 180 DAE, a mandioca encontra-se com seis meses de cultivo. Em todos os tratamentos que receberam a adição de N em cobertura a produtividade de raízes foi acima da média estadual, sendo que a dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de N atinge essa média somente aos 240 DAE, o que evidencia a importância do nitrogênio para a cultura da mandioca.

De acordo com Albuquerque et al. (2009) a mandioca pode ser colhida a partir do 6º mês de cultivo até os 24 meses, dependendo de uma série de fatores como cultivar, região, tipos de uso, tratos dispensados e demanda de mercado.

Oliveira et al. (2011), avaliando diferentes clones de mandioca quanto à caracterização e identificação para o consumo *in natura*, concluíram que ao realizar a colheita aos 240 DAE, entre os clones avaliados a Aciolina apresentou o melhor conjunto de características desejáveis, tanto para o consumo *in natura* quanto para a indústria.

Os resultados encontrados corroboram com Alves, Modesto Júnior e Ferreira (2012), onde a produtividade de mandioca variedade Paulozinho, aos 450 DAE, respondeu linearmente à adubação mineral de NPK. A dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 10-28-20 correspondeu a maior produtividade na ordem de 47.510 kg ha<sup>-1</sup>, valores abaixo dos encontrados neste trabalho, aos 300 DAE para as doses 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup> de N com produtividades de 60.772,88 e 53.081,01 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os resultados discordam dos encontrados por Fidalski (1999), onde avaliando respostas da mandioca a diferentes doses de N, P e K, e calagem em solos arenosos do Noroeste do Paraná, não encontrou respostas na produção de raízes de mandioca a adubação nitrogenada.

## 5.5. Correlação

O estudo das correlações, obtidas com as médias dos tratamentos, indicou que o teor de N na planta apresentou correlação positiva com os teores de P, K, Mg, S, Mn e Zn e negativa com o Fe (Tabela 7). O aumento no teor de N em cobertura favoreceu na absorção de nutrientes pela mandioca, com exceção para o ferro que é antagonico ao N.

**Tabela 7.** Correlações entre os teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas de mandioca cv. Aciolina, obtidas com as médias dos tratamentos. Boa Vista-RR

	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn
N	0,63***	0,56***	-0,05 <sup>ns</sup>	0,77***	0,26***	-0,61**	0,48***	0,27***
P		0,41***	-0,05 <sup>ns</sup>	0,71***	0,56***	-0,96***	0,38***	0,53***
K			0,53***	0,80***	-0,12 <sup>ns</sup>	-0,47***	0,71***	-0,06 <sup>ns</sup>
Ca				0,30***	-0,40***	-0,03 <sup>ns</sup>	0,70***	-0,31***
Mg					0,17*	-0,74***	0,69***	0,23**
S						-0,49***	-0,01 <sup>ns</sup>	0,66***
Fe							-0,44***	-0,53***
Mn								0,09 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> - não significativo; \*\*\*, \*\*, \* - Significativo a 0,1%, 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

A Tabela 8 apresenta o estudo das correlações obtidas com as médias dos tratamentos, indicando que o nitrogênio apresentou correlação positiva com os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total, com o diâmetro do caule e produtividade de raízes. Os resultados discordam dos encontrados por Cardoso Júnior (2004) que não encontrou correlação entre os teores de N na matéria seca e produtividade de raízes de mandioca.

**Tabela 8.** Correlações entre os teores foliares de nitrogênio (N), clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*), clorofila total (Cl T), diâmetro do caule (DC) e produtividade de raízes (PR), nas plantas de mandioca cv. Aciolina, obtidas com as médias dos tratamentos. Boa Vista-RR

	Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl T	DC	PR
N	0,52***	0,63***	0,63***	0,54***	0,33***
Cl <i>a</i>		0,60***	0,94***	0,38***	0,18*
Cl <i>b</i>			0,84***	0,19*	-0,19*
Cl T				0,34***	0,04 <sup>ns</sup>
DH					0,78***

<sup>ns</sup>- não significativo; \*\*\*, \*- Significativo a 0,1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

O diâmetro do caule apresentou correlação positiva com a produtividade de raízes. Deste modo, plantas que apresentam caules mais grossos produzem mais raízes por área plantada.

## 5.6. Acúmulo Máximo de Nutrientes

Segundo Oliveira et al. (2011), a cultivar Aciolina, quando colhida aos 240 DAE, apresenta características desejáveis para o consumo *in natura* e utilização na indústria. Portanto, essa época de avaliação foi usada para definir a marcha de absorção de nutrientes.

A aplicação em cobertura de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N implicou na maior produtividade de raízes de mandioca, cv. Aciolina (Figura 20). Diante disto, esta dose foi determinada para a realização do acúmulo dos nutrientes.

A sequência de acúmulo máximo de nutrientes pela mandioca, cv. Aciolina apresentou a seguinte ordem decrescente: N>Ca>K>Mg>P>S>Mn>Fe>Zn.

O acúmulo de nutrientes encontrados por Parry et al. (2005) foi: K>N>Ca>Mg>P>S>Cu>Fe>Mn>Zn ao avaliar o estado nutricional da mandioca em diferentes épocas sob cobertura morta e duas adubações.

Rodriguez et al. (2009), avaliando o acúmulo de macronutrientes na mandioca, concluíram que a absorção de alguns macronutrientes em ordem decrescente é a seguinte: N>K>Ca>P>Mg.

## 6. CONCLUSÕES

1. As doses de nitrogênio aplicadas em cobertura (30, 60, 150 e 330 kg ha<sup>-1</sup>) aumentam o teor de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, manganês e zinco nas folhas de mandioca da cultivar Aciolina.

2. Os teores de cálcio aumentam na folha da mandioca até a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N.

3. Os teores de S na folha da mandioca é inversamente proporcional ao aumento das doses de N e a idade da planta.

4. Os teores de nitrogênio, potássio, magnésio e manganês nas folhas de mandioca reduzem com a idade da planta.

5. A concentração de clorofila *a*, *b* e clorofila total, correlacionaram-se positivamente com o teor de N nas folhas de mandioca e a clorofila *a* com produtividade de raízes tuberosas.

6. O uso do medidor portátil de clorofila é uma ferramenta promissora para avaliar o estado nutricional de nitrogênio na mandioca.

7. O nitrogênio favoreceu uma maior produtividade da parte aérea, diâmetro do caule e produtividade de raízes.

8. A maior produtividade de raiz tuberosa, 60.772,9 kg ha<sup>-1</sup>, foi alcançada aos 300 DAE na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N.

9. O diâmetro do caule e o comprimento do pecíolo das folhas de mandioca podem ser utilizados para inferir o estado nutricional da cultura da mandioca.

10. Na dose de maior produtividade de raízes tuberosas, aos oito meses de idade, a ordem de acúmulo dos nutrientes pela mandioca, cv. Aciolina é de: nitrogênio > cálcio > potássio > magnésio > fósforo > enxofre > manganês > ferro > zinco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADJEI-NSIAH, S. Yield and nitrogen accumulation in five cassava varieties and their subsequent effects on soil chemical properties in the forest/savanna transitional agroecological zone of Ghana. **Journal of Soil Science and Environmental Management**, Victoria Island, v. 1 n.1, p. 15-20, 2010.

AGUIAR, E. B. **Produção e qualidade de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes densidades populacionais e épocas de colheita**. 2003. 101p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2003.

AGUIAR, E. B.; VALLE, T. L.; LORENZI J. O.; KANTHACK, R. A. D.; MIRANDA FILHO, H.; GRANJA, N. P. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.561-569, 2011.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; 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, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, C. S.; ALVES, J. M. A.; NETO, F. A. Caracterização morfológica e agronômica de clones de mandioca cultivadas do Estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 388-394, 2009.

ALMENDRA, A. A. **Avaliação de três cultivares de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) submetida ao controle de plantas daninhas**. 2005. 41p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2005.

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 e Agronômicos da Mandioca**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical, v. 1. Cap. 7. 2006. 817 p.

ALVES, A. A. C.; SILVA, A. F. **Cultivo da mandioca para a Região Semi-Árida**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. Sistemas de produção, n. 12, 2003.

ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; 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@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 3, n. 1, p.15-30, 2009.

ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. S.; FERREIRA, E. R. Doses de NPK na adubação de mandioca (*Manihot esculenta*) variedade Paulozinho em Mojú – Pará. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 8, p. 65-70, 2012.

AMABILE, R. F.; CORRÊIA, J. R.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAMALIEL, J. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1.193-1.199, 1994.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, L. F.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 13, n. 2, p.158-167, 2001.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington. 12 ed. 1975. 1094 p.

BARBONA, S. A. Ferlizacion del cultivo de mandioca. **INTA** (Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria). Argentina. 2003.

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 pliopleistocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 299-312, 2011.

BENESI, I. R. M.; LABUSCHAGNE, M. T.; HERSELMAN, L.; MAHUNGU, N. M.; SAKA, J. K. The effect of genotype, location and season on cassava starch extraction. **Journal Euphytica**, Netherlands, v. 160, n. 1, p. 59-74, 2008.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v. 21, n. 113, p. 73-85, 1974.

BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; BUSATO, C.; CECON, P. R. Teor e exportação de macro e micronutrientes nos tubérculos de cultivares de batata em função do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 50-57, 2011.

CAGNON, J. R.; CEREDA, M. P. ; PANTAROTTO, S. Glicosídeos cianogênicos da mandioca: biossíntese, distribuição, destoxificação e métodos de dosagem. *In*: CEREDA, M. P. (Coord.). **Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill. v. 2. 2002. 540 p.

CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P. Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) a partir de manivas com diferentes diâmetros. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, 1998.

CAMPOS, M. F.; BICUDO, S. J.; ONO, E. O. Influência da calagem e do zinco no desenvolvimento de raízes tuberosas da mandioca. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 297, p. 597-607, 2004.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVARES V.; V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1º ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. cap. 7. 2007. 1017 p.

CARDOSO JÚNIOR, N. S. **Efeito do nitrogênio sobre o teor de HCN e características agrônômicas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2004. 73. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2004.

CARDOSO JÚNIOR, N. S.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; SEDIYAMA, T.; AMARAL, C. L. F.; PIRES, A. J. V.; RAMOS, P. A. S. Efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, 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 agrônômicas da mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 651-659, 2005b.

CARVALHO, F. M. de. **Caracterização do Sistema de Produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em treze municípios da região Sudoeste da Bahia**. 2006. 110p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista, 2006.

CARVALHO, M. A. C. PAULONO, H. B.; FURLANI-JÚNIOR, E.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; ATHAYDE, M. L. F. Uso da adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.3, n. 60, p. 239-244, 2001.

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**. 1º ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. Cap. 1. 2005. 547 p.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; PUIATI, M.; NEVES, J. C.C.; SILVA, M. C. C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de N na folha. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1175-1183, 2010a.

COELHO, R. I.; CARVALHO, A. Jr. C.; THIEBAUT, J. T. L. SOUZA, M. F. Teores foliares de nutrientes em mudas do abacaxizeiro 'cv. smooth cayenne' em resposta à adubação. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 33, n. 2, p. 173-179, 2010b.

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

CRUZ, J. L. **Efeitos de níveis do nitrato sobre o metabolismo do nitrogênio, assimilação do CO<sub>2</sub> e fluorescência da clorofila a em mandioca**. 2001. 105p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

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.

DEVIDE, A. C. P.; RIBEIRO, R. L. D.; VALLE, T. L.; ALMEIDA, D. L.; CASTRO, C. M.; FELTRAN, J. C. Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.1, p.145-153, 2009.

DONATO, V. N. T. S.; ANDRADE, A. G.; SOUZA, E. S.; FRANÇA, J. G. E.; MACIEL, G. A. Atividade enzimática em variedades de cana-de-açúcar cultivadas *in vitro* sob diferentes níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1087-1093, 2004.

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.

FAVORETTO, P. **Parâmetros de crescimento e marcha de absorção de nutrientes na produção de minitubérculos da batata cv. Atlantic**. 2005. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2005.

FEO, V. J.; FERNANDES, F. C. S. Avaliação do efeito da aplicação de micronutrientes na cultura da mandioca. **Cultivando o saber**, Cascavel, v. 5, n.1, p.168-174, 2012.

FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.131-138, 2001.

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. Manejo do solo no cultivo de mandioca. *In*: FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. (Eds.). **Mandioca no Cerrado: orientações técnicas**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados. Cap. 3. 2011. 204 p.

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.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2006. 122 p.

FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. , 1º ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2011. 296 p.

FUKUDA, W. M. G. Embrapa pesquisa mandioca para indústrias de amido. **ABAM** (Associação Brasileira dos produtores de amido de mandioca) Ano III, n. 11, 2005.

GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A. C. S.; STROHHAECKER, L; HELMICH, J. J.; Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 953-957, 2000.

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.

GODOY, L. J. G.; SOUTO, L. S.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BÔAS, R. L. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 38-44, 2007.

GOMES, J. C.; LEAL, E. C. **Cultivo da mandioca para a Região dos Tabuleiros Costeiros**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical (Sistemas de produção), n. 11, 2003.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Potafos** (Informações agrônômica) Piracicaba, n. 95, 2001.

HAAG, P. H.; OLIVEIRA, G. D.; BARBOSA, V.; SILVA NETO, J. M. Nutrição Mineral de hortaliças. **XXXII: Marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) destinado ao processamento industrial**. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v. 35, 1981.

HÁK, R.; NÁTR, L. Effect of nitrogen starvation and recovery on gas exchange characteristics of young leaves. **Photosynthetica**, Prague, v. 21, n. 1, p. 9-14, 1987.

HODGES, T.F. Predict crop phenology. **Boca Raton: CRC**. 1991. 233 p.

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

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?lnk=Capitais](http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php?lnk=Capitais). Acesso: 27 Jan. 2012.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. New Jersey, Prentice Hall. 1958. 498p.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, R. B.; SALOMÃO, L. C. C. e CRUZ, C. D. Acúmulo de macronutrientes em frutos de cafeeiros em Viçosa-MG. *In*: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Água de Lindóia, 2007. **Anais...** 2007.

LIMA, G. P. P.; BARSALOBRES, C.; PIZA, I. M. T.; CEREDA, M. P. Efeito do BAP e ANA e atividade da peroxidase em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz cv. MCOL 22) cultivada in vitro. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 2, p. 107-110, 2002.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BRITO, I. C. A. Efeito do nitrogênio na nutrição do girassol. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 380-391, 2011.

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. 2002. 221 p.

MAÇÃS, J. E. S. **Nitrogênio nítrico e amoniacal no desenvolvimento de parte área de milho cultivado em Argissolo**. 2008. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Editora Agronômica Ceres. 2006. 631 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2º ed. Piracicaba. Potafos. 1997. 319 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. *In*: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. ALVAREZ, V. G. V. (Eds.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5º aproximação. Viçosa-MG. cap. 17. 1999. 359 p.

MORAES-DALLAQUA, M. A.; CORAL, D.J. Morfo – anatomia. *In*: CEREDA, M. P. (Coord.). **Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill. v. 2. 2002. 540 p.

MOURA, G. M. Interferência de plantas daninhas na cultura da mandioca (*Manihot esculenta*) no Estado do Acre. **Planta Daninha**, Viçosa, v.18, n.3, p.451-456, 2000.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; FERREIRA, E. V. O; PEREIRA, N. V.; NEVES, V. B. F. Efeito da adubação nitrogenada sobre o crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de umbuzeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 3, p. 200-207, 2007.

NORMANHA, E. S. **Derivados da mandioca: terminologia e conceitos**. Campinas-SP. Fundação Cargill, 1982. 56 p.

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 nutrient 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 de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Fortaleza, v. 5, n. 5, p. 18–24 (Número Especial), 2010.

OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S.; OLIVEIRA, J. L.; MAIA, L. E. N.; SANTOS, G. S. **Adubação com manganês para o controle do “Amarelão” da mandioca no Extremo Sul da Bahia**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. (Mandioca em Foco), n. 38, 2009.

OLIVEIRA, N. T. **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. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2012.

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@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 5, n. 3, p. 188-193, 2011.

OLIVEIRA, N. T.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SOUZA, E. D.; MELVILLE, C. C. Ácido cianídrico em tecidos de mandioca em função da idade da planta e da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira Brasília**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1436-1442, 2012.

PARRY, M. M.; CARVALHO, J. G.; KATO, M. S. A; VIELHAVER, K. Estado nutricional da mandioca cultivada em diferentes épocas sob cobertura morta e duas adubações. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 43, p, 91-114, 2005.

PEQUENO, M. G.; VIDIGAL FILHO, P. S.; TORMENA, C.; KVITSCHAL, M. V.; MANZOTTI, M. Efeito do sistema de preparo do solo sobre características agronômicas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.5, p.476-481, 2007.

PEREIRA, G. A. M.; LEMOS, V. T.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; SILVA, D. V.; OLIVEIRA, M. C.; MENEZES, C. W. G. Crescimento da mandioca e plantas daninhas em resposta à adubação fosfatada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 5, p. 716-722, 2012.

PONTE, C. M. A. **Épocas de colheita de variedades de mandioca**. 2008. 109p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista, 2008.

PREZOTTI, L. C. Fertilização do cafeeiro. *In*: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 2001. 648 p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 2011. 420 p.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; STRIEPER, M. L.; SILVA, A. A.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M. Índices nutricionais de N e produtividade de milho em diferentes níveis de manejo e de adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 46, n. 4, p. 390-397, 2011.

RODRIGUEZ Z. F. G.; MARMOL L. E. C.; MARTINEZ, J.; MONTIEL, M. M. Acumulación total y por órganos de macronutrientes en plantas de yuca (*Manihot*

*esculenta* Crantz) cv. 'Tempranita' en la altiplanicie de Maracaibo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracay, v. 26, n. 4, p. 470-489, 2009.

RÓS-GOLLA, A.; SILVA, A. C.; NARITA, N. Influência do diâmetro da maniva no desenvolvimento inicial de plantas de mandioca. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 7, n. 1, 2010.

SAGRILO, E.; VIDIGAL-FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; MAIA, R. R.; KVITSCHAL, M. V. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, 115-125, 2002.

SANTOS, V. S.; SOUZA, A. S.; VIANA, A. E. S.; FERREIRA FILHO, J. R. F.; SOUZA, K. A.; MNEZES, M. C. **Multiplicação rápida, método simples e de baixo custo na produção de material propagativo de mandioca**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento), n. 44, 2009.

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, 2007.

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

SILVA, D. F.; TRINDADE, R. C. P.; OLIVEIRA, M. W.; FERRO, J. H. A.; CALHEIROS, A. S. Matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes em mamoneira, influenciados pelas doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 273-279, 2011.

SINWAMBANA, M. S. C.; FERGUSON, T. U.; OSIRU, D. S. O. The effects of time to first shoot removed on leaf vegetable quality in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Science of Food and Agriculture**, New York, v. 60, p. 319-325, 1992.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. C. A.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira Brasília**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.

SOUZA, E. A.; ROSSIELLO, R. O. P.; LIMA, E. ARAÚJO, A. P.; PARRAGA, M. R. Resposta da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) à adubação nitrogenada. *In*: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, **Anais...** 2009.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S. Escolha da área e preparo do solo. *In*: MATTOS, P. L. P.; GOMES, J. C. (Coord.). **O cultivo da mandioca**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical (Circular Técnica). n. 37. 2000. 122 p.

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**, v. 32, n. 1, p. 45-53, 2010.

SOUZA, S. R. S.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. *In*: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. 9. 2006. 432 p.

STIPP, S. R.; CASARIN, V. A importância do enxofre na agricultura. **International Plant Nutrition Institute** (Informações agronômicas), Piracicaba, n. 129, 2010.

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

TÁVORA, F. J. A. F.; BARBOSA FILHO, M. Antecipação de plantio, com irrigação suplementar, no crescimento e produção de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 12, p. 1.915-1.926, 1994.

TERNES, M. Fisiologia da planta. *In*: CEREDA, M. P. (Coord.). **Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill. v. 2. 2002. 540 p.

VERÍSSIMO, V.; CRUZ, S. J. S.; PEREIRA, L. M. F.; SILVA, P. B.; TEIXEIRA, J. D.; FERREIRA, V. M.; ENDRES, L. Pigmentos fotossintéticos de quatro variedades de mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 6, p. 222-231, 2010.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.

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