

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Formas e doses de nitrogênio nos aspectos morfogênicos, produtivos e  
nutricionais do capim-xaraés**

**Carla Elisa Alves Bastos**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração: Solos e  
Nutrição de Plantas

**Piracicaba  
2012**

Carla Elisa Alves Bastos  
Bacharel em Agronomia

**Formas e doses de nitrogênio nos aspectos morfogênicos, produtivos e nutricionais do  
capim-xaraés**

Orientador:  
Prof. Dr. **FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO**

Dissertação apresentada para obtenção do título  
de Mestra em Ciências. Área de concentração:  
Solos e Nutrição de Plantas

**Piracicaba  
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Bastos, Carla Elisa Alves

Formas e doses de nitrogênio nos aspectos morfogênicos, produtivos e nutricionais do capim-xaraés / Carla Elisa Alves Bastos.- - Piracicaba, 2012.  
95 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Adubação 2. Amônio 3. Brachiaria 4. Fertilizantes nitrogenados 5. Gramíneas forrageiras 6. Nitrato 7. Nutrição vegetal I. Título

CDD 633.2  
B327f

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

**DEDICO**

Ao meu maior tesouro, meus pais,  
Carlos Eduardo e Elizabeth

**OFEREÇO**

Ao meu irmão Felipe (Pipi),  
Às minhas avós Alba, Dalba e Dilma,  
À Clarinha, minha pequena luz.

"O certo era a gente estar sempre brabo de alegre, alegre por dentro, mesmo com tudo de ruim que acontecesse, alegre nas profundezas. Podia? Alegre era a gente viver devagarinho, miudinho, não se importando demais com coisa nenhuma".

Guimarães Rosa - Grande Sertão: Veredas.



## AGRADECIMENTOS

A Deus, “que sempre acredita na gente”, por todas as bênçãos;

À minha família, por todo apoio nestes anos de estudos, por acreditar em mim, pelo exemplo de força e honestidade e por entender a minha ausência;

Ao professor Francisco Antonio Monteiro pela orientação pessoal e profissional nesta dissertação e pelo carinho e preocupação desde o primeiro encontro;

Aos professores que contribuíram com a minha formação desde a pré-escola até a pós-graduação, em especial aos professores Vicente Gualberto e Valdemar Faquin, meus orientadores na UFLA, que ampliaram meus horizontes e me permitiram chegar até aqui, e ao professor Godofredo César Vitti, pelas “discussões sobre a vida”;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Ciência do Solo por me acolherem e integrarem mais saber à minha vida;

À FAPESP pela concessão de bolsa de estudo e auxílio à pesquisa;

Às funcionárias do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas: Edinéia Mondoni, Lúcia Forti, Lurdes González, Nivanda Ruiz e Sueli Bovi, pela paciência, ajuda e carinho;

Aos amigos que fiz durante a pós-graduação Aijânio Brito, Ana Paula Teles, Elisângela Dupas, Emanuel (Bob), Érica Mome, Fabiana Schimidt, Fabiano Daniel De Bona, Flávio Rabêlo, Gustavo Nogueira, Hugo Villalba, Ioná Rech, Leandro Fumes, Lorena Chagas, Marcio Megda, Marcos Rodrigues, Michele Megda, Osvaldo Guedes, Raul Toma, Renato Boschiero, Tiago Garcez e Wilfrand Herrera por tornarem minha estadia em Piracicaba mais prazerosa. Um agradecimento mais que especial a Beatriz Nastaro, Edison Mome e Sâmala Carneiro que agregaram uma experiência única e incomparável à minha vida.

Aos estagiários e ex estagiário da Nutrição Mineral de Plantas com que pude conviver, ensinar e aprender Guilherme Buonadio, Henrique Brunetti e Rafael Monteiro;

Aos amigos de Lavras, Sílvio Ramos, Fabrício Ávila, Nilma Portela, Andressa Ávila Paulo Boldrin e Maurício Lucas, que me incentivam mesmo de longe;

Aos meus amores antigos Stael e Mariana, e ao meu amor de sempre Leandro Mourão, pelo incentivo, por me empurrarem para frente;

À família Alves e Mourão por ter enganado a saudade que senti de casa durante o mestrado, tendo feito meus finais de semana mais “saborosos”;

À todos os que torceram e torcem por mim e que, com pensamentos ou atitudes, permitiram a realização desta dissertação e cumprimento de mais uma etapa na minha vida.

“Se fazer fosse tão fácil quanto saber o que seria bom fazer,  
as capelas seriam igreja e as choupanas dos pobres,  
palácios de príncipes.”

(Shakespeare)





## SUMÁRIO

RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Pastagens de <i>Brachiaria</i> .....	17
2.2 Nitrogênio e sua importância para plantas forrageiras.....	18
2.3 Metabolismo de nitrato e amônio .....	19
2.4 Crescimento de plantas forrageiras.....	21
2.5 Morfogênese de plantas forrageiras.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Local e época.....	27
3.2 Delineamento experimental e solução nutritiva.....	27
3.3 Instalação e condução do experimento.....	28
3.4 Coleta do material vegetal .....	29
3.5 Determinação da área foliar.....	29
3.6 Determinação da produção de massa seca.....	30
3.7 Análise de crescimento: taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e razão de massa foliar (RMF) .....	30
3.8 Análises morfogênicas e estruturais: taxa de aparecimento foliar (TAF), filocrono, número de folhas vivas por perfilho, comprimento final da lâmina foliar e número de perfilhos .....	31
3.9 Concentração relativa de clorofila (valor SPAD).....	31
3.10 Determinações de nitrogênio total, nitrato e amônio nos tecidos vegetais .....	32
3.11 Determinação da atividade da redutase do nitrato.....	32
3.12 Avaliações nas raízes.....	33
3.13 Análise estatística .....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35

4.1	Produção de massa seca da parte aérea e área foliar.....	35
4.2	Análise de crescimento .....	40
4.2.1	Taxa de crescimento absoluto (TCA).....	40
4.2.2	Taxa de crescimento relativo (TCR) .....	42
4.2.3	Taxa de assimilação líquida (TAL) .....	44
4.2.4	Razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e razão de massa foliar (RMF) .....	46
4.3	Alocação de biomassa.....	51
4.4	Morfogênese e estrutura das plantas .....	55
4.4.1	Relação lâmina foliar/colmo+bainha.....	55
4.4.2	Alterações nas folhas .....	57
4.4.2.1	Número de folhas vivas.....	57
4.4.2.2	Taxa de aparecimento de folhas (TAF) e filocrono .....	58
4.4.2.3	Comprimento final da lâmina foliar .....	61
4.4.3	Alterações nos perfilhos .....	63
4.5	Aspectos nutricionais .....	65
4.5.1	Concentração de nitrogênio total na parte aérea das plantas .....	65
4.5.2	Concentração de nitrogênio total nas folhas diagnósticas .....	67
4.5.3	Valor SPAD .....	70
4.5.4	Atividade da redutase do nitrato .....	74
4.5.5	Concentração de nitrato e amônio na parte aérea das plantas .....	76
4.6	Alterações nas raízes das plantas .....	78
4.6.1	Produção de massa seca, comprimento e superfície radiculares.....	78
4.6.5.2	Concentração de nitrogênio total .....	81
5	CONCLUSÕES .....	83
	REFERÊNCIAS.....	85

## RESUMO

### **Formas e doses de nitrogênio nos aspectos morfogênicos, produtivos e nutricionais do capim-xaraés**

O nitrogênio é o principal nutriente determinante da produção e sustentabilidade das pastagens e a absorção radicular das formas nitrato e amônio pode resultar em alterações no crescimento, características estruturais e morfogênicas das plantas. Assim, é imprescindível conhecer a expressão de resposta de cultivares com lançamento recente quanto às disponibilidades e formas de fornecimento de nitrogênio. Nesse sentido, objetivou-se avaliar as modificações nutricionais, produtivas e morfológicas na *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés no crescimento inicial e na rebrotação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, onde foram avaliadas três proporções de nitrato/amônio (30/70, 85/15 e 100/0) e três doses de nitrogênio (3; 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>) em solução nutritiva. As plantas tiveram dois períodos de crescimento, nos quais foram realizadas análises de crescimento e avaliadas a taxa de aparecimento foliar (TAF), filocrono, número de folhas vivas por perfilho, comprimento final da lâmina foliar, número de perfilhos, concentrações de nitrogênio total, nitrato e amônio na parte aérea e de nitrogênio total nas lâminas de folhas recém-expandidas e valor SPAD. Ao final do período de rebrotação a massa seca de raízes, o comprimento e a superfície radicular e a concentração de nitrogênio total foram avaliados. As proporções com baixa dose de nitrogênio e elevado amônio comprometeram o crescimento, produção de massa seca e área foliar das plantas em ambos os crescimentos. Os números de folhas vivas e de perfilhos foram favorecidos pelo aumento das doses de nitrogênio e pelo fornecimento conjunto de nitrato e amônio na proporção 85/15, enquanto houve redução no filocrono com o fornecimento intermediário e alto de nitrogênio e proporções de nitrato/amônio de 85/15 e 100/0. A maior presença de amônio na solução nutritiva resultou em maiores atividade da redutase do nitrato e concentração de nitrogênio total e amônio na parte aérea e nas folhas diagnósticas do capim, enquanto reduziu o valor SPAD e o comprimento e superfícies radiculares. O valor SPAD não apresentou boa estimativa da concentração de nitrogênio total nas folhas diagnósticas do capim-xaraés nas condições de suprimento de nitrogênio com alta proporção de amônio.

Palavras-chave: Amônio; *Brachiaria brizantha*; Nitrato; Nutrição mineral; Produção de massa seca



## ABSTRACT

### **Nitrogen forms and rates on morphogenesis, productive and nutritional aspects of Xaraés palisadegrass**

Nitrogen is the major determinant of pasture production and sustainability, and the uptake of nitrate and ammonium by the roots can result in changes in growth, morphogenesis and structural characteristics of plants. Thus, it is essential to know the response of recently developed cultivars to nitrogen availability forms and rates. Accordingly, the objective was to evaluate the nutritional, productive and morphological modifications of *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés in initial growth and regrowth. The experiment was conducted in a greenhouse, where three nitrogen rates (3, 15 and 27mmol L<sup>-1</sup>) and three ratios of nitrate/ammonium (30/70, 85/15 and 100/0) in nutrient solution were evaluated. The plants were cultivated in two growth periods in which growth analysis was done and the leaf appearance rate, phyllochron, number of living leaves per tiller, final length of the leaf blades, number of tillers, total nitrogen, nitrate and ammonium concentration in the shoot and total nitrogen in the diagnostic leaves and SPAD readings were evaluated. At the end of the regrowth period dry weight of roots, roots length and surface and total nitrogen were assessed. The lowest nitrogen rate and the 30/70 nitrate/ammonium ratio reduced growth, dry matter production and leaf area of plants on both growth periods. The number of living leaves and tillers increased by increasing nitrogen rates and by nitrate and ammonium in the proportion 85/15, while there was a reduction in the phyllochron when the intermediate and high nitrogen rate and nitrate/ammonium ratios of 85/15 and 100/0 were applied. The highest ammonium proportion in the nutrient solution increased the activity of the nitrate reductase enzyme and total nitrogen concentration in the diagnostic leaves and shoots, while it reduced SPAD value, length and root surface. SPAD reading was not a good estimation of total nitrogen content in the diagnostic leaves of Xaraés palisadegrass supplied with high ammonium proportions.

Keywords: Ammonium, *Brachiaria brizantha*, Nitrate, Mineral nutrition, Dry matter production



## 1 INTRODUÇÃO

As pastagens constituem a principal fonte de alimentação para os rebanhos brasileiros, contribuindo para a composição do baixo custo de produção e competitividade da atividade pecuária. Ressalta-se que para as pastagens serem competitivas deve ser explorado o máximo potencial produtivo das plantas forrageiras, possibilitando aumento da produtividade e da capacidade de suporte das pastagens de tal forma que não seja necessária a inclusão de novas áreas.

A disponibilidade e o valor nutritivo das plantas forrageiras são determinados geneticamente, porém a utilização eficiente das plantas forrageiras só poderá ser alcançada quando as condições do ambiente e de manejo permitirem a total expressão do potencial produtivo das plantas. Nesse sentido, um dos fatores limitantes da produtividade e qualidade de forrageiras está relacionado ao fornecimento de nutrientes, em especial de nitrogênio.

O nitrogênio, além de garantir a sustentabilidade da pastagem, regula a produtividade vegetal, interferindo positivamente nos fatores morfofisiológicos e estruturais das plantas forrageiras, aumentando a atividade fotossintética, o número e massa de perfilhos e folhas e o ritmo de expansão da área foliar.

A principal fonte de nitrogênio existente na natureza é o  $N_2$ , um gás atmosférico não aproveitado diretamente pelas plantas, que por meio das fixações biológica, industrial e atmosférica é convertido às formas de amônio ( $NH_4^+$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ), que são as principais formas de nitrogênio absorvidas pelos vegetais. A preferência de absorção pelas plantas por uma ou outra forma depende da espécie, estágio de desenvolvimento e fatores ambientais, mas o suprimento conjunto de nitrato e amônio usualmente resulta em aumento na produção de massa seca e no melhor aproveitamento do nitrogênio para várias espécies vegetais devido à melhor conservação de energia e ao balanço mais equilibrado de cátions e ânions na planta.

Embora existam estudos envolvendo doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio em características produtivas e morfológicas para as gramíneas forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria*, os principais utilizados para formação de pastagens no Brasil, escassos são aqueles que explicitam a resposta específica das plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés ao nitrogênio e, mesmo que os processos, mecanismos e princípios que determinam a produção forrageira sejam idênticos, a expressão das respostas dessas plantas pode assumir valores distintos para cada espécie e cultivar. Nesse sentido, justifica-se conhecer as alterações morfológicas, nutricionais e produtivas do capim-xaraés (um cultivar desenvolvido nos anos 2000 pela Embrapa e promissor para diversificar as pastagens do



Brasil) sob fornecimento de nitrogênio, gerando assim informações que possibilitem manejo mais adequado da adubação nitrogenada para garantir maior produtividade e duração das pastagens formadas com esse capim. Por conseguinte, desenvolveu-se a hipótese que as plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés desenvolvem-se melhor quando ocorre o suprimento de nitrogênio nas formas de nitrato e amônio, e que a proporção entre as formas que otimiza a produção desse capim depende do estágio de desenvolvimento da planta e da disponibilidade de nitrogênio no meio de cultivo. Em vista disso, o objetivo geral foi avaliar as modificações nutricionais, morfológicas e produtivas que afetam a produção de massa seca em *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés em dois períodos de crescimento das plantas. Os objetivos específicos foram: i) avaliar os atributos de crescimento das plantas no estabelecimento e na rebrotação; ii) avaliar o estado nutricional das plantas, quanto ao nitrogênio, em quatro fases de desenvolvimento da cultura e iii) avaliar as modificações morfogênicas e estruturais do capim-xaraés diante das doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Pastagens de *Brachiaria*

As pastagens brasileiras, naturais ou implantadas, representam a maior fonte de alimentação para o rebanho bovino (FERREIRA; ZANINE, 2007), que garante o menor custo de produção de carne e possibilita ao país estar inserido como um dos maiores produtores e exportadores mundiais do produto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE – ABIEC, 2011). Estima-se que 97% do rebanho bovino nacional seja produzido em sistemas cuja alimentação baseia-se exclusivamente no pasto, que abrange área de 170 milhões de hectares de terra, ou 20% do território nacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2006; ABIEC, 2011). A maioria das pastagens cultivadas no Brasil é formada unicamente por gramíneas (CORRÊA, 2002), dentre as quais merecem destaque as espécies do gênero *Brachiaria*, pela maior participação nas áreas plantadas (KARIA; DUARTE; ARAÚJO, 2006).

As *Brachiarias* pertencem à família Poaceae, popularmente nomeadas de gramíneas, que apresentam características que as conferem papel importante na formação das pastagens brasileiras, tais como adaptação a variadas condições de solo, pouca limitação por doenças, alta produção de massa seca e crescimento bem distribuído ao longo do ano (SEIFFERT, 1980). Segundo Corrêa (2002), deve-se ao gênero, a viabilização da pecuária extensiva nos solos de baixa fertilidade e alta acidez do Brasil Central.

Plantas do gênero *Brachiaria* apresentam metabolismo fisiológico de fixação de carbono do tipo C4, o que propicia a elas redução na fotorrespiração e maior eficiência na utilização de água e de nitrogênio (TAIZ; ZEIGER, 2009), fatores que culminam com maior produção líquida na fotossíntese e com elevado potencial de produção de massa seca sem a necessidade de grandes investimentos em adubação (DE BONA, 2008).

O gênero *Brachiaria* inclui cerca de 100 espécies distribuídas nas zonas tropicais e subtropicais, sendo quatro espécies importantes no Brasil, as quais tem cultivares registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, sendo elas: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola* e *Brachiaria ruziziensis*, além de alguns híbridos (KARIA; DUARTE; ARAÚJO, 2006). Destas espécies, a partir do ano de seu lançamento, em 1984, o capim-marandu ou braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) tornou-se o capim mais semeado no Brasil (KARIA; DUARTE; ARAÚJO, 2006). No entanto, a amplitude de utilização do mesmo genótipo na formação de pastagens tem ocasionado

problemas como ataque de pragas e perda do potencial produtivo das plantas, o que demandou o desenvolvimento de novos cultivares da mesma espécie, e entre esses cultivares o Xaraés.

A *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, também conhecida como cultivar Toledo ou MG5 Vitória, foi liberada no ano de 2002 sob a responsabilidade da Embrapa (VALLE et al., 2004; KARIA; DUARTE; ARAÚJO, 2006) e surgiu como opção para manter os níveis de produção da pastagem satisfatórios e sustentáveis ao longo do tempo. Tal como ocorre nos projetos de desenvolvimento de novos cultivares, o capim-xaraés alia as características desejáveis do capim-marandu a outras consideradas importantes. Desse modo, os principais atributos que tornam o cultivar Xaraés competitivo em relação ao Marandu são a maior produtividade anual de forragem, rebrotação mais rápida, maior tolerância a solos úmidos, maior capacidade de suporte de carga animal e o florescimento tardio (VALLE et al., 2004). A isto se somam a adaptação do Xaraés a solos de média fertilidade e a boa resposta às adubações, tornando-o alternativa viável para a substituição do capim-marandu nas pastagens brasileiras.

## **2.2 Nitrogênio e sua importância para plantas forrageiras**

A descoberta da essencialidade do nitrogênio para as plantas é atribuída a Saussure, que reconheceu a participação do nutriente como constituinte vital de plantas (BARKER; BRYSON, 2007). O nitrogênio é quantitativamente o nutriente mais importante para a maioria das plantas, constituindo cerca de 1 a 6% da massa seca dos vegetais (HAVLIN et al., 2005). É um elemento chave na composição de macromoléculas como proteínas e ácidos nucleicos, de alguns metabólitos secundários e de outros constituintes celulares, tais como enzimas, membranas e hormônios (CRAWFORD; FORDE, 2002; SOUZA; FERNANDES, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009), além de atuar em processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, síntese, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA, 2006).

O suprimento inadequado de nitrogênio às plantas resulta em deficiências que se manifestam por clorose e necrose nas folhas mais velhas, dormência de gemas laterais, redução do perfilhamento, senescência precoce e folhas pequenas (MALAVOLTA, 2006). Aliado a isto, com a privação do nutriente, ocorrem grandes modificações na arquitetura do sistema radicular e na proporção raízes/ brotos (MOROT-GAUDRY; TOURAINE, 2001).

O gás N<sub>2</sub>, que existe em grande abundância na atmosfera, é a principal fonte de nitrogênio na natureza (SOUZA; FERNANDES, 2006), embora as plantas não consigam assimilá-lo diretamente nesta forma. Assim, o N<sub>2</sub> atmosférico precisa ser convertido a formas combinadas para ser absorvido pelos vegetais (MARSCHNER, 1995; MENGEL; KIRKBY,

2001). Essa conversão ocorre por meio da ação de microrganismos que vivem em simbiose nas raízes de leguminosas ou por aqueles de vida livre, do arraste de óxidos de nitrogênio produzidos por descargas elétricas na atmosfera e pela produção de fertilizantes nitrogenados (HAVLIN et al., 2005).

De acordo com Malavolta (2006), o fator de maior importância, depois do clima, para a produção de massa seca é a disponibilidade de nitrogênio para as plantas, que apresenta papel importante na produção de forragem, na rebrotação e persistência das plantas forrageiras e na qualidade da forragem produzida. Neste sentido, a falta de reposição do nutriente, juntamente com a utilização de doses não adequadas, estão relacionadas como as principais causas da baixa produtividade das pastagens no Brasil (SANTOS, 2003).

Estudos em que foi avaliada a adubação nitrogenada para plantas forrageiras demonstraram o efeito do nutriente em variáveis morfogênicas, no perfilhamento e na partição de carboidratos da planta, o que determina o aumento da área foliar, capacidade fotossintética e mobilização de reservas para a formação de parte aérea após a desfolhação. Martuscello et al. (2005) e Paciullo et al. (2011) concluíram que a adubação nitrogenada resultou em incremento na taxa de aparecimento de folhas, número de perfilhos e de folhas vivas e no comprimento final da lâmina foliar para espécies de *Brachiaria*. Premazzi, Monteiro e Oliveira (2011) encontraram variação positiva no comprimento final da lâmina foliar, área foliar e taxa de alongamento de folhas do capim-tifton-85 (*Cynodon* spp.) com o fornecimento de nitrogênio, enquanto Schnyder e Visser (1999) afirmaram que as plantas forrageiras mobilizam as reservas nitrogenadas para garantir a rebrotação após a remoção das folhas.

### **2.3 Metabolismo de nitrato e amônio**

As plantas têm a capacidade de obter o nitrogênio do ambiente sob várias formas: amônio, nitrato, nitrito e compostos orgânicos de baixo molecular, mas a via principal de entrada de nitrogênio nas plantas é pela absorção radicular de nitrato e amônio (EPSTEIN; BLOOM, 2006). A preferência das plantas por uma ou outra forma depende da disponibilidade desses íons no meio de cultivo (MENGEL; KIRKBY, 2001), da espécie vegetal e da idade das plantas (HAVLIN et al., 2005).

Admite-se que grande parte das gramíneas, à exceção de alguns cultivares de arroz (*Oryza sativa*), utilizam ambas as formas de nitrogênio e que, em solos bem aerados, a absorção da forma nítrica é predominante (HAVLIN et al., 2005). No entanto, estudos

recentes apontaram que a nutrição amoniacal deve ser mais compreendida uma vez que o aumento na concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na atmosfera, pode inibir a assimilação de nitrato, o que sugere que a disponibilidade de amônio e nitrato para as plantas irá se tornar cada vez mais importante na determinação da produtividade e na qualidade do produto agropecuário (BLOOM et al., 2010).

A absorção de nitrato e amônio pelas plantas ocorre através de sítios proteicos específicos existentes na membrana plasmática, que podem ser de alta ou baixa afinidade, dependendo da concentração externa de nitrogênio (FERNANDES; SOUZA, 2006). As proteínas carreadoras transportam amônio para dentro das células de forma passiva e em sentido uniporte, havendo a compensação da entrada do íon com a saída de um próton  $\text{H}^+$  do citosol, o que diminui o pH do meio de cultivo (MENGEL; KIRKBY, 2001; SOUZA; FERNANDES, 2006). Em contrapartida, a absorção de nitrato é do tipo simporte com gasto energético, associado à absorção de cátions ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) e à entrada de  $\text{H}^+$ , sendo que nesse processo ocorre a excreção de ânions ( $\text{HCO}_3^-$  ou  $\text{OH}^-$ ) para manter a eletroneutralidade na planta, aumentando o pH do meio (MENGEL; KIRKBY, 2001; SOUZA; FERNANDES, 2006). Acredita-se que a assimilação de amônio esteja relacionada à geração de 1,22 prótons de  $\text{H}^+$  e a do nitrato à de 0,78  $\text{OH}^-$ , que são excretados das raízes para o substrato (RAVEN, 1988).

Em adição ao gasto energético na absorção de nitrato, antes de ser incorporado em aminoácidos, o ânion precisa ser reduzido a amônio em processos catalisados pelas enzimas redutase do nitrato e redutase do nitrito, com demanda de alta quantidade de energia (MENGEL; KIRKBY, 2001; SOUZA; FERNANDES, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009). Após a redução a amônio, ou mediante a absorção direta desta forma, o nitrogênio é incorporado em aminoácidos em reações de aminações e transaminações catalisadas primariamente pelas enzimas sintetase da glutamina e sintase do glutamato, na rota conhecida como GS-GOGAT, ou alternativamente pela glutamato desidrogenase (MENGEL; KIRKBY, 2001; SOUZA; FERNANDES, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009).

O nitrato absorvido pelas raízes pode ser reduzido *in situ* a amônio, estocado no vacúolo das células ou transportado para a parte aérea, podendo ser metabolizado ou armazenado no vacúolo das folhas (MOROT-GAUDRY, 2001). Contrário ao nitrato, as células vegetais evitam a toxicidade do amônio incorporando-o rapidamente em aminoácidos, sendo o acúmulo do íon observado em condições de aumento da disponibilidade no meio e do déficit de esqueletos de carbono para incorporação do nutriente (SOUZA; FERNANDES, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009).

A absorção em excesso da forma amoniacal pelos vegetais ocasiona efeitos complexos que unem a alteração do pH na zona radicular e a síndrome amoniacal, descrita como resultado do déficit de cátions e ânions inorgânicos, concentração muito baixa de ácidos orgânicos, acúmulo de aminoácidos, principalmente nas raízes, e de carboidratos, sobretudo nas folhas (MOROT-GAUDRY, 2001).

Apesar das diferenças energéticas na absorção e incorporação de uma ou outra forma de nitrogênio, a nutrição das plantas com ambas as formas ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ) frequentemente tem resultado em melhor crescimento e maior produção de massa seca de plantas, em comparação ao crescimento exclusivo com nitrato ou amônio como fonte de nitrogênio (CHAILLOU; LAMAZE, 2001; HAVLIN et al., 2005; CAO et al., 2011). Estes efeitos benéficos devem-se à rápida incorporação da forma amoniacal e à maior facilidade de transporte e acúmulo da forma nítrica nos vacúolos, como reserva de nitrogênio ou como substância osmoticamente ativa (CHAILLOU; LAMAZE, 2001; MOROT-GAUDRY, 2001). Soma-se a isso a compensação da acidificação na rizosfera com a absorção de amônio pela alcalinização ocasionada pela absorção de nitrato e o balanço adequado na absorção de outros nutrientes (CHAILLOU; LAMAZE, 2001; MENGEL; KIRKBY, 2001).

O efeito benéfico do amônio, quando fornecido juntamente com nitrato no meio de cultivo, foi confirmado por Kronzucker et al. (1999) e Holzschuh et al. (2011), em experimentos que demonstraram que na presença de ambas as formas, a absorção de nitrogênio e produção de biomassa em arroz foram otimizadas. Também, os aumentos na produção de massa seca e no acúmulo de nitrogênio na planta suprida com fontes mistas de nitrogênio foram observados para outras gramíneas: azevém perene (*Lolium perene*) (CAO et al., 2011), cevada (*Hordeum vulgare*) (LEWIS; CHADWICK, 1983; ALI et al., 2001), milho (*Zea mays*) (MURPHY; LEWIS, 1987) e plantas forrageiras tropicais (FERNANDES; ROSSIELO, 1986; ABREU, 1994; SANTOS, 2003). Deve-se ressaltar, contudo, que esses trabalhos foram realizadas com suprimento adequado de nitrogênio, não havendo evidências de resposta das plantas nas condições de carência do nutriente, como os que se observam nos solos tropicais, e em condições onde a disponibilidade do nutriente é alta.

#### **2.4 Crescimento de plantas forrageiras**

A análise de crescimento baseia-se fundamentalmente na produção de biomassa vegetal, que advém cerca de 90% da atividade fotossintética e o restante da absorção de nutrientes (BENINCASA, 2003). Embora a importância dos nutrientes seja quantitativamente

menor que a fotossíntese na expressão dos atributos de crescimento, existe estreita relação entre os dois, de tal forma que não se pode quantificar a importância de cada um separadamente.

O crescimento vegetal pode ser medido utilizando-se métodos destrutivos (baseados na medida sequencial de acúmulo de massa seca) e por métodos não destrutivos (OLIVEIRA et al., 2000) e, a partir dessas medições pode-se inferir a atividade fisiológica das plantas e prever sua resposta sob variadas condições de cultivo, o que auxilia na definição de estratégias de manejo das plantas (OLIVEIRA et al., 2000; BENINCASA, 2003).

As principais características de crescimento das plantas, segundo Radford (1967) são: taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão de massa foliar (RMF), duração de vida das folhas (DA) e índice de área foliar (IAF), sendo este último impróprio para avaliação de plantas cultivadas em vasos (BENINCASA, 2003).

A taxa de crescimento absoluto representa o incremento de produção de massa seca entre duas amostragens sucessivas, apontando a velocidade média de crescimento ao longo do período de observação e servindo como indicador do potencial de produção (CAIRO; OLIVEIRA; MESQUITA, 2008). A taxa de crescimento relativo relaciona a aquisição de massa seca em função daquela apresentada no início do período de observação e fornece subsídios para inferir se as plantas produziram fotoassimilados além do suficiente para atender as demandas metabólicas (BENINCASA, 2003). A taxa de assimilação líquida refere-se à quantidade de massa seca fornecida pela fotossíntese, excluindo-se as perdas de carboidratos na respiração e fotorrespiração, por unidade de área foliar em determinado tempo (BENINCASA, 2003).

Para a razão de área foliar, entendida como a área foliar em uso pela planta para produzir um grama de massa seca (BENINCASA, 2003), admite-se que seja um atributo de crescimento com características morfofisiológicas, pois decompõe-se em área foliar específica, responsável pela interceptação de energia luminosa e CO<sub>2</sub>, e razão de massa foliar, que expressa a fração de massa seca ainda não exportada das folhas para o restante da planta (BENINCASA, 2003).

Os atributos de crescimento são fortemente influenciados por condições ambientais como luminosidade, temperatura e disponibilidade de nutrientes, principalmente de nitrogênio. Santos Junior, Monteiro e Lavres Junior (2004) relataram aumento nas taxas de crescimento absoluto e relativo, razão de área foliar, razão de massa foliar e área foliar específica para capim-marandu cultivado com doses de nitrogênio, relatando ainda que o

fornecimento do nutriente é mais efetivo que a idade das plantas na definição das respostas máximas e mais rápidas para as variáveis analisadas. Quanto à forma de nitrogênio utilizada, estudos apontam que as proporções de nitrato e amônio influenciam o crescimento de várias espécies vegetais, além de promoverem alterações no modelo de distribuição da massa seca acumulada nessas plantas (CRUZ; PELACANI; ARAÚJO, 2004; TYLOVA et al., 2005; ZHANG et al., 2005).

## **2.5 Morfogênese de plantas forrageiras**

A morfogênese define-se como a dinâmica da origem e desenvolvimento dos órgãos da planta no espaço (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996), sendo determinada geneticamente mas com constantes influências ambientais. O estudo de parâmetros morfogênicos fornece informações sobre o crescimento vegetal e permite o acompanhamento do aparecimento de folhas e perfilhos, que se relacionam com a produção de forragem (SILVEIRA, 2006).

A partir da década de 1990, o estudo da morfogênese de plantas forrageiras atingiu mais enfoque devido à necessidade de entender e explicar os processos que ocorrem nas plantas em condições de pastejo, determinando o seu potencial produtivo e de rebrotação (MACHADO, 2010). Neste contexto, Lemaire e Chapman (1996) propuseram um modelo conceitual, empregado para pastagens, que coloca como referenciais morfogênicos a taxa de aparecimento e de alongação foliar e a duração de vida das folhas. Estes, ao interagirem com fatores abióticos, alteram a relação folha/colmo, o tamanho de folhas, a densidade populacional de perfilhos e o número de folhas por perfilho, características essas denominadas estruturais.

A produtividade das gramíneas forrageiras é determinada pela constante emissão de folhas e perfilhos, pela massa dos perfilhos e capacidade de as plantas emitirem folhas nos meristemas remanescentes após a desfolhação (SANTOS JUNIOR, 2001; MARTUSCELLO et al., 2005). Neste sentido, a taxa de aparecimento de folhas (TAF), referente ao número de folhas surgidas em um perfilho por unidade de tempo, tem papel central pois determina o potencial de perfilhamento de um dado genótipo (MACHADO, 2010). O inverso da TAF é definido como filocrono, utilizado para indicar o intervalo de tempo necessário para o aparecimento de duas folhas consecutivas (GOMIDE; GOMIDE, 2000).

Na literatura, as informações sobre o efeito das limitações nutricionais na taxa de aparecimento foliar e filocrono são escassas e, para adubações nitrogenadas, as respostas são variáveis em função das doses, formas e fontes utilizadas (CASTAGNARA, 2009). Esse autor



propôs que o fornecimento de alta dose de nitrogênio estimula o crescimento da planta e alonga os entrenós, o que impulsiona as folhas para fora das bainhas e culmina com aumento na taxa de aparecimento de folhas e redução do filocrono.

A taxa de alongação foliar (TEF) representa o aumento diário no comprimento de folhas individuais (MACHADO, 2010), constituindo a variável morfogênica que isoladamente mais se correlaciona com a produção de massa seca e de perfilhos nas plantas forrageiras. Segundo Machado (2010), a taxa de alongação de folhas responde fortemente às alterações no meio, notadamente quanto à disponibilidade de nitrogênio, porque a zona de alongamento e divisão celular demanda grande quantidade do nutriente, razão pela qual também é encontrado acúmulo de nitrogênio nessas regiões (GASTAL; NELSON, 1994).

O comprimento final da lâmina foliar é uma característica vegetal plástica, responsiva principalmente à intensidade de desfolhação, dependente da taxa de aparecimento e alongação foliar (MACHADO, 2010). Pesquisas com gramíneas tropicais confirmam o aumento do comprimento final das lâminas foliares como resultado de adubações nitrogenadas (MARTUSCELLO et al., 2005; PREMAZZI; MONTEIRO; OLIVEIRA, 2011), provavelmente devido ao estímulo do nutriente na taxa de alongação foliar (FAGUNDES et al., 2006).

A densidade de perfilhos é a característica estrutural que define a persistência das pastagens, visto que os perfilhos são a unidade básica de crescimento de gramíneas (CASTAGNARA, 2009). A origem dos perfilhos ocorre a partir de gemas axilares localizadas nos entrenós mais baixos do colmo principal ou de outros perfilhos, de modo que o potencial de perfilhamento de um genótipo depende da sua capacidade em emitir folhas (NELSON, 2000). De acordo com Castagnara (2009), a adubação nitrogenada está entre os fatores que mais influenciam no perfilhamento, sendo que condições de déficit nutricional mantêm o perfilhamento abaixo de seu potencial.

O número de folhas vivas por perfilho, segundo Gomide e Gomide (2000) e Castagnara (2009), representa um critério de importância na definição do período de descanso das pastagens. O número de folhas vivas aumenta em um perfilho no decorrer do período de desenvolvimento da gramínea forrageira até que se inicie o processo de senescência foliar. Martuscello et al. (2005) verificaram que o número de folhas vivas por perfilho de plantas foi maior no capim-xaraés recebendo alto fornecimento de nitrogênio do que no baixo fornecimento, embora tenham observado menor duração de vida dessas folhas.

O fornecimento de nitrogênio às gramíneas forrageiras é condição fundamental para o aumento da quantidade e qualidade de biomassa produzida, mas a resposta efetiva dessas

gramíneas depende, além da dose, da forma de nitrogênio utilizada na nutrição das plantas. Na literatura, porém, não existem informações que explicitem o papel das proporções de amônio e nitrato nos atributos de crescimento e morfogênicos em plantas forrageiras, particularmente em condições de suprimento variável de nitrogênio, dificultando o manejo adequado da adubação nitrogenada para maior produtividade das pastagens.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local e época

O experimento foi desenvolvido com *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés em casa de vegetação (Figura 1), situada em Piracicaba - SP, no período de 04 novembro de 2011 a 13 de janeiro de 2012.



Figura 1 – Vista do experimento instalado em casa de vegetação

#### 3.2 Delineamento experimental e solução nutritiva

Utilizou-se o delineamento de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 3 x 3, com o estudo de três doses de nitrogênio (3; 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>, representando as disponibilidades de nitrogênio baixa, intermediária e alta) e três proporções de nitrato e amônio (100/0; 85/15 e 30/70), com quatro repetições. O método utilizado para analisar o crescimento das plantas foi destrutivo, de modo que, para garantir número apropriado de graus de liberdade do resíduo ao final do experimento, empregaram-se três conjuntos de vasos totalizando 108 unidades experimentais.

As soluções nutritivas foram calculadas a partir da solução completa de Hoagland e Arnon (1950), modificada de acordo com as combinações estabelecidas (Tabela 1). O fornecimento de potássio, cálcio e magnésio da solução original foi modificado de 6, 5 e 2 mmol L<sup>-1</sup> para 10, 7 e 4 mmol L<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabela 1 – Volume das soluções estoque utilizadas no preparo das soluções nutritivas para atender as doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio

Proporções NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	100/0			85/15			30/70		
Nitrogênio (mmol L <sup>-1</sup> )	3	15	27	3	15	27	3	15	27
Volume pipetado (mL L <sup>-1</sup> )									
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1	1	1	1	1	1	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4	4	-	4	4	4	1,8	-	-
KCl	2	2	-	2,9	2,5	2,1	7,3	10	10
KNO <sub>3</sub>	3	3	9	2,1	2,5	2,9	0,9	-	-
MgSO <sub>4</sub>	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-	3	2	-	-	3	-	-	-
MgCl <sub>2</sub>	4	1	-	4	4	1	4	4	4
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-	3	7	-	4	5	-	-	-
CaCl <sub>2</sub>	7	4	-	7	3	2	7	7	7
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	-	-	-	0,45	2,25	4,05	-	4,5	8,1
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-	1	1	1
NH <sub>4</sub> Cl	-	-	-	-	-	-	-	1	5,8
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-	1,1	2	2
Micro - Fe*	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fe EDTA**	1	1	1	1	1	1	1	1	1

As soluções estoque tiveram concentração de 1 mol L<sup>-1</sup>, exceto K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> com 0,5 mol L<sup>-1</sup>, Micro-Fe e Fe EDTA

\* A solução de Micro - Fe teve a seguinte composição em g L<sup>-1</sup>: H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> = 2,86; MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O = 1,81; ZnCl<sub>2</sub> = 0,10; CuCl<sub>2</sub> = 0,04 e H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O = 0,02

\*\* Na solução de Fe EDTA dissolveram-se 26,1 g de EDTA dissódico em 286 mL de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>, misturando-se 24,0 g de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, arejando-se por uma noite e completando-se a 1 L com água desionizada

### 3.3 Instalação e condução do experimento

As sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés foram germinadas em bandejas plásticas contendo areia lavada em água corrente e em seguida em água desionizada. A areia foi irrigada diariamente com água desionizada.

Aos 15 dias após a semeadura foram transplantadas dez mudas do capim para vasos com capacidade de 3,6 L contendo quartzo moído (sílica) como substrato, o qual também foi lavado com água corrente e desionizada. A cada vaso foi adicionado 1 L de solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) correspondente a cada combinação em estudo (Tabela 1) e diluída a 20%. A solução foi circulada pela sílica cinco vezes ao dia e mantida durante a noite nos vasos por cinco dias, quando houve a substituição pela solução nutritiva definitiva (100%

da força iônica). A solução definitiva foi reposta semanalmente, circulada pela sílica três vezes ao dia e drenada durante a noite

Desbastes foram realizados em cada unidade experimental durante os cinco dias iniciais de condução do experimento, retirando-se dos vasos as plantas menos vigorosas e mais desuniformes, até restarem cinco plantas por vaso.

### **3.4 Coleta do material vegetal**

Os atributos de crescimento foram avaliados em dois períodos, no crescimento inicial e na rebrotação das plantas. Para tanto, as plantas de 36 vasos foram colhidas aos 20 dias após o transplântio (tempo 1 do crescimento inicial) e, aos 40 dias após o transplântio (tempo 2 do crescimento inicial), foi realizado o corte da parte aérea dos 72 vasos remanescentes. Aos 10 dias de rebrotação (tempo 1 da rebrotação) foram colhidas as plantas de outros 36 vasos e as plantas dos últimos 36 vasos foram colhidas aos 30 dias de rebrotação (tempo 2 da rebrotação).

Os cortes foram realizados a 5 cm de altura em relação à sílica no caso em que foi conduzida a rebrotação e rente à superfície da sílica nos cortes finais. Em cada corte, a parte aérea foi subdividida em folhas emergentes (FE), lâminas das duas folhas mais recentemente expandidas (LR), lâminas das demais folhas maduras (LM) e colmos+bainhas (CB) e, nos cortes finais as raízes das plantas foram separadas da sílica utilizando-se um conjunto de peneiras e água corrente.

Todo o material colhido foi acondicionado em sacos de papel e levado à estufa a 65°C por 72h para determinação da massa seca. O material vegetal seco foi moído em moinho do tipo Wiley para as determinações de nitrogênio total, nitrato e amônio.

### **3.5 Determinação da área foliar**

Após a separação da parte aérea das plantas em cada colheita foi determinada a área das lâminas foliares (FE, LR e LM) utilizando-se o integrador de área foliar modelo LICOR modelo LI-3000. A área foliar total foi obtida pelo somatório das áreas encontradas para cada um dos tipos de tecidos foliares.

### 3.6 Determinação da produção de massa seca

A quantidade de massa seca da parte aérea e das raízes das plantas de cada vaso foi obtida com o uso de uma balança semi-analítica. A produção de massa seca da parte aérea foi obtida pelo somatório das massas dos componentes FE, LR, LM e CB.

### 3.7 Análise de crescimento: taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e razão de massa foliar (RMF)

Os atributos de crescimento TCA, TCR, TAL, RAF, AFE e RMF foram calculados de acordo com o proposto por Benincasa (2003), levando-se em consideração os valores de massa seca da parte aérea e a área foliar de cada unidade experimental, conforme as seguintes equações:

$$TCC = (M_2 - M_1) / (t_2 - t_1) \quad (1)$$

$$TCR = (\ln M_2 - \ln M_1) / (t_2 - t_1) \quad (2)$$

$$TAL = [(M_2 - M_1) / (t_2 - t_1)] * [(\ln A_2 - \ln A_1) / (A_2 - A_1)] \quad (3)$$

$$RAF = A / M \quad (4)$$

$$AFE = A / M_f \quad (5)$$

$$RMF = M_f / M \quad (6)$$

em que:

$M_2 - M_1$  é a diferença entre massa seca da parte aérea das plantas colhidas em duas amostragens sucessivas (tempo 1 e tempo 2);

$t_2 - t_1$  é o número de dias decorrido entre as duas amostragens;

$A_2 - A_1$  é a diferença entre a área foliar total das plantas em duas amostragens sucessivas;

$A$  é a área foliar;

$M$  é a massa seca da parte aérea;

$M_f$  é a massa seca das folhas.

A análise de crescimento foi realizada em dois períodos de cultivo das plantas, ou seja, crescimento inicial e rebrotação. No crescimento inicial os cortes das plantas foram realizadas aos 20 e 40 dias após o transplântio e na rebrotação aos 10 e 30 dias de rebrotação.

### 3.8 Análises morfogênicas e estruturais: taxa de aparecimento foliar (TAF), filocrono, número de folhas vivas por perfilho, comprimento final da lâmina foliar e número de perfilhos

As análises morfogênicas e estruturais foram realizadas em dois períodos de crescimento das plantas, no crescimento inicial aos 40 dias após o transplante e na rebrotação aos 30 dias após o corte.

Para a análise do comprimento final da lâmina foliar foram marcados dois perfilhos por vaso, evitando aqueles injuriados e danificados por qualquer razão (Figura 2).

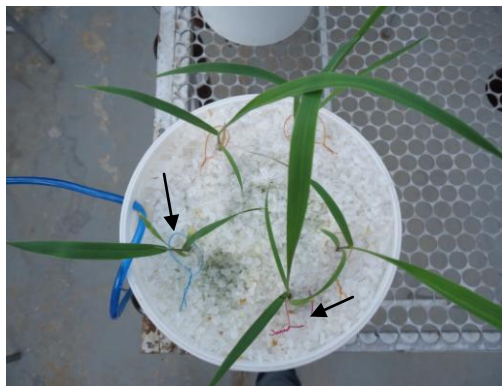


Figura 2 - Superfície dos vasos com os perfilhos principais marcados e destaque para aqueles marcados com anéis azul e vermelho, que representam os perfilhos em que foi acompanhado o desenvolvimento das folhas

As contagens do número de folhas vivas e do número de perfilhos por unidade experimental foram realizadas a cada dois dias. Foram consideradas vivas as folhas em expansão e as expandidas desde que apresentassem menos de 50% da lâmina foliar senescente.

A TAF ( $\text{folhas dia}^{-1} \text{ perfilho}^{-1}$ ) foi obtida pela razão entre o número de folhas surgidas por perfilho e o número de dias do período analisado (GONÇALVES; QUADROS, 2003) e o filocrono foi calculado pelo inverso da TAF (GOMIDE; GOMIDE, 2000).

### 3.9 Concentração relativa de clorofila (valor SPAD)

A concentração relativa de clorofila nas folhas foi estimada indiretamente utilizando-se o aparelho Chlorophyll Meter SPAD 502, que se baseia na quantidade de luz que atravessa a folha, nos comprimentos de onda de 650 a 940 nm.

As leituras SPAD foram realizadas no dia de colheita em cada idade de crescimento e nos dias de determinação da atividade da enzima redutase do nitrato colocando-se o aparelho



na porção média da segunda lâmina de folhas recém-expandidas do perfilho principal de cada planta. Realizaram-se dez leituras referentes a cada unidade experimental e o valor SPAD obtido constituiu-se da média dos valores observados.

### **3.10 Determinações de nitrogênio total, nitrato e amônio nos tecidos vegetais**

A determinação das concentrações de nitrogênio total, nitrato e amônio foi realizada na parte aérea e nas raízes das plantas nas amostras de cada idade de crescimento.

A metodologia utilizada para determinação do nitrogênio total foi descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), com a digestão sulfúrica e posterior destilação com liberação da amônia, que é fixada em uma solução de ácido bórico com indicadores (vermelho de metila e verde de bromocresol) e titulado com ácido sulfúrico.

Para a determinação do amônio e nitrato foi utilizado o método de extração com KCl e agitação por 5 min, conforme proposto por Tedesco, Volkweiss e Bohnen (1985). Esse método não discrimina o nitrato e o nitrito presente nas amostras, mas considera o último desprezível.

### **3.11 Determinação da atividade da redutase do nitrato**

A atividade da redutase do nitrato foi determinada aos 29 dias do primeiro e aos 24 dias do segundo crescimento das gramíneas forrageiras, utilizando-se o método descrito por Mulder, Boxma e Van Venn (1959). Antes da amostragem das lâminas foliares, as plantas foram colocados em câmara de crescimento, para que ficassem expostas a luz artificial por duas horas no dia da determinação, de forma a homogeneizar a luminosidade incidente em todas as unidades experimentais.

Coletaram-se amostras do terço médio da lâmina foliar da segunda folha recém-expandida (LR), incubando-se 0,2 g da amostra do material vegetal fresco em tubos de ensaio contendo  $\text{KNO}_3$  em tampão fosfato. Os tubos foram mantidos em ambiente escuro e colocados em banho-maria a  $35^\circ\text{C}$  por duas horas, com agitações periódicas a cada cinco minutos. A seguir, uma alíquota de 1 mL foi retirada dos tubos e transferida para erlenmeyer onde sequencialmente foram adicionados ácido sulfanílico diluído em HCl ( $20 \text{ mL L}^{-1}$ ) e alfa-naftilamina. Para a leitura das amostras utilizou-se espectrofotômetro com comprimento de onda ajustado em 560 nm e a atividade enzimática foi expressa pela quantidade de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) produzida após o uso da curva padrão.

### **3.12 Avaliações nas raízes**

Após o corte final das plantas (aos 30 dias de rebrotação) as raízes foram retiradas da sílica e lavadas em água corrente e desionizada utilizando um conjunto de peneiras com malhas de 0,25 e 1,0 mm para evitar a perda das raízes mais finas. Das plantas de cada vaso, foi retirada uma subamostra, representando cerca de 20% do total de massa fresca das raízes (ROSSIELLO et al., 1995).

As subamostras foram colocadas em copos plásticos com uma solução de violeta genciana ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) em água desionizada, com o intuito de colorir as raízes. Após a coloração, as raízes foram espalhadas na superfície de uma transparência, tomando-se o cuidado para não sobrepô-las e em seguida foram colocadas em “scanner” para digitalização das imagens, que foram analisadas com o uso do aplicativo SIARCS (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo) (CRESTANA et al., 1994), para obtenção dos valores do comprimento e da superfície radicular.

### **3.13 Análise estatística**

Os resultados foram submetidos à análise de variância com o uso do aplicativo Statistical Analysis System (SAS, 2004). Utilizou-se o procedimento GLM para verificar a significância da interação doses de nitrogênio x formas de nitrogênio nos parâmetros nutricionais, produtivos, morfogênicos e análise de crescimento do capim-xaraés.

As médias das combinações foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de confiança. Nas condições onde houve elevado coeficiente de variação dos resultados optou-se por apresentar as médias acompanhadas dos respectivos erros padrões das médias.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Produção de massa seca da parte aérea e área foliar

A produção de massa da parte aérea do capim-xaraés foi significativamente alterada pelas doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio isoladamente aos 20 dias após o transplântio. Aos 40 dias após o transplântio e aos 10 e 30 dias de rebrotação constatou-se significância para a interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio na produção.

Aos 20 dias após o transplântio, as plantas apresentaram maior produção de massa seca nas doses de nitrogênio de 15 e 27, que não diferiram entre si, do que em 3  $\text{mmol L}^{-1}$  e na proporção de nitrato/amônio 85/15 do que em 30/70 e 100/0 (Figura 3). Nessa fase de crescimento, as plantas da dose de nitrogênio 3  $\text{mmol L}^{-1}$  tiveram produção de massa seca cerca de 67% menor que a observada nas outras doses desse nutriente (Figura 3a) e nas proporções nitrato/amônio 30/70 e 100/0 a redução na massa seca da parte aérea das plantas foi em média de 40% em relação à proporção 85/15 (Figura 3b). Abreu e Monteiro (1999) trabalharam com adubação nitrogenada para o capim-marandu, cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo, nas idades de crescimento de 14, 28 e 36 dias no crescimento inicial e na rebrotação e constataram efeito mais pronunciado do nitrogênio na produção de massa seca à medida que as plantas avançaram no estágio de crescimento. Santos Junior (2002), também com capim-marandu, não encontrou diferenças das doses de nitrogênio de 210 e 378  $\text{mg L}^{-1}$  (que equivalem a 15 e 27  $\text{mmol L}^{-1}$ ), para a produção de massa seca das plantas aos 28 dias, mas verificou maiores respostas das plantas ao nitrogênio a partir dos 35 dias de crescimento.

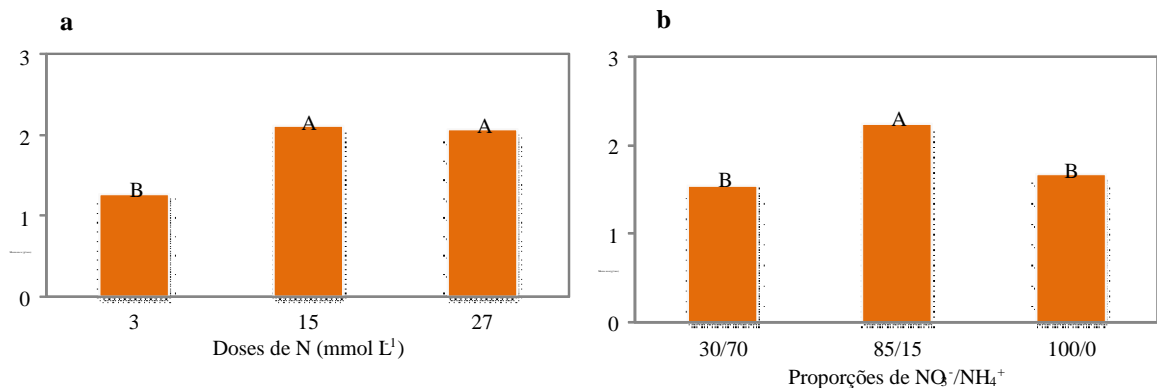


Figura 3 – Produção de massa seca da parte aérea aos 20 dias após o transplântio do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio (a) e das proporções de nitrato e amônio (b) na solução nutritiva. Letras iguais não diferem entre si, em cada caso, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Aos 40 dias após o transplântio, observou-se maior produção de massa seca da parte aérea para as plantas crescidas na solução nutritiva contendo nitrogênio fornecido 85% como nitrato e 15% como amônio, nas doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>, que não diferiram entre si (Tabela 2). A baixa disponibilidade de nitrogênio e o excesso de amônio na solução nutritiva resultaram nas menores produções de massa seca da parte aérea do capim-xaraés, sendo a produção de massa seca na combinação da dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> com a proporção nitrato/amônio de 30/70 mais de cinco vezes inferior à máxima.

Tabela 2 – Produção de massa seca do capim-xaraés em cada idade de crescimento, em função das combinações das doses de nitrogênio com as proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
-----g/vaso-----			
-----40 dias após o transplântio-----			
3	6,59 Aa	11,7 Ab	11,09 Ab
15	8,22 Ca	42,10 Aa	30,88 Ba
27	8,01 Ca	42,49 Aa	28,43 Ba
C.V. = 13,21%			
-----10 dias de rebrotação-----			
3	1,13 Ba	2,71 Ab	2,91 Ab
15	1,38 Ca	9,24 Aa	7,63 Ba
27	1,10 Ca	9,12 Aa	7,36 Ba
C.V. = 11,8%			
-----30 dias de rebrotação-----			
3	4,91 Ba	16,77 Ab	17,51 Ab
15	6,25 Ba	69,16 Aa	63,61 Aa
27	9,60 Ca	77,14 Aa	65,30 Ba
C.V. = 7,4%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Aos 10 dias de rebrotação, verificou-se que as plantas alcançaram máxima produção de massa seca da parte aérea nas doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> combinadas com a proporção nitrato/amônio de 85/15 (Tabela 2). Aos 30 dias de rebrotação constatou-se que as combinações das doses de nitrogênio 15 mmol L<sup>-1</sup> com as proporções nitrato/amônio 85/15 e 100/0, e a combinação da dose de nitrogênio de 27 mmol L<sup>-1</sup> com a proporção 85/15 favoreceram a produção de massa seca, indicando que o capim-xaraés se desenvolve melhor em condições onde há fornecimento misto de nitrato e amônio, porém com predomínio da forma nítrica. Em ambas as idades de rebrotação (10 e 30 dias) confirmou-se o efeito fitotóxico do amônio, que fornecido na proporção nitrato/amônio de 30/70 prejudicou o

desenvolvimento do capim-xaraés, mesmo em condições de fornecimento de dose adequada de nitrogênio.

Em todos os períodos avaliados, não foram observadas alterações significativas na produção de massa seca entre as doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>, em nenhuma proporção nitrato/amônio utilizada, contradizendo os resultados da literatura que afirmam a produção de massa seca em capins dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* aumentar com as doses de nitrogênio (SANTOS JUNIOR, 2001; LAVRES JUNIOR; MONTEIRO, 2002; MEGDA; MONTEIRO, 2010)

Nas combinações onde ocorreu maior fornecimento de amônio obteve-se reduzida biomassa da parte aérea em todas as idades de crescimento e, principalmente após o corte, constatou-se a morte de folhas e perfilhos, o que restringiu ainda mais a produção de massa seca da parte aérea no crescimento subsequente.

As mais altas produções de massa seca da parte aérea ocorreram na rebrotação. Diversos autores também encontraram maior produção de massa seca em espécies de *Brachiaria brizantha* após a rebrotação (BATISTA, 2002; GARCEZ, 2009; MEGDA, 2009), o que se explica pelo maior acúmulo de carboidratos não-estruturais, que são mobilizados das raízes e base dos colmos para formação de parte aérea (ABREU; MONTEIRO, 1999) e pelo fato de haver menor demanda energética para a formação do sistema radicular, que se encontrava desenvolvido à época da rebrotação (ABREU; MONTEIRO, 1999; BATISTA, 2002).

As informações na literatura sobre produção de massa seca da parte aérea de capins mediante o fornecimento de nitrato e amônio apontam que o fornecimento de ambas as formas em proporções que variam de 50% de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e 50% de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a 75% de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e 25% de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> beneficiam a produção de massa seca. Cao et al. (2011) encontraram maior produção de massa seca total de azevém perene nas proporções de nitrato/amônio de 50/50 e 75/25. Ao trabalhar com os capins Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana) e Marandu, Santos (2003) verificou que no primeiro crescimento o capim-aruana não respondeu à adição de amônio na solução nutritiva até a proporção nitrato/amônio 55/45, enquanto no segundo crescimento, as maiores produções ocorreram na proporção 70/30 e 55/45 e observou mais alta produção de massa seca nas proporções de nitrato/amônio próximas de 70/30 em ambos os crescimentos do capim-marandu. Abreu (1994) concluiu que a maior produção de massa seca do capim-marandu ocorreu nas proporções de nitrato/amônio de 100/0 e 75/25 (sem cálcio). Os resultados de Santos (2003) corroboram os encontrados para o capim-xaraés, que se

desenvolveu melhor em condições de fornecimento conjunto de nitrato e amônio em proporção de 85/15, utilizando a dose de nitrogênio de 15 mmol L<sup>-1</sup>.

Silveira e Sant'Anna (1988) utilizaram plantas de capim-colonião (*Panicum maximum* cv. Colonião) com 19 dias, expondo-as por quatro dias às proporções de nitrato/amônio de 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100, na dose de nitrogênio de 7,14 mmol L<sup>-1</sup> e verificaram aumento da produção de massa seca na proporção com 100% de nitrato até aquela com 50%. Andrade et al. (2001) obtiveram redução na produção de massa seca de *Panicum maximum* cv. Vencedor quando forneceram nitrogênio em proporções com menos de 25% de nitrato no meio de cultivo, ou seja, com mais de 75% de amônio, em relação àquelas em que se utilizou proporções nitrato/amônio com mais de 25% de nitrato. Esses resultados, em conjunto com os apresentados por Santos (2003), sugerem que cultivares de *Panicum maximum* toleram mais amônio no meio de cultivo do que os cultivares de *Brachiaria brizantha*, em especial o capim-xaraés.

Monteiro e Werner (1977) relataram que o requerimento de nitrogênio pelas gramíneas forrageiras é maior após o desenvolvimento inicial, enquanto estudos envolvendo adubação nitrogenada apresentaram relação positiva entre doses do nutriente e vigor de rebrotação para *Brachiaria brizantha* (ALEXANDRINO et al., 2003). Isto demonstra mais uma vez a necessidade da maior concentração de nitrogênio na solução nutritiva do que o previsto na solução de Hoagland e Arnon (1950) para as plantas forrageiras tropicais expressarem o máximo potencial produtivo em cada idade de crescimento (LAVRES JUNIOR; MONTEIRO, 2006; MEGDA; MONTEIRO, 2010).

Para a área foliar, foi verificada significância da interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio, em todas as fases de crescimento das plantas. À exceção dos 20 dias após o transplântio, nas outras idades de crescimento a resposta das plantas para a área foliar foi semelhante à da produção de massa seca, mostrando que o incremento da produção de massa seca da parte aérea acompanhou a área foliar.

Aos 20 dias após o transplântio, obteve-se maior área foliar para as plantas cultivadas nas doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>, estatisticamente iguais entre si, quando fornecido 85% como nitrato e 15% como amônio (Tabela 3).

Para as plantas colhidas aos 40 dias após o transplântio, verificou-se que as combinações que proporcionaram maior área foliar do capim-xaraés foram das doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> com a proporção nitrato/amônio 85/15. Isto é semelhante ao encontrado para os 20 dias após o transplântio, porém nesta idade de crescimento constatou-se maior incremento na área foliar em relação à combinação da menor dose de nitrogênio (3

mmol L<sup>-1</sup>) com a proporção de nitrato/amônio 30/70 que favoreceu a concentração de amônio na solução nutritiva (Tabela 3).

Tabela 3 – Área foliar do capim-Xaraés em cada idade de crescimento, em função das doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
----- cm <sup>2</sup> /vaso -----			
-----20 dias após o transplantio-----			
3	116,82 Aa	165,35Ab	119,15 Ab
15	188,91 Ba	324,61 Aa	271,84 ABa
27	188,88 Ba	338,63 Aa	188,60 Bab
C.V. = 18,49 %			
-----40 dias após o transplantio-----			
3	521,69 Aa	950,66 Ab	902,11 Ab
15	682,59 Ca	3291,15 Aa	2437,24 Ba
27	696,41 Ca	3331,36 Aa	2518,10 Ba
C.V. = 12,17%			
-----10 dias de rebrotação-----			
3	182,16 Ba	502,36 Ab	500,17 Ab
15	175,99 Ba	1469,48 Aa	1298,07 Aa
27	208,54 Ca	1482,37 Aa	1165,52 Ba
C.V. = 11,99%			
-----30 dias de rebrotação-----			
3	342,82 Ba	1265,24 Ac	1429,23 Ab
15	492,80 Ba	4389,74 Ab	4499,59 Aa
27	756,33 Ba	5099,08 Aa	4670,42 Aa
C.V. = 10,48%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Na rebrotação, aos 10 dias e 30 dias verificou-se que as maiores áreas foliares foram atingidas com o emprego de 85% de nitrato e 15% de amônio fornecido nas doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>, que não diferiram entre si (Tabela 3). O incremento de área foliar em relação à combinação da dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> na proporção de nitrato/amônio 30/70 foi de 7,13 e 13,9 vezes, aos 10 e 30 dias de rebrotação, respectivamente.

Na literatura é bem documentada a resposta da área foliar de capins ao fornecimento de nitrogênio no meio de cultivo e, segundo Lemaire e Chapman (1996), isto se deve ao papel do nutriente na alongação das folhas. Silveira e Monteiro (2007) forneceram nitrogênio na proporção nitrato/amônio de 65/35 para o capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia) e verificaram nas épocas do primeiro corte (39 dias após o transplantio) e segundo corte (30 dias após o primeiro corte) que a área foliar foi fortemente influenciada pelas doses de



nitrogênio. Megda e Monteiro (2010) concluíram que a dose de nitrogênio de 33 mmol L<sup>-1</sup>, fornecido 64,4% como nitrato e 35,6% como amônio, maximizou a área foliar do capim-marandu coletado aos 46 dias após o transplântio e 30 dias após o primeiro corte. Martuscello et al. (2005) e Costa et al. (2011) encontraram resposta positiva na área foliar do capim-xaraés com o fornecimento de doses de nitrogênio. No que se refere às formas de nitrogênio, Santos (2003) e Abreu (1994) obtiveram maior área foliar em gramíneas forrageiras quando as proporções de nitrato/amônio estiveram próximas a 70/30 na solução nutritiva.

Santos Junior (2001) avaliou a área foliar de capim-marandu em seis idades de crescimento e submetido a doses de nitrogênio, na proporção de nitrato/amônio de 70/30, e estimou para as idades de 21 e 42 dias após o transplântio, área foliar de 187,04 e 2870,69 cm<sup>2</sup>/vaso para a dose de nitrogênio de 15 mmol L<sup>-1</sup>, respectivamente, e 165,51 e 2747,38 para a dose de 27 mmol L<sup>-1</sup>, valores um pouco inferiores aos encontrados para o capim-xaraés no presente trabalho. Martuscello et al. (2009), comparando características produtivas dos capins braquiária (*Brachiaria decumbens*), Marandu e Xaraés concluíram que o capim-xaraés apresentou maior área foliar quando comparado aos outros dois capins sob as mesmas condições ambientais, corroborando os resultados encontrados nesse estudo.

## 4.2 Análise de crescimento

### 4.2.1 Taxa de crescimento absoluto (TCA)

A TCA tanto no crescimento inicial quanto na rebrotação mostrou significância para a interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva. No crescimento inicial (Tabela 4), o maior valor da TCA foi obtido nas doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> combinadas com a proporção de 85% nitrato e 15% amônio.

A proporção com menor participação de nitrato na solução nutritiva (30 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/70 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), no crescimento inicial, resultou nas menores TCA para as doses de nitrogênio 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>, não sendo constatadas diferenças para as proporções nitrato/amônio na dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup>. Da mesma forma, o fornecimento de baixa dose de nitrogênio resultou na redução da produção de biomassa pelas plantas no período analisado. A velocidade de aquisição de biomassa, expressa pela TCA, da combinação da dose de nitrogênio de 27 mmol L<sup>-1</sup> fornecido na proporção nitrato/amônio de 85/15, apresentou-se 6,24 vezes superior em comparação à combinação da dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> fornecido na proporção 30/70.

Tabela 4 – Taxa de crescimento absoluto (TCA) capim-xaraés no crescimento inicial e na rebrotação, em função das combinações das doses de nitrogênio com as proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
-----g/dia-----			
-----Crescimento inicial-----			
3	0,28 Aa	0,51 Ab	0,50 Ab
15	0,33 Ca	1,98 Aa	1,44 Ba
27	0,31 Ca	1,99 Aa	1,33 Ba
C.V. = 13,68%			
-----Rebrotação-----			
3	0,19 Ba	0,70 Ab	0,73 Ab
15	0,25 Ba	2,99 Aa	2,80 Aa
27	0,43 Ca	3,40 Aa	2,90 Ba
C.V. = 12,67%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Na rebrotação (Tabela 4) foram observados mais altos valores da TCA das plantas do que no crescimento inicial, exceto quando se combinaram as doses de nitrogênio de 3 e 15 mmol L<sup>-1</sup> com a proporção de nitrato/amônio 30/70 e isto se deve à maior produção de massa seca observada após o corte das plantas (Tabela 2). A maior TCA atingida na rebrotação foi verificada quando as plantas foram supridas com as doses usual e alta de nitrogênio fornecido na proporção nitrato/amônio de 85/15 e 100/0. De forma semelhante ao observado no crescimento inicial, a proporção nitrato/amônio de 30/70 mostrou-se muito limitante ao crescimento da planta (Tabela 4).

Os valores de TCA foram maiores na rebrotação, exceto para as doses de nitrogênio de 3 e 15 mmol L<sup>-1</sup> combinadas com a proporção nitrato/amônio de 30/70. Estes menores valores podem ser atribuídos à demanda por esqueletos de carbono para assimilação do amônio. No crescimento inicial, o aproveitamento direto de amônio permite às plantas constituírem proteínas estruturais e enzimas, dentre as quais a redutase do nitrato (FERNANDES; ROSSIELO, 1986), mas durante a rebrotação existe um déficit de esqueletos de carbono para incorporação de amônio uma vez que a fotossíntese é bastante reduzida após a desfolhação. Bialczyk, Lechowski e Libik (2004) e Bialczyk et al. (2007) para tomate (*Lycopersicon esculentum*) e por Roosta e Schjoerring (2008) para pepino (*Cucumis sativus*) demonstraram que a toxidez causada pelo amônio é diminuída quando se adiciona carbonato na solução nutritiva, afirmando que com o fornecimento de carbono para as raízes ocorre maior assimilação do nitrogênio nessa forma.

#### 4.2.2 Taxa de crescimento relativo (TCR)

A interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio no meio de cultivo foi significativa para a TCR no crescimento inicial do capim-xaraés, enquanto ocorreu significância para doses de nitrogênio e proporções de nitrato/amônio separadamente no período de rebrotação da gramínea.

No crescimento inicial (Tabela 5) verificaram-se maiores taxas de crescimento relativo do capim-xaraés quando a planta foi suprida com elevadas doses de nitrogênio combinadas com a proporções nitrato/amônio de 85/15 e 100/0. Os resultados para produção de massa seca (Figura 3 e Tabela 2), área foliar (Tabela 3), TCA (Tabela 4) e TCR (Tabela 5) permitem concluir que o máximo crescimento das plantas pode ser atingido sem que sejam necessários grandes investimentos nas doses de nitrogênio, mas desde que as proporções de nitrato e amônio sejam adequadas. Isto está de acordo com as informações de Walch-Liu et al. (2000), que concluíram ser a produção de gramíneas dependente não só da concentração do nitrogênio fornecido, mas da também da forma como o nutriente é aplicado.

Tabela 5– Taxa de crescimento relativo (TCR) capim-xaraés no crescimento inicial, em função das combinações das doses de nitrogênio com as proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
	-----g/dia-----		
3	0,090 Ba	0,103 ABb	0,118 Ab
15	0,080 Ba	0,143 Aa	0,135 Aab
27	0,080 Ba	0,138 Aa	0,138 Aa
C.V. = 6,60%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Bialczyk, Lechowski e Libik (2004) avaliaram a taxa de crescimento relativo para tomateiro em cultivo hidropônico e suprido com nitrato, amônio ou a combinação de nitrato e amônio (2,4 mM nitrato + 0,6 mM de amônio ou 2,4 mM amônio + 0,6 mM de nitrato) e verificaram maior TCR quando utilizaram as duas formas de nitrogênio, com maior participação do nitrato na solução nutritiva. Por outro lado, Gweyi-Onyango, Neumann e Roemheld (2009), também com tomateiro, não verificaram diferenças evidentes na TCR com o aumento de nitrato fornecido juntamente com amônio, principalmente nos períodos iniciais de crescimento da cultura. Roosta e Schjoerring (2008), trabalhando com plantas de pepino cultivadas com nitrato ou amônio em concentração constante de nitrogênio de 10 mmol L<sup>-1</sup> na

solução nutritiva, observaram que a TCR foi maior quando utilizaram o nitrogênio na forma nítrica ao invés da amoniacal.

Zhou et al. (2011), estudando a forma de nitrogênio para a produção de biomassa de pepino e de arroz, encontraram que as plantas de pepino (sensíveis ao amônio) apresentaram crescimento mais lento quando cultivadas em meio contendo mais N-amoniacal do que N-nítrico, enquanto que para o arroz a forma de nitrogênio pouco influenciou no crescimento das plantas.

É sabido que o nitrogênio auxilia o fluxo de tecidos em gramíneas tropicais, o que permite a rápida restauração da área foliar após a desfolhação e favorece as taxas de crescimento absoluto e relativo das plantas (FAGUNDES et al., 2006). Em concordância com o encontrado no presente estudo, Santos Junior, Monteiro e Lavres Junior (2004) constataram aumento de 50% na TCR no capim-marandu com o aumento das doses de nitrogênio de 2 para 27 mmol L<sup>-1</sup> e Pereira et al. (2012) verificaram incremento linear na TCR do capim-tifton-85, em cada intervalo de crescimento, mediante aumentos nas doses de nitrogênio de 0 a 133 kg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>.

As maiores taxas de crescimento relativo indicam que as plantas apresentaram sensível impulso no crescimento, ou seja, que produziram fotoassimilados além do suficiente para atender as demandas metabólicas, sendo o excedente armazenado ou utilizado para a construção de novas estruturas (BENINCASA, 2003). Assim, as plantas que apresentaram maior TCR no crescimento inicial acumularam mais biomassa para a rebrotação das plantas.

Os valores encontrados para a taxa de crescimento relativo na rebrotação foram menores do que os encontrados no crescimento inicial para uma mesma combinação de dose de nitrogênio e proporção de nitrato e amônio (Figura 4). Segundo Pereira et al. (2011), isto se deve à maior capacidade fotossintética que as plantas forrageiras mais jovens apresentam em relação às mais velhas, onde a senescência das folhas reduz a capacidade fotossintética e, conseqüentemente, o acúmulo de massa seca, diminuindo a taxa de crescimento relativo.

O aumento nas doses de nitrogênio na solução nutritiva durante a rebrotação do capim-xaraés promoveu incrementos na TCR, sendo que a dose de nitrogênio de 27 mmol L<sup>-1</sup> proporcionou TCR cerca de 40% maior do que a observada na menor dose de nitrogênio (Figura 4a). Semelhante ao que ocorreu com a taxa de crescimento absoluto (Tabela 4), o fornecimento combinado de nitrato e amônio para a rebrotação das plantas não representou melhoria na aquisição de biomassa, visto que as respostas em TCR do capim cultivado nas proporções de nitrato/amônio de 85/15 e 100/0 não diferiram entre si (Figura 4b). A mais

baixa concentração de amônio na solução nutritiva (30/70) resultou nos menores incrementos de produção de massa seca nesse período.

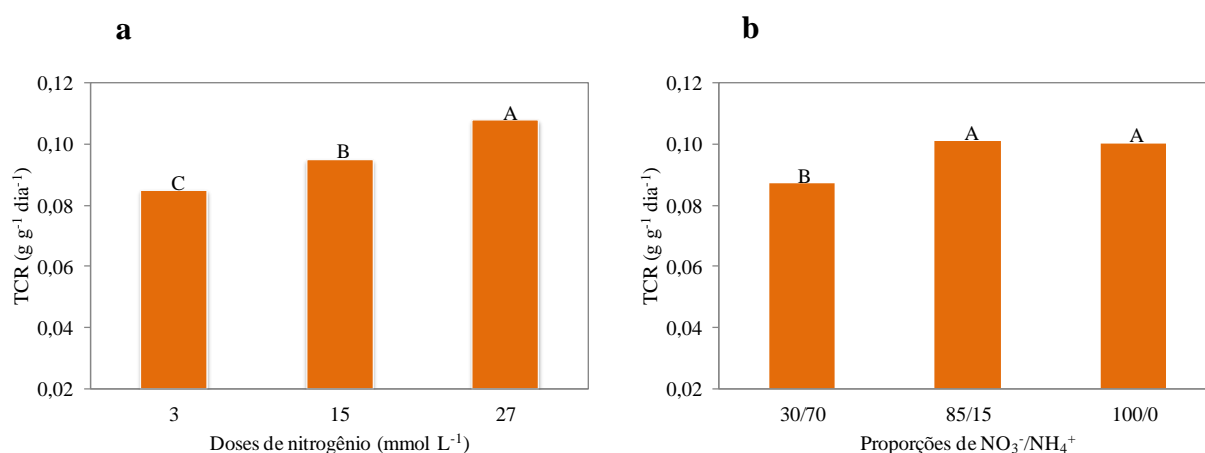


Figura 4 - Taxa de crescimento relativo (TCR) na rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio (a) e das proporções de nitrato e amônio (b). Letras iguais não diferem entre si, em cada caso, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

A TCR relaciona o aumento da produção de massa seca por unidade de massa seca presente, sendo um importante indicativo da eficiência de conversão da massa seca em forragem (SILVA, 2012). Assim, o capim-xaraés apresenta maior incremento na produção de forragem no crescimento inicial e na rebrotação à medida em que há aumento no fornecimento de nitrato e, conseqüentemente, redução no fornecimento de amônio na solução nutritiva.

#### 4.2.3 Taxa de assimilação líquida (TAL)

Os resultados para TAL mostraram significância para a interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva durante o crescimento inicial, enquanto na rebrotação constatou-se efeito isolado de doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva. A resposta do capim quanto à TAL (Tabela 6, Figura 5) mostrou-se semelhante à TCR (Tabela 5, Figura 4). De fato, existe estreita relação entre a TAL e a TCR, uma vez que esta depende tanto da produção líquida da fotossíntese quanto da área foliar disponível para interceptação de energia luminosa.

No crescimento inicial (Tabela 6) foi confirmado que a aplicação de altas doses de nitrogênio, fornecido principalmente com predominância de nitrato na solução nutritiva, assegura a superioridade fotossintética no capim-xaraés. Da mesma forma como foi observado para as taxas de crescimento absoluto (Tabela 4) e relativo (Tabela 5) no

crescimento inicial, o fornecimento de nitrogênio entre as doses de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> combinado como nitrato e amônio em proporção de 85/15, apresentou os maiores valores para esses atributos.

Tabela 6– Taxa de assimilação líquida (TAL) do capim-xaraés no crescimento inicial, em função das combinações das doses de nitrogênio com as proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
	-----g/dia-----		
3	1,003 Aa	1,138 Ab	1,293 Aa
15	0,778 Ba	1,548 Aa	1,463 Aa
27	0,808 Ba	1,534 Aa	1,365 Aa
C.V. = 10,31%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Para a taxa de assimilação líquida na rebrotação do capim, o fornecimento de nitrogênio contribuiu para o aumento da fotossíntese líquida, sendo o ganho diário na produção de massa seca superior em 40% nas plantas cultivadas em alta dose de nitrogênio em relação ao observado onde o nitrogênio foi limitante (3 mmol L<sup>-1</sup>) (Figura 5a).

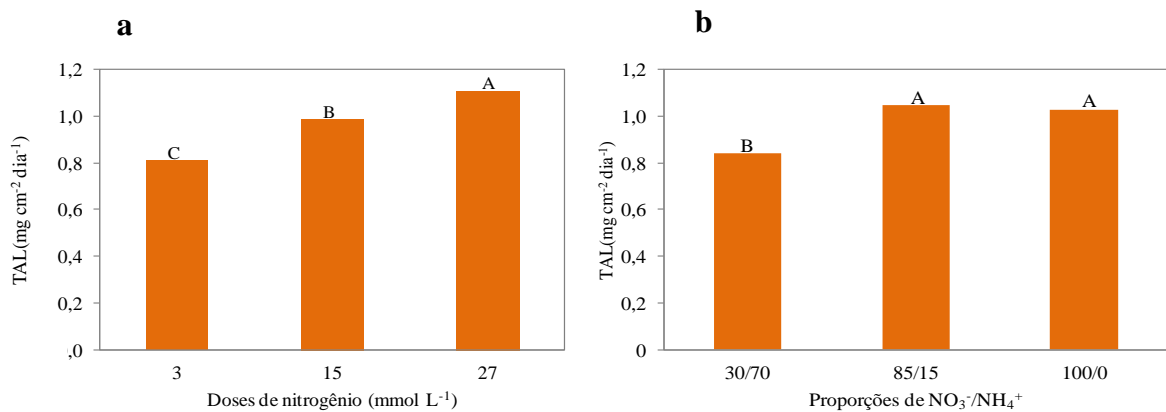


Figura 5 - Taxa de assimilação líquida (TAL) na rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio (a) e das proporções de nitrato e amônio (b). Letras iguais não diferem entre si, em cada caso, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Com relação às formas de nitrogênio, não foram observadas diferenças significativas na taxa de assimilação líquida durante a rebrotação entre as proporções de nitrato/amônio de 85/15 e 100/0, mas apenas a proporção 30/70 mostrou resultado inferior, destacando o prejuízo do excesso de amônio para o crescimento e produção de fotoassimilados (Figura 5b).

Cramer e Lewis (1993) relataram existirem variações consideráveis da nutrição nítrica ou amoniacal e da concentração de nitrogênio na assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub>. Acrescentaram que essas variações podem estar relacionadas principalmente com alterações na atividade das enzimas envolvidas na fotossíntese, com a fotorrespiração e com a condutância estomática.

Experimento realizado com milho (gramínea de metabolismo C4) cultivado em meio contendo nitrogênio na forma nítrica ou amoniacal em dose baixa ou alta de nitrogênio, demonstrou que o nitrato, bem como o maior fornecimento de nitrogênio, proporcionou aumento na fotossíntese, elevada condutividade estomática e maior concentração de CO<sub>2</sub> no interior das células (CRAMER; LEWIS, 1993).

Lopes e Araus (2006) concluíram que, sob regime adequado de água, o fornecimento de nitrogênio nas forma de nitrato e amônio (50/50) equiparou-se ao fornecimento exclusivo de N-nítrico em termos de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> e condutância estomática na folha bandeira do trigo (*Triticum aestivum*), sendo que as formas de nitrogênio não influenciaram a velocidade de carboxilação da Rubisco (ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase) e na regeneração do substrato RuBP (ribulose-1,5-bifosfato) para essas plantas. Experimentos realizados com arroz e pepino (ZHOU et al., 2011), demonstraram que o fornecimento exclusivo de nitrato em relação ao amônio proporcionou aumento significativo na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, na condutância estomática e na eficiência fotoquímica do fotossistema II do pepino, o que estimulou a fotossíntese e culminou com maior produção de ATP e poder redutor (NADPH) para serem utilizados no ciclo de Calvin para incorporação do carbono atmosférico. No arroz, porém, não foram observadas diferenças nos mesmos parâmetros, quanto à forma de nitrogênio devido à tolerância dessa espécie ao amônio. Cao et al. (2011) não encontraram alterações significativas na taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> em azevém perene crescido em meio com proporções de nitrato e amônio, mas obtiveram maior concentração de clorofila nas proporções em que o nitrato foi aplicado em maior porcentagem na solução nutritiva.

#### **4.2.4 Razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e razão de massa foliar (RMF)**

A interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio e doses de nitrogênio e proporções nitrato/amônio separadamente não foram significativas para a RAF do capim-

xaraés no crescimento inicial, mas teve significância para a RAF avaliada aos 10 e 30 dias de rebrotação.

Os coeficientes de variação para os resultados da RAF apresentaram-se elevados para as combinações de doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio e por esta razão optou-se por apresentar os resultados da média para cada combinação seguida pelo erro padrão da média. Pereira et al. (2011) não encontraram influência da adubação nitrogenada na RAF para capim-coastcross-1 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis* var. Robustus), cultivado em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, aos 28 dias de rebrotação, enquanto Pereira et al. (2012) verificaram aumento da RAF do capim-tifton 85 com o incremento das doses de nitrogênio.

A RAF das plantas no início do período de rebrotação (10 dias) teve valores superiores aos obtidos aos 30 dias de rebrotação (Tabela 7). Segundo Benincasa (2003), Santos Junior, Monteiro e Lavres Junior (2004) e Pereira et al. (2011), a área foliar útil é menor à medida em que a planta envelhece, o que reflete a menor taxa na fotossíntese, acompanhada de maior gasto energético com a respiração e a redistribuição de fotoassimilados das folhas para órgãos em crescimento (principalmente os perfilhos).

Tabela 7 – Razão de área foliar (RAF) do capim-xaraés na rebrotação, em função das doses combinações das nitrogênio com as proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva

Proporções NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> ) (10 dias)	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> ) (30 dias)
100/0	3	108,34 ± 7,2	81,33 ± 1,1
	15	113,35 ± 2,4	79,25 ± 1,6
	27	104,59 ± 1,1	88,86 ± 1,1
85/15	3	97,52 ± 2,4	81,11 ± 1,8
	15	125,24 ± 3,5	78,33 ± 0,8
	27	117,87 ± 3,3	78,48 ± 2,5
30/70	3	99,52 ± 3,9	80,31 ± 3,3
	15	106,63 ± 4,0	83,01 ± 3,2
	27	99,99 ± 6,2	86,81 ± 1,9

Médias seguidas do erro padrão da média

Analisando-se o conjunto de valores de RAF, TCR e TAL no período do crescimento inicial verifica-se que o ganho em assimilação líquida na fotossíntese, nas condições de alta dose de nitrogênio combinadas com proporções de nitrato e amônio próximas de 85/15, não foi acompanhado pelo aumento na RAF, sendo a TAL o atributo determinante da TCR. Na rebrotação, porém, ambos, RAF e TAL atuaram determinando a TCR.

A AFE foi significativamente influenciada pelas doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio separadamente, quando avaliada aos 40 dias após o transplante e pelas



proporções de nitrato e amônio aos 10 e 30 dias de rebrotação. Não foram detectadas alterações significativas na AFE aos 20 dias após o transplântio, mediante as combinações estudadas.

Aos 40 dias após o transplântio observaram-se aumentos na AFE à medida em que houve incremento na dose de nitrogênio (Figura 6a). O fornecimento exclusivo de nitrato contribuiu mais fortemente para o aumento da AFE e a proporção nitrato/amônio de 85/15 mostrou menor AFE do que a 100/0 (Figura 6b). Tendo em consideração que a AFE é o quociente entre área foliar e massa seca foliar produzida, o menor valor de AFE na proporção nitrato/amônio de 85/15 deve-se à alta produção de massa seca foliar que as plantas apresentaram nessa condição.

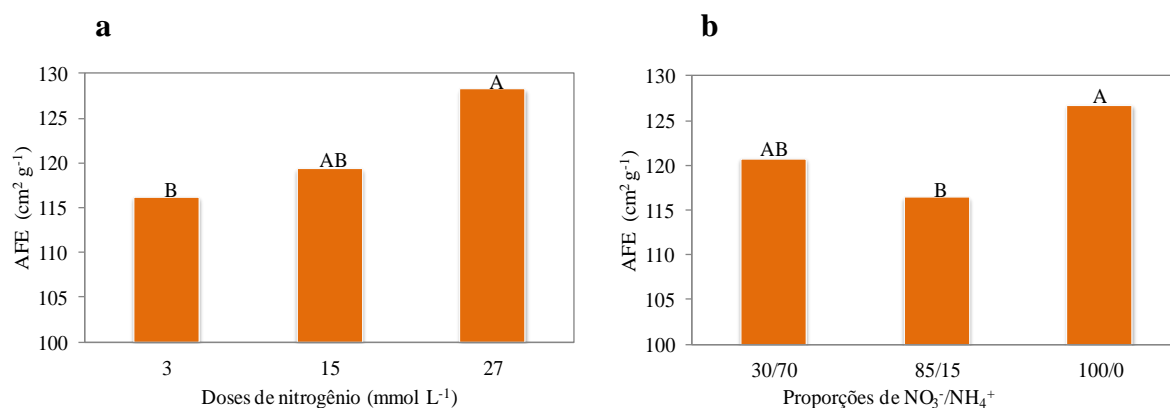


Figura 6 - Área foliar específica (AFE) aos 40 dias após o transplântio do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio (a) e das proporções de nitrato e amônio (b). Letras iguais, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Na avaliação aos 10 dias de rebrotação verificou-se que a proporção de nitrato/amônio de 85/15 proporcionou maior AFE do que a 30/70 (Figura 7). Entretanto, o oposto foi constatado nas plantas aos 30 dias de rebrotação, onde a proporção de 85/15 teve menor AFE do que em 100/0 e 30/70, que não diferiram entre si (Figura 8). A alta produção de massa seca de folhas aos 30 dias de rebrotação (Tabela 2) pode explicar a menor AFE do capim nessa fase de crescimento.

Cao et al. (2011) relataram que as proporções de nitrato/amônio de 100/0 e 75/25 resultaram em maior AFE no azevém perene aos 40 dias de crescimento. Bialczyk, Lechowski e Libik (2004) e Bruck e Guo (2006) reportaram maiores valores de AFE para tomate e feijão (*Phaseolus vulgaris*), respectivamente, quando cultivados em meio contendo nitrato ao invés de amônio como fonte de nitrogênio. Em relação às doses de nitrogênio no meio de cultivo, Pereira et al. (2012) verificaram aumento da AFE do capim-tifton-85 com a adubação

nitrogenada, o que proporcionou a redução na lignificação das folhas e contribuiu para o aumento da AFE.

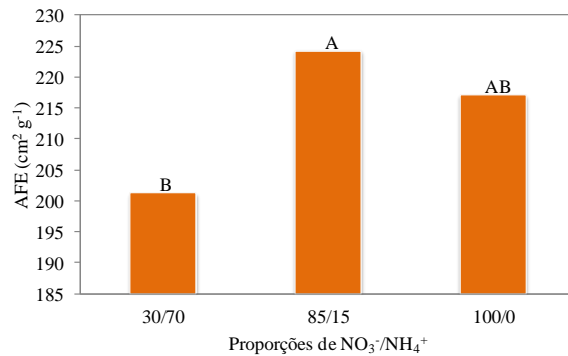


Figura 7 – Área foliar específica (AFE) aos 10 dias de rebrotação do capim-xaraés em função das proporções de nitrato e amônio. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

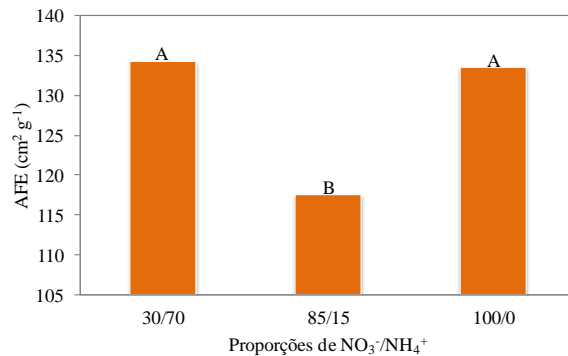


Figura 8 – Área foliar específica (AFE) aos 30 dias de rebrotação do capim-xaraés em função das proporções de nitrato e amônio. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

A RMF foi significativa para doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio isoladamente aos 20 dias após o transplântio do capim-xaraés, enquanto a interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio foi significativa para a RMF aos 40 dias após o transplântio. Aos 10 dias de rebrotação somente as proporções de nitrato e amônio resultaram em variação significativa na RMF. Não foram verificados efeitos significativos das doses de nitrogênio ou das proporções de nitrato e amônio na RMF das plantas aos 30 dias de rebrotação.

Aos 20 dias após o transplântio as plantas apresentaram maior RMF nas doses de nitrogênio de 3 e 15 do que em 27 mmol L<sup>-1</sup> (Figura 9a) e nas proporções de nitrato/amônio 100/0 e 30/70 do que 85/15 (Figura 9b). Tendo em vista que a RMF é obtida pela razão da massa seca das folhas com a massa seca total da parte aérea, os menores valores encontrados na dose de nitrogênio de 27 mmol L<sup>-1</sup> e na proporção nitrato/amônio de 85/15 podem ser explicados pela elevada produção de massa seca total da parte aérea que as plantas apresentaram nessas condições.

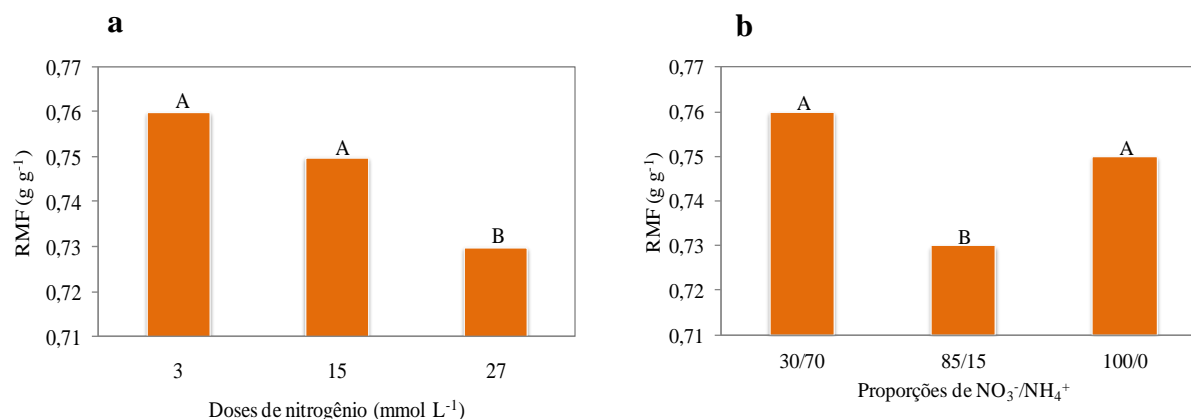


Figura 9 – Razão de massa foliar (RMF) aos 20 dias após o transplântio do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio (a) e proporções de nitrato e amônio (b). Letras iguais, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Aos 40 dias após as plantas terem sido transplantadas, os coeficientes de variação para os resultados da RMF apresentaram-se elevados para as combinações de doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio e por esta razão os resultados são apresentados em termos de valores médios seguidos pelo erro padrão da média.

Tabela 8– Razão de massa foliar (RMF) aos 40 dias após o transplântio do capim-xaraés em função das combinações de doses de nitrogênio com as proporções de nitrato e amônio

Proporções NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	RMF (g g <sup>-1</sup> ) (40 dias)
100/0	3	0,70 ± 0,005
	15	0,65 ± 0,015
	27	0,63 ± 0,005
85/15	3	0,70 ± 0,005
	15	0,68 ± 0,011
	27	0,69 ± 0,015
30/70	3	0,69 ± 0,009
	15	0,69 ± 0,003
	27	0,67 ± 0,004

Médias seguidas do erro padrão da média

Verificou-se maior RMF para as plantas de capim-xaraés na proporção nitrato/amônio de 100/0 combinada com a dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> do que nas outras doses estudadas, o que se explica pela baixa produção de massa seca total produzida pelas plantas quando cultivadas sob fornecimento insuficiente de nitrogênio (Tabela 3). Para as outras doses e proporções nitrato/amônio os erros padrões da média se sobrepuseram, impedindo conclusões sobre as respostas das plantas quanto a RMF.

Santos Junior et al. (2005) e Pereira et al. (2012) encontraram para o capim-tanzânia e para o capim-tifton-85, respectivamente, aumento linear da RMF com as doses de nitrogênio,

divergindo dos resultados do presente experimento. Contudo, Santos Junior, Monteiro e Lavres Junior (2004) observaram que não houve diferença nos valores de RMF quando o nitrogênio foi fornecido de 2 a 21 mmol L<sup>-1</sup> para o capim-marandu com 42 dias, mas constataram decréscimo da RMF com o fornecimento de nitrogênio para dose mais elevada, enquanto Pereira et al. (2011) verificaram decréscimo linear na RMF com o aumento do fornecimento de nitrogênio para o capim-coastcross-1.

Os menores valores encontrados para RMF do capim-xaraés aos 40 dias após o transplântio em relação aos 20 dias após o transplântio indicam que o maior crescimento das plantas resulta em maior exportação de fotoassimilados (BENINCASA, 2003). Isto foi comprovado em outros estudos envolvendo a dinâmica do nitrogênio nos atributos de crescimento de gramíneas forrageiras (OLIVEIRA et al., 2000; SANTOS JUNIOR; MONTEIRO; LAVRES JUNIOR, 2004; PEREIRA et al., 2011).

Aos 10 dias de rebrotação da gramínea, a RMF foi significativamente maior quando o nitrogênio foi fornecido como nitrato e amônio na proporção 30/70 do que em 85/15 (Figura 10). Essa diferença foi de aproximadamente 12%.

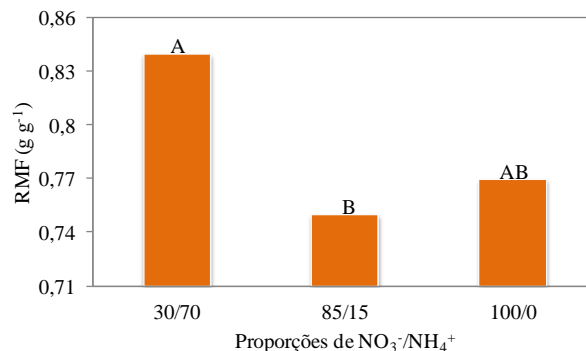


Figura 10 – Razão de massa foliar (RMF) aos 10 dias de rebrotação do capim-xaraés, em função das proporções de nitrato e amônio. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

### 4.3 Alocação de biomassa

As contribuições dos componentes lâminas foliares, colmos+bainhas e raízes na produção total de massa seca das plantas foram avaliadas aos 20 e 40 dias após o transplântio e aos 10 e 30 dias de rebrotação. Aos 20 dias após o transplântio não foram observadas alterações significativas na contribuição de lâminas foliares e raízes para o total de produção de massa seca das plantas em relação às doses de nitrogênio, mas somente mediante a aplicação das proporções de nitrato e amônio (Figura 11) e, para colmos+bainhas, verificou-se significância de doses de nitrogênio e proporções de nitrato/amônio isoladamente (Figuras 11 e 12).

A mais alta dose de nitrogênio ( $27 \text{ mmol L}^{-1}$ ), bem como a proporção de nitrato/amônio de 30/70, elevaram a contribuição de colmos+bainhas na formação da massa seca da parte aérea 20 dias após o transplântio das plantas (Figuras 11 e 12). Nessa idade de crescimento confirmou-se a baixa produção de massa seca de raízes em relação ao total produzido pelas plantas com o fornecimento da mais baixa porcentagem de nitrato no meio de cultivo (Figura 1), conforme relatado para várias espécies vegetais (SANTOS, 2003; CRUZ; PELACANI; ARAÚJO, 2006). Lewis, Leidi e Lips (1989) atribuíram que isso é consequência da utilização dos esqueletos carbônicos para assimilação do íon em detrimento à utilização para crescimento do órgão vegetal.

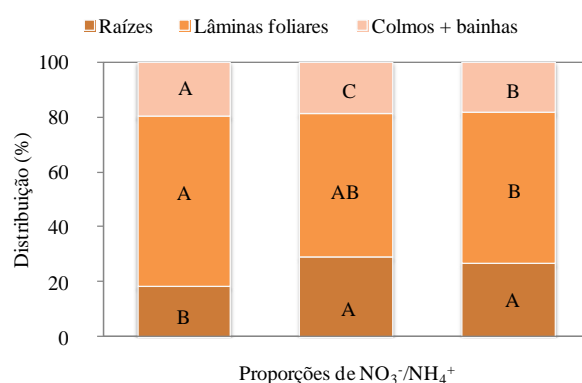


Figura 11 – Distribuição de massa seca nas partes do capim-xaraés aos 20 dias após o transplântio, em função das proporções de nitrato e amônio. Letras iguais, dentro de cada proporção, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

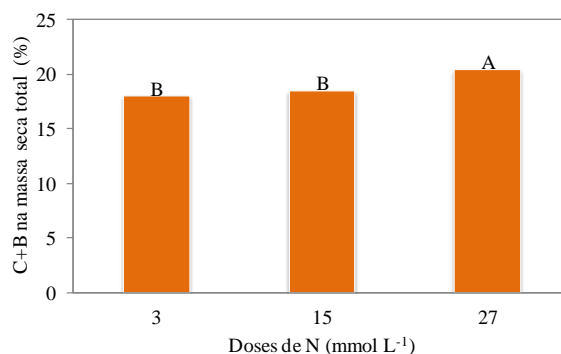


Figura 12 – Contribuição de colmos+bainhas (C+B) na produção de massa seca de capim-xaraés aos 20 dias após o transplântio, em função das doses de nitrogênio. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Akmal, Schellberg e Khattak (2010) afirmaram que o aumento do suprimento de nitrogênio para as plantas resulta em diminuição na relação raízes/parte aérea de capins, o que ocorre devido à alocação preferencial da biomassa para o desenvolvimento de perfilhos e expansão de folhas.

A interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio foi significativa para a distribuição de massa seca na parte aérea das plantas de capim-xaraés aos 40 dias após o transplântio (Figura 13). Verificou-se incremento da contribuição de colmos+bainhas com as doses de nitrogênio dentro de cada proporção, exceto na proporção nitrato/amônio 100/0. Contrário ao resultado apresentado aos 20 dias após o transplântio, não foi encontrada elevada contribuição de colmos+bainhas nas proporções que desfavoreceram o nitrato na solução nutritiva, mas o maior porcentual de colmos+bainhas ( 37,25%) ocorreu na dose de nitrogênio de 27 mmol L<sup>-1</sup> fornecido exclusivamente como nitrato.

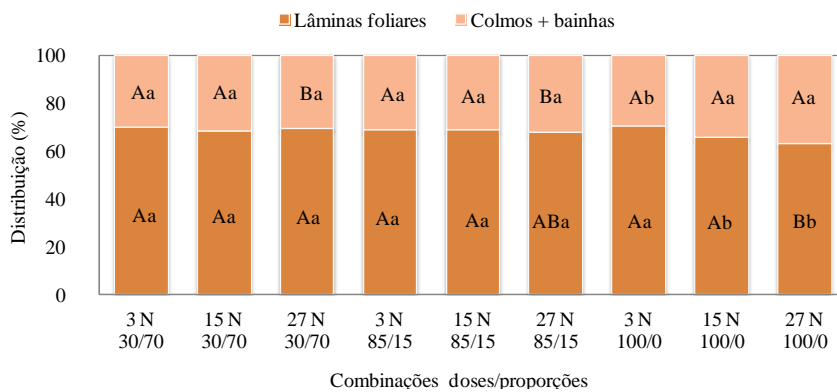


Figura 13 – Distribuição de massa seca nas plantas de capim-xaraés aos 40 dias após o transplântio em função das combinações de doses de nitrogênio e proporções de nitrato/amônio. Letras maiúsculas comparam médias dentro de doses e minúsculas dentro de proporções de nitrato/amônio. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Para as plantas de capim colhidas aos 10 dias de rebrotação a interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio foi significativa para a contribuição de colmos+bainhas na parte aérea e apenas para as proporções de nitrato e amônio nas raízes.

No capim-xaraés, aos 10 dias de rebrotação, tal como observado para os 40 dias após o transplântio, a maior contribuição de colmos+bainhas na produção de massa seca ocorreu com o fornecimento de nitrogênio na dose de 27 mmol L<sup>-1</sup> e suprido 100% como nitrato (Figura 14). A menor contribuição média de colmos+bainhas na massa seca total ocorreu na proporção de nitrato e amônio de 30/70 e, nessa proporção, o percentual de colmos+bainhas decresceu com as doses de nitrogênio. Por sua vez, na proporção de nitrato/amônio 100/0, o percentual de colmos+bainhas foi menor no baixo fornecimento de nitrogênio (Figura 14).

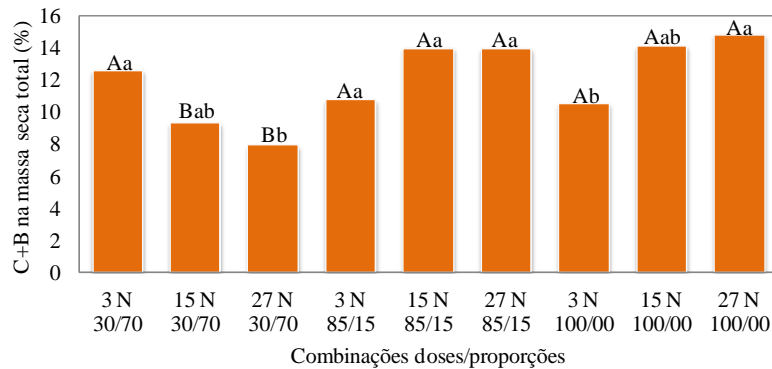


Figura 14 - Contribuição de colmos + bainha na massa seca total do capim-xaraés aos 10 dias de rebrotação em função das doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio. Letras maiúsculas comparam médias dentro de doses e minúsculas dentro de proporções. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Em relação às raízes, aos 10 dias de rebrotação observou-se que a proporção de nitrato/amônio 30/70 contribuiu mais fortemente para a alocação de massa seca para as raízes do que na proporção 100/0 (Figura 15).

Após a desfolhação do capim, uma série de respostas fisiológicas e morfológicas ocorrem, tais como mobilização de reservas orgânicas (sobretudo compostos nitrogenados) acumuladas nas raízes e na base dos colmos, fotossíntese compensatória nas folhas mais velhas, realocação de assimilados para as folhas em crescimento, produção de hormônios que controlam o desenvolvimento meristemático e redução no crescimento de raízes (SCHNYDER; VISSER, 1999). No presente estudo, a menor contribuição das raízes na massa seca total nas proporção de nitrato/amônio 100/0 do que 30/70 pode indicar que houve maior translocação de carboidratos das raízes para a parte aérea, aumentando a taxa de crescimento da cultura na rebrotação (Figura 4 e Tabela 4).

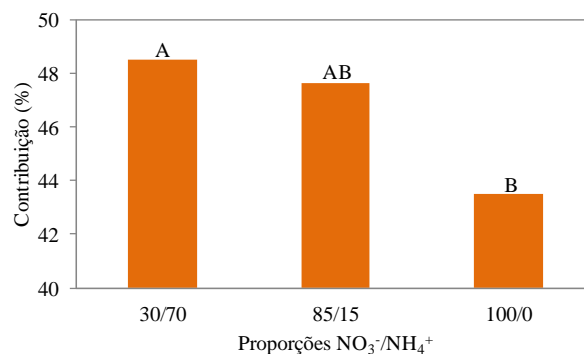


Figura 15 – Contribuição de raízes na massa seca total do capim-xaraés aos 10 dias de rebrotação em função das proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

A maior contribuição das raízes na formação da massa seca total de plantas foi relatada para azevém perene (CAO et al., 2011), arroz (HOLZSCHUH et al., 2011), *Glyceria*

*maxima* e *Phragmites australis* (MUNZAROVA et al., 2006) quando ocorreu maior fornecimento de nitrato na solução nutritiva. Cabe destacar que em nenhuma dessas situações foi avaliado o sistema radicular dessas gramíneas imediatamente após a desfolhação.

#### 4.4 Morfogênese e estrutura das plantas

##### 4.4.1 Relação lâmina foliar/colmo+bainha

No presente experimento observou-se efeito significativo das doses de nitrogênio e das proporções de nitrato/amônio isoladamente na relação lâmina foliar/colmo+bainha do capim-xaraés aos 20 e 40 dias após o transplântio e aos 10 dias de rebrotação. Não foram encontradas alterações significativas nesse parâmetro aos 30 dias de rebrotação desse capim mediante as combinações de doses de nitrogênio e proporções de nitrato/amônio estudadas.

Aos 20 dias após o transplântio, observou-se maior relação lâmina foliar/colmo+bainha nas doses de nitrogênio de 3 e 15 mmol L<sup>-1</sup> (que não diferiram entre si) do que em 27 mmol L<sup>-1</sup>. Entretanto, aos 40 dias após o transplântio as doses que apresentaram menor relação lâmina foliar/colmo+bainha foram 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> (Figura 16).

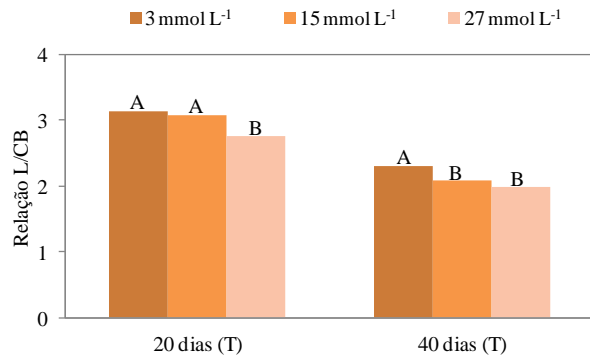


Figura 16 – Relação lâmina foliar/colmo+bainha (L/CB) 20 e 40 dias após o transplântio (T) do capim-xaraés aos, em função das doses de nitrogênio. Letras iguais, dentro do mesmo número de dias, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Quanto às proporções, verificou-se que o fornecimento de nitrogênio 70% na forma de amônio e 30% na forma de nitrato proporcionou, aos 20 dias após o transplântio, maior relação lâminas foliares/colmos+bainhas em comparação à proporção 85/15. Contudo, aos 40 dias após o transplântio, a proporção nitrato/amônio apresentou-se superior apenas à 100/0 e aos 10 dias de rebrotação não foram constatadas diferenças na relação entre as proporções nitrato/amônio 85/15 e 100/0, que mostraram-se inferiores à 30/70 (Figura 17).



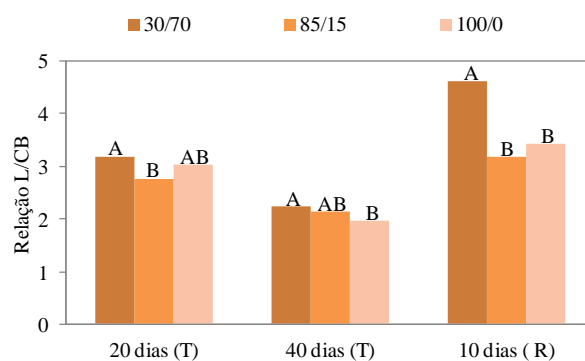


Figura 17 – Relação lâmina foliar/colmo+bainha (L/CB) no capim-xaraés aos 20 e 40 dias após o transplântio (T) e aos 10 dias de rebrotação (R), em função das proporções de nitrato e amônio. Letras iguais, dentro de um mesmo número de dias, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Vários autores relataram que a produção de massa seca dos colmos de gramíneas forrageiras responde positivamente à adubação nitrogenada (COLOZZA et al., 2000; SANTOS; THORNTON; CORSI, 2002; MARTUSCELLO et al., 2005; BATISTA; MONTEIRO, 2006; MARTUSCELLO et al., 2009), o que justifica as menores relações lâminas foliares/colmos+bainhas obtidas nas doses mais elevadas de nitrogênio encontradas neste estudo. De acordo com Rodrigues et al. (2008), os efeitos negativos na relação lâminas foliares/colmos+bainhas pelo aumento no fornecimento de nitrogênio são compensados total ou parcialmente pelo aumento na produção de biomassa do capim.

Para o efeito das formas de nitrogênio na relação lâminas foliares/colmos+bainhas, não foram localizados estudos realizados com gramíneas forrageiras, mas sim com outras espécies de gramíneas. Neste sentido, Barber, Pierzynski e Vanderlip (1994), investigando as respostas fisiológicas de milho à nutrição nítrica, amoniacal ou conjunta, mostraram que mais produção de massa seca foi alocada para o colmo do que para as folhas, quando ocorreu o suprimento de nitrogênio na relação de nitrato/amônio de 8/1. Poletto (2008), estudando os efeitos da assimilação dos íons nitrato e amônio no desenvolvimento e crescimento de arroz e cevada, encontrou maior número de colmos produtivos com o incremento de nitrato na solução nutritiva, corroborando os resultados deste estudo em que a relação lâmina foliar/colmos+bainhas foi inferior quando ocorreu fornecimento de nitrogênio unicamente na forma de nitrato.

## 4.4.2 Alterações nas folhas

### 4.4.2.1 Número de folhas vivas

O número de folhas vivas, tanto aos 40 dias após o transplantio quanto aos 30 dias de rebrotação, teve significativa a interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio no meio de cultivo do capim-xaraés.

No crescimento inicial, a proporção nitrato/amônio de 30/70 apresentou-se prejudicial à manutenção de folhas em qualquer dose de nitrogênio, e isto deve-se tanto à redução no aparecimento foliar quanto à senescência precoce induzida pela toxidez do amônio (Tabela 9). Nas proporções nitrato/amônio de 85/15 observou-se incremento no número de folhas vivas com as doses de nitrogênio e na proporção 100/0 não foram verificadas diferenças no número total de folhas por vaso entre as doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>. Na rebrotação do capim-xaraés verificou-se que o número de folhas vivas não se alterou em relação às proporções de nitrato/amônio 85/15 e 100/0 dentro de uma mesma dose de nitrogênio, exceto na dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> e, dentro das proporções nitrato/amônio 85/15 e 100/0 não foram constatadas alterações significativas no número de folhas vivas das plantas cultivadas sob fornecimento intermediário e alto de nitrogênio (Tabela 9).

Tabela 9– Número de folhas vivas aos 40 dias após o transplantio e aos 30 dias de rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
-----40 dias após o transplantio-----			
3	26,3 Ba	44,3 Ac	44,0 Ab
15	34,0 Ca	86,8 Ab	72,8 Ba
27	33,5 Ca	106,3Aa	82,8 Ba
C.V. = 7,72%			
-----30 dias após o transplantio-----			
3	13,0 Aa	32,5 Ab	33,0 Ab
15	19,3 Ba	79,3 Aa	70,2 Aab
27	28,3 Ba	106,4 Aa	80,9 Aa
C.V. = 35,01%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Santos (2003) verificou que as plantas de capim-marandu cultivadas nas proporções de nitrato/amônio de 85/15, 70/30 e 55/45 no primeiro e de 70/30 e 55/45 no segundo período de crescimento apresentaram maior número de folhas por vaso do que em outras proporções estudadas.

Os resultados de maior número de folhas vivas em altas doses de nitrogênio, excluindo-se a combinação com excesso de amônio (30/70), está em concordância com vários estudos em gramíneas forrageiras, onde as plantas adequadamente nutridas com nitrogênio atingem o máximo número de folhas vivas por perfilho mais precocemente em relação às que apresentaram deficiência desse nutriente (ALEXANDRINO, 2000; MARTUSCELLO et al., 2005; SILVA, 2006; CABRAL et al., 2012).

O número de folhas vivas que as gramíneas apresentam por perfilho é relativamente constante à medida em que o aparecimento de nova folha coincide com a morte de outra mais velha (HODGSON, 1990). Nesse sentido, notou-se tanto para o crescimento inicial quanto para a rebrotação que nas condições de baixo suprimento de nitrogênio e alto fornecimento de amônio, o capim foi incapaz de emitir novas folhas. Isto pode ser justificado pela atuação do cátion amônio no desacoplamento do transporte de elétrons da fotossíntese e da respiração, dissipando o potencial eletroquímico das membranas e impedindo a produção de ATP, necessária para as principais funções das plantas, e pela deficiência de nitrogênio, que reduz a fotossíntese e impede a assimilação de carbono (TAIZ; ZEIGER, 2009).

#### **4.4.2.2 Taxa de aparecimento de folhas (TAF) e filocrono**

A TAF foi significativamente influenciada pelas doses de nitrogênio no crescimento inicial, até 40 dias após o transplante, e na rebrotação, até 30 dias de rebrotação, apenas pelas proporções de nitrato e amônio. No crescimento inicial, a TAF apresentou-se estatisticamente igual nas doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>, que apresentaram maiores TAF em relação à dose de 3 mmol L<sup>-1</sup> (Figura 18a). Na rebrotação, verificou-se que as plantas apresentaram a mesma resposta de surgimento das folhas que no crescimento inicial, sendo que na dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> o surgimento de folhas por perfilho por dia foi cerca de 35% inferior ao observado nas outras doses de nitrogênio (Figura 18b).

Martuscello et al. (2005) encontraram aumento linear na taxa de aparecimento de folhas do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio, sendo o valor da TAF 26% maior nas plantas adubadas com nitrogênio de 120 mg dm<sup>-3</sup> do que apresentado pelas plantas na ausência de adubação nitrogenada. Esse resultado é comparável aos obtidos no presente estudo. Cabral et al. (2012) também encontraram resposta positiva às adubações nitrogenadas no aparecimento de folhas no capim-xaraés.

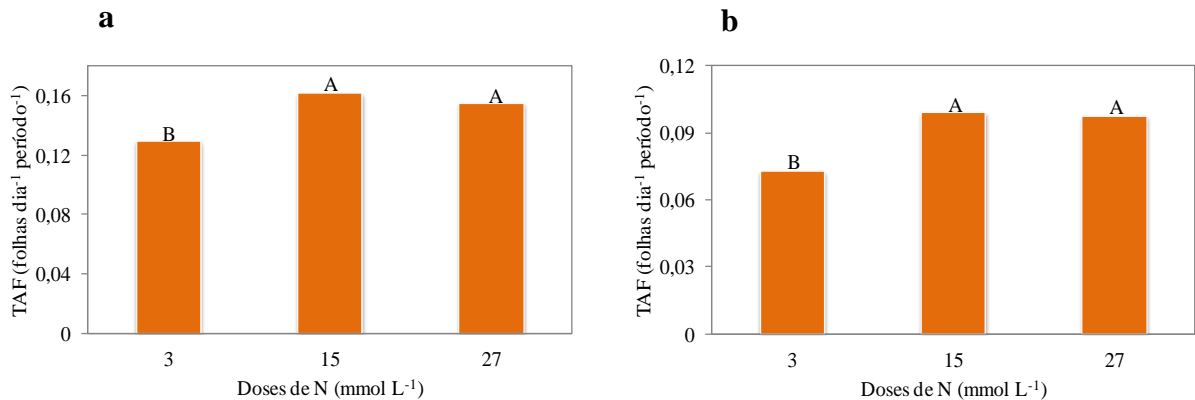


Figura 18 – Taxa de aparecimento de folhas no capim-xaraés no crescimento inicial (a) e na rebrotação (b), em função das doses de nitrogênio. Letras iguais não diferem entre si, em cada caso, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Nabinger (1996) relatou que o nitrogênio influencia a TAF em plantas forrageiras por interferir na ativação dos tecidos meristemáticos. Assim, diante de déficit nutricional, ocorre aumento no número de gemas dormentes e em suprimento adequado do nutriente há o estímulo à formação de gemas vegetativas.

Mais baixas TAF na rebrotação quando comparadas com o crescimento inicial foram relatadas por Duru e Ducrocq (2000) para *Dactylis glomerata* em resposta à aplicação de nitrogênio. Esses autores afirmaram que, no decorrer do desenvolvimento do perfilho, a TAF diminuiu, enquanto a duração do crescimento da lâmina foliar e o tamanho da lâmina foliar aumentaram, e essas mudanças ocorreram concomitantemente ao aumento no tamanho da bainha foliar.

Na rebrotação, a mais alta TAF por perfilho foi verificada nas plantas cultivadas em solução nutritiva contendo a proporção nitrato/amônio de 30/70, não ocorrendo diferença significativa entre as proporções de 85/15 e 100/0 (Figura 19).

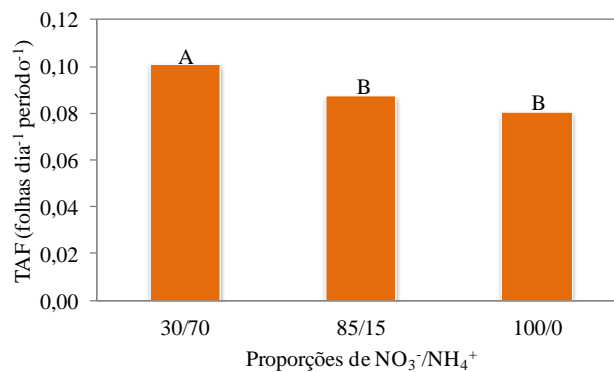


Figura 19 – Taxa de aparecimento de folhas (TAF) aos 30 dias de rebrotação do capim-xaraés, em função das proporções de nitrato e amônio. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Corsi et al. (1994) estabeleceram que a TAF atribuída à *Brachiaria brizantha* cv. Marandu varia entre 0,15 e 0,19 folhas dia<sup>-1</sup> e considerando se tratar da mesma espécie que o cultivar Xaraés, pode-se afirmar que os valores encontrados nesse estudo para o crescimento inicial estão adequados, porém na rebrotação todas as proporções de nitrato e amônio e doses de nitrogênio resultaram em valores de TAF abaixo dos esperados.

O filocrono apresentou o mesmo padrão de resposta que a TAF às variáveis testadas, em ambos os períodos de crescimento analisados, como poderia ser previsto. No crescimento inicial o nitrogênio exerceu papel de grande importância no desenvolvimento de plantas de capim-xaraés, pois reduziu o tempo para o aparecimento de duas folhas consecutivas. O maior filocrono foi obtido na dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> e não ocorreu diferença significativa entre as doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> (Figura 20). Lavres Junior et al. (2004) não encontraram diferença no valor médio de filocrono no crescimento inicial do capim-aruana nas doses de nitrogênio entre 8 e 33 mmol L<sup>-1</sup>, mas apenas constataram maior filocrono nas plantas cultivadas com nitrogênio de 1 mmol L<sup>-1</sup>, ou seja, em menor disponibilidade de nitrogênio no substrato, em concordância com o verificado no presente estudo.

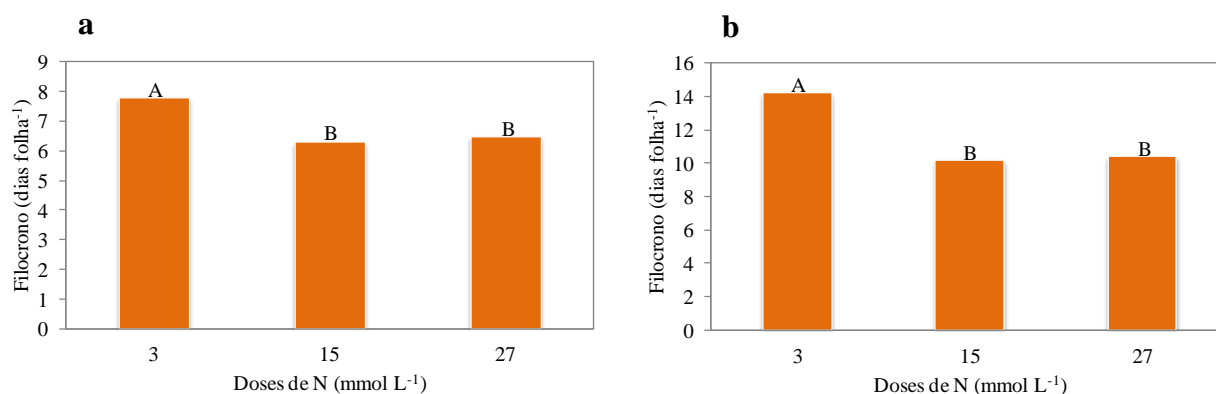


Figura 20 – Filocrono no crescimento inicial (a) e na rebrotação (b) do capim-xaraés, em função das doses de nitrogênio. Letras iguais não diferem entre si, em cada caso, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Como resposta às doses de nitrogênio, foram encontradas as menores taxas TAF (Figura 19) de folhas e maiores filocronos (Figura 20) na rebrotação em relação ao crescimento inicial. Skinner e Nelson (1994) assumiram que isto deve ocorrer pelo aumento no tempo necessário para a folha percorrer a distância entre o meristema apical e a extremidade do pseudocolmo formado pelas bainhas das folhas mais velhas. Gomide e Gomide (2000), avaliando quatro cultivares de *Panicum maximum* no estabelecimento e na rebrotação e Oliveira et al. (2000), estudando a morfogênese de capim-tifton-85, constataram menor TAF e, por consequência maior filocrono, durante a rebrotação das gramíneas forrageiras.

No crescimento inicial do capim-xaraés, o valor médio de filocrono na dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> foi 7,78 e na rebrotação foi de 14,23 dias folha<sup>-1</sup>, enquanto nas doses de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> o filocrono médio foi de 6,39 e 10,32 dias folha<sup>-1</sup> para o crescimento inicial e rebrotação, respectivamente. Para o capim-mombaça cultivado em Latossolo Amarelo, Garcez Neto et al. (2002) encontraram valores de filocrono de 16 a 8 dias folha<sup>-1</sup> em razão do incremento nas doses de nitrogênio e esses valores são próximos aos encontrados nesse estudo. Martuscello et al. (2005) mostraram que o capim-xaraés apresentou filocrono de 11,45 e 8,81 dia folha<sup>-1</sup> para as plantas cultivadas sem adubação e com nitrogênio de 120 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente.

As proporções de nitrato/amônio resultaram em alterações no filocrono e o fornecimento da proporção 30/70 proporcionou redução de dois dias no filocrono do capim-xaraés, quando comparado com as outras proporções de nitrato/amônio (Figura 21). A redução no intervalo de surgimento de duas folhas consecutivas na proporção de nitrato/amônio 30/70 deve-se ao reduzido tamanho da lâmina foliar observada nas plantas crescidas nessas condições.

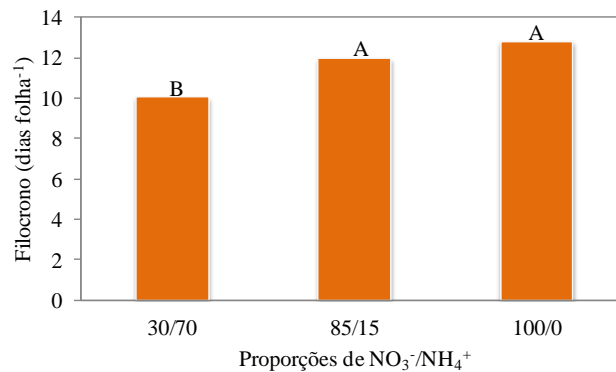


Figura 21 - Filocrono do capim-xaraés na rebrotação, em função das doses de nitrogênio. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

#### 4.4.2.3 Comprimento final da lâmina foliar

Para o comprimento final da lâmina foliar foi significativa a interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva aos 40 dias após o transplante e aos 30 dias de rebrotação do capim-xaraés.

Aos 40 dias após o transplante, as plantas de capim-xaraés não apresentaram diferenças no comprimento final da lâmina foliar com o aumento das doses de nitrogênio nas proporções de nitrato/amônio de 30/70 e 100/0, mas somente na proporção de 85/15, onde o comprimento final da lâmina foliar foi menor na dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> em relação

às doses de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>, que foram estatisticamente iguais (Tabela 10). Na condição de baixo fornecimento de nitrogênio, o comprimento final da lâmina foliar do capim não diferiu entre as proporções de nitrato/amônio, enquanto na mais alta dose do nutriente fornecida verificou-se o maior comprimento na proporção de 85/15, sendo que as outras proporções resultaram no mesmo comprimento da lâmina foliar.

Tabela 10– Comprimento final da lâmina foliar aos 40 dias após o transplantio e aos 30 dias de rebrotaçãodo capim-xaraés, em função das doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
-----cm-----			
-----40 dias após o transplantio-----			
3	27,43 Aa	30,75 Ab	31,93 Aa
15	28,92 Ba	42,59 Aa	38,30 Aa
27	34,30 Ba	43,11 Aa	32,35 Ba
C.V. = 9,33%			
-----30 dias de rebrotaçãõ-----			
3	23,96 Aa	23,67 Ab	23,75 Ab
15	29,79 Ba	32,34 Ba	38,20 Aa
27	24,03 Ba	35,06 Aa	35,47 Aa
C.V. = 7,88%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Aos 30 dias de rebrotaçãõ não foram encontradas diferenças no comprimento final da lâmina foliar das plantas cultivadas na dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> e também na proporção de nitrato/amônio 30/70. Nas demais proporções de nitrato/amônio foram observados maiores comprimentos da lâmina foliar nas doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> (que não diferiram entre si) em relação à dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup>. O maior valor absoluto no comprimento de lâmina foliar observado com a utilização de N-nítrico na dose de nitrogênio de 15 mmol L<sup>-1</sup> na rebrotaçãõ em comparação ao crescimento inicial pode indicar que o capim-xaraés apresenta exigência diferenciada quanto às formas de nitrogênio no estabelecimento e na rebrotaçãõ (Tabela 10).

Garcez Neto et al. (2002) obtiveram valores de 43,7; 48,9; 49,3 e 50 cm para o comprimento final de folhas de capim-mombaça diante da não aplicação de nitrogênio e das doses de 50; 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Martuscello et al. (2005) relataram comprimento foliar do capim-xaraés variando de 33,82 a 47,80 cm com o nitrogênio entre a não aplicação e 120 mg dm<sup>-3</sup>. Os valores reportados são próximos aos encontrados no

presente estudo com o capim-xaraés quando o fornecimento de nitrogênio e as proporções nitrato/amônio foram adequadas.

#### 4.4.3 Alterações nos perfilhos

Para o perfilhamento das plantas de capim-xaraés foi significativa a interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato/amônio na solução nutritiva tanto no crescimento inicial, aos 40 dias após o transplantio, quanto aos 30 dias de rebrotação.

Aos 40 dias após o transplantio, verificou-se que as plantas do capim cultivadas na proporção nitrato/amônio de 30/70 apresentaram menor perfilhamento do que nas outras proporções estudadas (85/15 e 100/0) mesmo quando o fornecimento de nitrogênio foi adequado. Também, as mais altas doses de nitrogênio resultaram em maior número de perfilhos (especialmente na combinação 27 mmol L<sup>-1</sup> com 85/15) do que a baixa dose sem predominância de amônio. Isto indica que altas concentrações de amônio são mais prejudiciais ao desenvolvimento de perfilhos do que o fornecimento de baixa dose de nitrogênio.

A resposta das plantas em perfilhamento, com relação ao fornecimento de doses de nitrogênio, foi similar em ambos os crescimentos, o que mais uma vez confirma que o nitrogênio possui influência positiva na população de perfilhos, os quais são extremamente importantes para a manutenção e sustentabilidade de pastagens. No que diz respeito às proporções de nitrato/amônio, na rebrotação ocorreu emissão de maior número de perfilhos na proporção de nitrato/amônio 85/15, especialmente quando se compararam as doses de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> (Tabela 11).

Em ambos os períodos de crescimento foi verificado menor número de perfilhos em baixa dose de nitrogênio e na presença de elevada disponibilidade de amônio. Poletto (2008) reportou, para arroz e cevada, que em baixo fornecimento de nitrogênio (1 mmol L<sup>-1</sup>), as formas de nitrogênio não interferiram no número de perfilhos, o fornecimento exclusivo de amônio dificultou o surgimento de perfilhos mesmo nas doses mais altas de nitrogênio e o aumento na concentração de nitrogênio suprido em proporções conjuntas de nitrato e amônio resultou em maior número de perfilhos por planta. Também Klepper, Rickman e Peterson (1982) e Masle (1985) descreveram alterações no perfilhamento, com omissão, atraso no desenvolvimento e mesmo interrupção do perfilhamento ocorrendo em condições nutricionais desfavoráveis, especialmente as relacionadas ao fornecimento de nitrogênio.



Tabela 11– Número de perfilhos/vaso aos 40 dias após o transplântio e aos 30 dias de rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amnionna solução nutritiva

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
-----40 dias após o transplântio-----			
3	13,0 Ba	17,5 Ac	17,8 Ab
15	13,8 Ca	28,5 Ab	24,0 Ba
27	14,5 Ca	34,3 Aa	24,8 Ba
C.V. = 7,33%			
-----30 dias de rebrotação-----			
3	12,3Bb	24,0 Ab	25,0Ab
15	17,5 Cb	50,3 Aa	41,5 Ba
27	22,8 Ca	57,0 Aa	48,5 Ba
C.V. = 9,98%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

No presente estudo, a alta demanda do capim-xaraés por nitrogênio pode ter ocorrido pelo fato de o experimento ter sido conduzido em condições que proporcionaram adequado crescimento das plantas. Também, em estudos com capim-marandu, Megda e Monteiro (2010) encontraram maior número total de perfilhos nas doses de nitrogênio de 29,69 e 28,98 mmol L<sup>-1</sup> na primeira e segunda colheitas, respectivamente, enquanto Garcez (2009) relatou máximo perfilhamento nas doses de nitrogênio de 23,98 para a primeira colheita e 25,45 mmol L<sup>-1</sup> para a segunda.

Santos (2003) encontrou que o número de perfilhos do capim-aruana, no crescimento inicial não diferiu nas proporções de nitrato/amônio de 100/0 até 40/60, mas foi inferior nas proporções com fornecimento de nitrato menor do que 40%, e no segundo corte a proporção 55/45 mostrou-se a mais benéfica para o surgimento e manutenção de perfilhos vivos. O mesmo autor relatou que no primeiro e segundo crescimentos do capim-marandu, maior número de perfilhos foi alcançado nas proporções nitrato/amônio de 85/15 a 40/60 do que nas demais proporções estudadas.

Os resultados apresentados para as taxas de crescimento (Figura 4 e Tabelas 4 e 5), de assimilação líquida (Figura 5 e Tabela 6), produção de massa seca (Figura 3 e Tabela 2) e área foliar (Tabela 3) mostram claramente que a adição de nitrato alivia o efeito tóxico do amônio. Várias hipóteses fisiológicas tem sido elaboradas para explicar como isto ocorre, mas a principal delas é a que aponta para o envolvimento do nitrato na sinalização de outros processos celulares. Hachiya et al. (2012) formularam como hipóteses que a toxidez de amônio pode ser amenizada com o nitrato porque a redução desse ânion consome equivalentes redutores citosólicos que mantm a homeostase redox, evitando a produção de espécies

reativas de oxigênio, ou por intermediário da sinalização de nitrato/citocinina, embora esses mecanismos ainda não estejam bem elucidados.

## 4.5 Aspectos nutricionais

### 4.5.1 Concentração de nitrogênio total na parte aérea das plantas

Na análise dos resultados da concentração de nitrogênio total na parte aérea do capim-xaraés não foi detectada significância para a interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio em qualquer idade de crescimento avaliada. Aos 40 dias após o transplantio e aos 10 e 30 dias de rebrotação foram constatados efeitos significativos de doses de nitrogênio e proporções de nitrato/amônio separadamente e aos 20 dias após o transplantio constatou-se apenas a influência significativa das doses de nitrogênio na concentração total do nutriente na parte aérea do capim.

Aos 20 dias após o transplantio foi observada diferença na concentração de nitrogênio total na parte aérea do capim-xaraés entre a dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> e as doses de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>, sendo que estas não diferiram entre si (Figura 22a). Com o avanço da idade das plantas de capim-xaraés, aos 40 dias após a rebrotação verificou-se que a concentração de nitrogênio total na parte aérea das plantas aumentou com o incremento das doses de nitrogênio, atingindo maior valor na dose de nitrogênio de 27 mmol L<sup>-1</sup>, a qual foi seguida pela dose de 15 mmol L<sup>-1</sup> e finalmente pela dose de 3 mmol L<sup>-1</sup> (Figura 22a). Durante a rebrotação, tanto aos 10 quanto aos 30 dias, constatou-se que as doses de nitrogênio diferiram entre si em termos da concentração de nitrogênio na parte aérea do capim-xaraés, sendo a concentração desse nutriente aumentada com a elevação da dose de nitrogênio (Figura 22b).

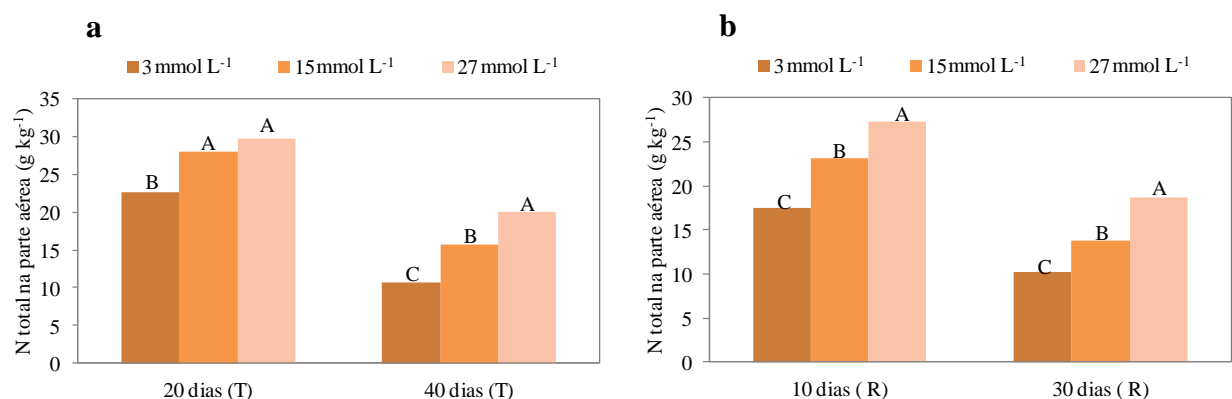


Figura 22 - Concentração de nitrogênio total (N) na parte aérea do capim-xaraés aos 20 e 40 dias após o transplantio (a) e aos 10 e 30 dias de rebrotação (b) em função das doses de nitrogênio. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

A influência do suprimento de nitrogênio na concentração de nitrogênio total em tecidos vegetais é bem documentada na literatura (COSTA et al., 2008; GARCEZ, 2009; MEGDA, 2009). Quando é proporcionada a elevação no fornecimento de nitrogênio para as plantas, a concentração de nitrogênio é aumentada mesmo ultrapassando a dose que resulta na máxima produção de massa seca (WHITEHEAD, 2000).

Manarin e Monteiro (2002) e Santos et al. (2005), em experimentos com *Panicum*, observaram aumento linear na concentração de nitrogênio nas partes dos capins com o incremento no suprimento das doses de nitrogênio. Para o capim-xaraés, Costa et al. (2008) verificaram que a concentração de nitrogênio foi incrementada com a adubação nitrogenada, tendo atingido a máxima concentração de nitrogênio de  $21,6 \text{ g kg}^{-1}$ , valor próximo ao obtido no presente estudo.

Em cada um dos crescimentos (inicial e rebrotação) verificou-se menor concentração de nitrogênio na parte aérea do capim-xaraés à medida que as plantas avançaram no período de crescimento, o que Whitehead (2000) atribuiu ser comum nos capins devido ao aumento relativo da parede celular e decréscimo do citoplasma, que ocorrem com o envelhecimento das plantas, e à maior produção de massa seca, responsável pelo efeito de diluição dos nutrientes.

A resposta das plantas às proporções de nitrato e amônio indicou que, aos 40 dias após o transplântio e aos 10 e 30 dias de rebrotação, as maiores concentrações de nitrogênio total na parte aérea do capim ocorreram na proporção nitrato/amônio de 30/70. Aos 40 dias após o transplântio foi verificada a menor concentração de nitrogênio mediante a utilização da proporção nitrato/amônio de 85/15. Nos demais períodos de crescimento não foram observadas diferenças na concentração desse nutriente quando comparadas a proporção de nitrato/amônio 85/15 com a de 100/0 (Figura 23).

Aos 40 dias após o transplântio, a concentração de nitrogênio encontrada na proporção de nitrato/amônio 30/70 foi de  $18,88 \text{ g kg}^{-1}$ , valor 53% maior que a concentração de nitrogênio total na parte aérea das plantas cultivadas na proporção 85/15. Aos 10 e 30 dias de rebrotação a concentração aumentou de  $19,93$  e  $9,34 \text{ g kg}^{-1}$  na proporção nitrato/amônio de 85/15 para  $27,52$  e  $22,87 \text{ g kg}^{-1}$  na proporção 30/70, resultando em incrementos de 0,38 e 1,45 vezes, respectivamente.

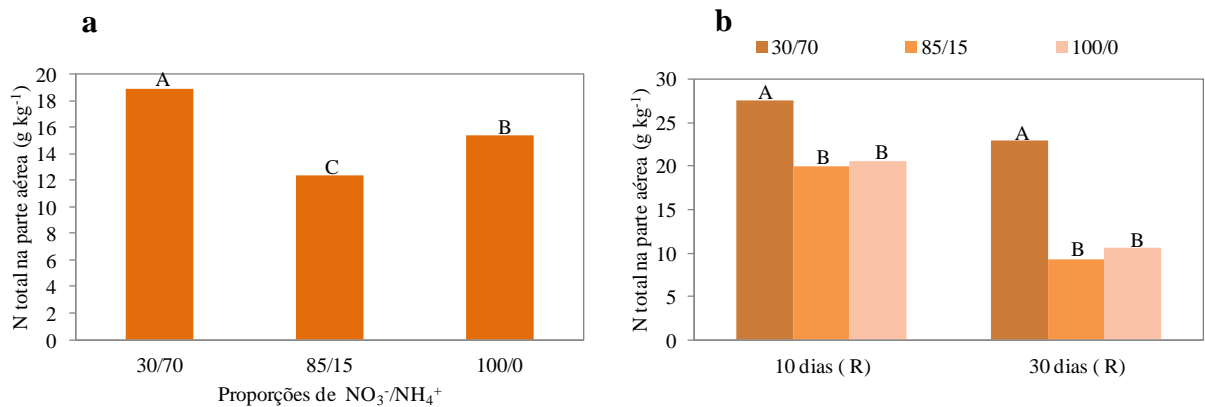


Figura 23 - Concentração de nitrogênio total na parte aérea do capim-xaraés aos 40 dias após o transplântio (a) e aos 10 e 30 dias de rebrotação (R) (b) em função das proporções de nitrato e amônio. Letras iguais não diferem entre si, dentro do mesmo período de crescimento, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

As plantas superiores requerem menos energia no processo de absorção e assimilação de amônio do que no caso do nitrato. Assim, proporções de nitrato/amônio que favorecem maior participação desse cátion no meio de cultivo tendem a facilitar a absorção de nitrogênio por unidade de biomassa e conseqüentemente a aumentar a concentração do nutriente nos tecidos vegetais, paralelamente à constatação de menor crescimento das plantas, o que justifica a elevação verificada nessa concentração. Em concordância com os resultados do presente estudo, Ali et al. (2001) observaram que plantas de cevada cultivadas exclusivamente com nitrogênio amoniacal apresentaram maior concentração de nitrogênio na parte aérea. Cao et al. (2011), avaliando o crescimento de plantas de azevém perene nas proporções de nitrato/amônio 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100, verificaram que a concentração de nitrogênio na parte aérea foi maior quando ocorreu fornecimento exclusivo de amônio no meio de cultivo, mas foi menor nas proporções com mais de 50% de nitrato.

#### 4.5.2 Concentração de nitrogênio total nas folhas diagnósticas

As proporções de nitrato e amônio e doses de nitrogênio influenciaram isoladamente a concentração de nitrogênio total nas folhas diagnósticas (LR) do capim-xaraés amostrado aos 20 dias após o transplântio e aos 10 dias de rebrotação. Aos 40 dias após o transplântio e 30 dias de rebrotação da gramínea foi significativa a interação das doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio.

Aos 20 dias após o transplântio, a concentração de nitrogênio nas LR aumentou da dose de nitrogênio de 3  $\text{mmol L}^{-1}$  para as doses de 15 e 27  $\text{mmol L}^{-1}$ , que não diferiram entre si (Figura 24a) e foi maior na proporção de nitrato/amônio 85/15 do que em 30/70 (Figura

24b). O ganho em concentração de nitrogênio nas LR da dose de nitrogênio de 3 para 27  $\text{mmol L}^{-1}$  foi de 29,5%, proporcionando aumento na concentração do nutriente de 25,42 para  $32,92 \text{ g kg}^{-1}$ .

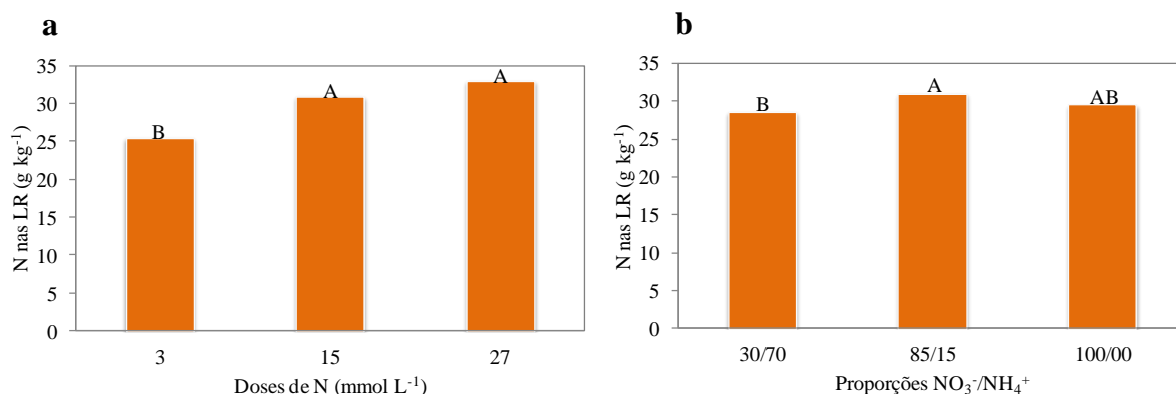


Figura 24 - Concentração de nitrogênio total (N) nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR) coletadas aos 20 dias após o transplântio do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio (a) e das proporções de nitrato e amônio (b). Letras iguais não diferem entre si, em cada caso, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Santos Junior (2001) encontrou as concentrações de nitrogênio de 15,49; 37,07 e  $39,36 \text{ g kg}^{-1}$  nas folhas diagnósticas do capim-marandu, aos 21 dias de crescimento, cultivado com as doses de nitrogênio de 2, 15 e  $27 \text{ mmol L}^{-1}$ . Essas concentrações de nitrogênio são próximas, sobretudo nas disponibilidades mais altas de nitrogênio, às encontradas neste estudo com o capim-xaraés.

Para as plantas colhidas 40 dias após o transplântio, verificou-se que a concentração de nitrogênio nas LR aumentou com as doses de nitrogênio dentro de cada proporção de nitrato/amônio. Quando se comparam os resultados dentro de cada dose de nitrogênio observa-se que na quase totalidade dos casos as menores concentrações de nitrogênio total ocorreram na proporção nitrato/amônio 85/15 (Tabela 12).

As concentrações médias de nitrogênio total variaram de  $10,21 \text{ g kg}^{-1}$  na combinação da dose de  $3 \text{ mmol L}^{-1}$  com a proporção de nitrato/amônio 85/15 a  $24,88 \text{ g kg}^{-1}$  na combinação de  $27 \text{ mmol L}^{-1}$  na proporção nitrato/amônio 100/0. Manarin e Monteiro (2002) e Lavres Junior e Monteiro (2006) encontraram, para os cultivares de *Panicum maximum* Mombaça e Aruana concentração de nitrogênio nas LR de plantas com 29 e 35 dias, respectivamente, variando de 8,8 a 18,5 e de 16,4 a  $27,16 \text{ g kg}^{-1}$ , as quais são próximas às obtidas para o capim-xaraés aos 40 dias após o transplântio.

Tabela 12– Concentração de nitrogênio total (N) nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR) coletadas aos 40 dias após o transplântio do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio e das proporções de nitrato e amônio

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
	----- (g kg <sup>-1</sup> )-----		
3	13,95 Ac	10,21 Bc	10,62 Bc
15	18,73 Ab	14,49 Bb	18,84 Ab
27	24,77 Aa	20,57 Ba	24,88 Aa
C.V. = 7,28%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Na rebrotação, 10 dias após o corte, a concentração de nitrogênio total nas LR foi aumentada pelas doses de nitrogênio, sendo que a concentração verificada na dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> inferior em 42% à observada no fornecimento da mais alta dose de nitrogênio, o que foi semelhante ao resultado no crescimento inicial (Figura 25a). Contudo, a resposta das plantas às proporções de nitrato/amônio foi diferente nos dois crescimentos, visto que aos 20 dias após o transplântio foi encontrada maior concentração de nitrogênio nas LR na proporção nitrato/amônio de 85/15 e aos 10 dias de rebrotação na proporção 30/70 (Figura 25b), apontando que houve efeito de concentração do nutriente, uma vez que a menor produção de massa seca foi encontrada nessa proporção.

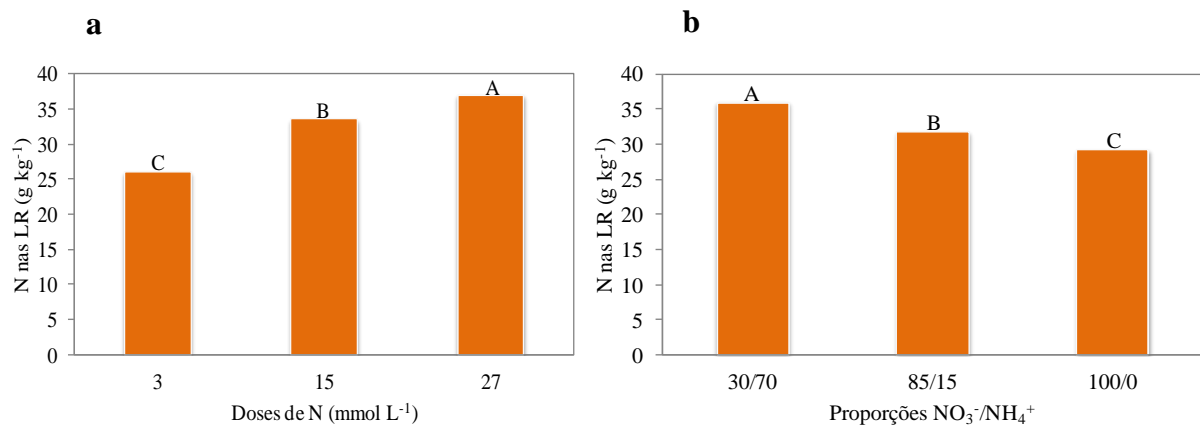


Figura 25 - Concentração de nitrogênio total (N) nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR) coletadas aos 10 dias de rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio (a) e proporções de nitrato e amônio (b). Letras iguais não diferem entre si, em cada caso, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Aos 30 dias de rebrotação do capim, a concentração de nitrogênio total mostrou-se mais elevada, em cada dose de nitrogênio, na proporção de nitrato/amônio 30/70 em relação às demais proporções estudadas (Tabela 13). Dentro de cada proporção de nitrato/amônio, a menor concentração de nitrogênio total nas LR ocorreu na dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup>,

exceto na proporção 85/15, em que as doses de nitrogênio de 3 e 15 mmol L<sup>-1</sup> apresentaram-se iguais entre si.

Tabela 13– Concentração de nitrogênio total nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR) coletadas aos 30 dias de rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
	----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----		
3	18,12 Ab	8,25 Bb	8,37 Bc
15	24,65 Aa	10,70 Bab	10,08 Bb
27	26,78 Aa	12,80 Ba	16,34 Ba
C.V. = 12,03%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Monteiro (2005), reunindo informações de pesquisas relativas à determinação de níveis críticos de nutrientes em plantas forrageiras, propôs níveis críticos para os macronutrientes nas folhas diagnósticas de alguns capins tropicais. Para o capim-marandu, esse autor reportou nível crítico de nitrogênio nas folhas diagnósticas entre 19 e 23 g kg<sup>-1</sup>. No presente estudo, considerando o início do crescimento e a rebrotação do capim-xaraés em qualquer dose de nitrogênio e proporção de nitrato e amônio foram constatadas concentrações de nitrogênio nas LR mais elevadas do que as sugeridas por aquele autor. Nos demais períodos de crescimento, a concentração de nitrogênio foi menor do que o nível crítico nas combinações das doses de nitrogênio até 15 mmol L<sup>-1</sup> em todas as proporções de nitrato/amônio aos 40 dias após o transplântio e em qualquer dose de nitrogênio em proporções que favoreceram o nitrato na solução nutritiva em mais de 30% aos dias de rebrotação. Neste ponto vale ressaltar que embora a concentração de nitrogênio esteja adequada, as formas com que o nutriente encontra-se nas plantas pode não traduzir em aumento na produção das plantas, principalmente onde houve excesso de amônio livre.

#### 4.5.3 Valor SPAD

A estimativa da concentração de clorofila, obtida indiretamente pela leitura SPAD nas folhas do capim-xaraés, foi significativamente alterada pelas doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio isoladamente, aos 20 dias após o transplântio. Nos demais períodos de crescimento, foi observada significância para a interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio no valor SPAD das plantas.

O valor SPAD, obtido aos 20 dias após o transplântio, foi mais baixo na dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> do que nas demais doses de nitrogênio (Figura 26a). Quando consideradas as proporções nitrato/amônio, não foram constatadas diferenças nas proporções 30/70 e 85/15 e o menor valor SPAD foi observado na proporção 100/0 (Figura 26b).

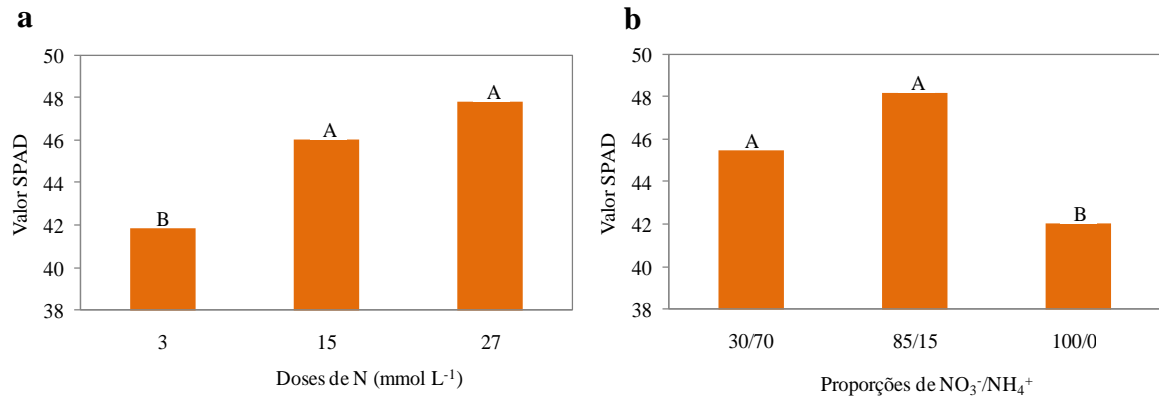


Figura 26 - Valor SPAD nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR) aos 20 dias após o transplântio do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio (a) e proporções de nitrato e amônio (b). Letras iguais não diferem entre si, em cada caso, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Aos 40 dias após o transplântio, o valor SPAD manteve-se constante nas três proporções empregadas na dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup>, enquanto nas outras doses de nitrogênio (15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>) verificou-se menor valor SPAD na proporção de nitrato/amônio 30/70 do que nas demais, com mais nitrato na solução nutritiva (Tabela 14).

Tabela 14— Valor SPAD nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR) aos 40 dias após o transplântio do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
-----SPAD-----			
3	36,25 Aa	33,83 Ac	34,00 Ab
15	34,93 Ba	42,50 Ab	46,48 Aa
27	36,55 Ba	48,90 Aa	49,58 Aa
C.V. = 5,90%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Aos 10 dias de rebrotação o capim-xaraés mostrou menores valores de SPAD nas combinações das proporções nitrato/amônio 85/15 e 100/0 com a dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> em relação às doses de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> e na proporção nitrato/amônio de 30/70, independente das doses de nitrogênio, não foram verificadas diferenças significativas no valor SPAD (Tabela 15). Em contrapartida, aos 30 dias de rebrotação, não foram verificadas



alterações no valor SPAD dentro das proporções de nitrato/amônio 30/70 e 85/15, sendo que na proporção 100/0 o valor SPAD foi maior quanto mais nitrogênio foi fornecido às plantas (Tabela 15).

Tabela 15 – Valor SPAD nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR) aos 10 e 30 dias de rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
-----SPAD-----			
-----10 dias de rebrotação-----			
3	27,93 Ba	32,53 ABb	34,93 Ab
15	29,10 Ba	43,83 Aa	41,43 Aa
27	32,58 Ba	41,70 Aa	42,40 Aa
C.V. = 7,57%			
-----30 dias de rebrotação-----			
3	30,30 Aa	26,80 Aa	26,63 Ac
15	32,13 Aa	36,25 Aa	36,25 Ab
27	34,95 Ba	40,05 ABa	42,33 Aa
C.V. = 6,50%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Em geral, os valores SPAD encontrados no crescimento inicial foram maiores que os verificados no período da rebrotação do capim-xaraés. Observações similares foram relatadas por Premazzi e Monteiro (2002) para o capim-tifton-85, Manarin e Monteiro (2002) para o capim-mombaça e Lavres Junior e Monteiro (2006) para o capim-aruaana. Os menores valores SPAD verificados durante a rebrotação da gramínea podem ser explicados pela maior taxa de crescimento das plantas e acelerado processo de senescência foliar, resultantes tanto da imposição das proporções de nitrato/amônio e doses de nitrogênio (principalmente nas condições de excesso de N-amoniacal) quanto do avanço da idade das plantas.

A nutrição da gramínea forrageira com predomínio da aplicação de amônio, embora tenha resultado em concentrações mais elevadas de nitrogênio nas lâminas de folhas diagnósticas, resultou em folhas com coloração verde menos intensa e em menor valor SPAD.

Estudos realizados com gramíneas indicam que o valor SPAD correlaciona-se positivamente com a nutrição nitrogenada das plantas (COLOZZA et al., 2000; MANARIN; MONTEIRO, 2002; LAVRES JUNIOR; MONTEIRO, 2006) uma vez que o incremento da disponibilidade de nitrogênio usualmente resulta em aumento na concentração de clorofila e conseqüentemente na intensidade de cor verde emitida pelas folhas, uma vez que os

cloroplastos foliares normalmente contém cerca de 70% do nitrogênio das plantas (WOOD et al., 1992). Neste sentido, em todos os períodos de crescimento foi constatado que o nitrogênio teve participação no aumento do valor SPAD no capim-xaraés. Contudo, as formas de nitrogênio atuam de modo diferente no metabolismo das plantas, podendo a leitura SPAD apresentar valor relativamente baixo mesmo em condições onde há fornecimento adequado de nitrogênio ao capim. A correlação entre a concentração de nitrogênio nas folhas diagnósticas do capim-xaraés foi maior à medida em que houve maior participação de nitrato na solução nutritiva, sendo os coeficientes de correlação de Pearson na proporção de nitrato/amônio 30/70 iguais a 0,40; 0,07; 0,5 e 0,33 aos 20 e 40 dias após o transplante e aos 10 e 30 dias de rebrotação, respectivamente e na proporção de 85/15, na qual foram obtidos os mais altos coeficientes de correlação entre nitrogênio nas LR e valor SPAD, estes coeficientes foram de 0,88; 0,93; 0,80 e 0,93 (Figura 27). Assim, embora o valor SPAD seja ferramenta para avaliar o estado nutricional das plantas quanto ao nitrogênio, esse valor não se correlaciona com a concentração total de nitrogênio nas LR nas condições de elevado fornecimento de amônio.

Cruz (2001) relatou para mandioca (*Manihot esculenta*) cultivada em proporções de nitrato/amônio de 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100 que a menor disponibilidade de nitrato no meio de cultivo resultou em menores concentrações de clorofila total e clorofila a e razão clorofila a/b. Helali et al. (2010) verificaram que plantas de *Arabidopsis thaliana* apresentaram menor quantidade de clorofila por unidade de área foliar quando cultivada em proporções de nitrato e amônio com valores menores do que um. Resultados semelhantes foram encontrados por Sandoval-Villa, Wood e Guertal (1999) que reportaram maiores valores SPAD em plantas de tomate cultivadas com fornecimento de baixas concentrações de amônio, enquanto alta concentração desse cátion no meio de cultivo resultou em menor valor SPAD, o que foi justificado pela degradação de moléculas de clorofila ou de cloroplastos resultante da toxicidade do amônio às plantas. Guo et al. (2007) reuniram informações em relação à nutrição nítrica e amoniacal de plantas superiores e concluíram que sob nutrição nítrica as plantas possuem maior número de cloroplastos por unidade de área foliar, o que pode ser revelado na maior concentração de clorofila e em maior valor SPAD nas folhas.

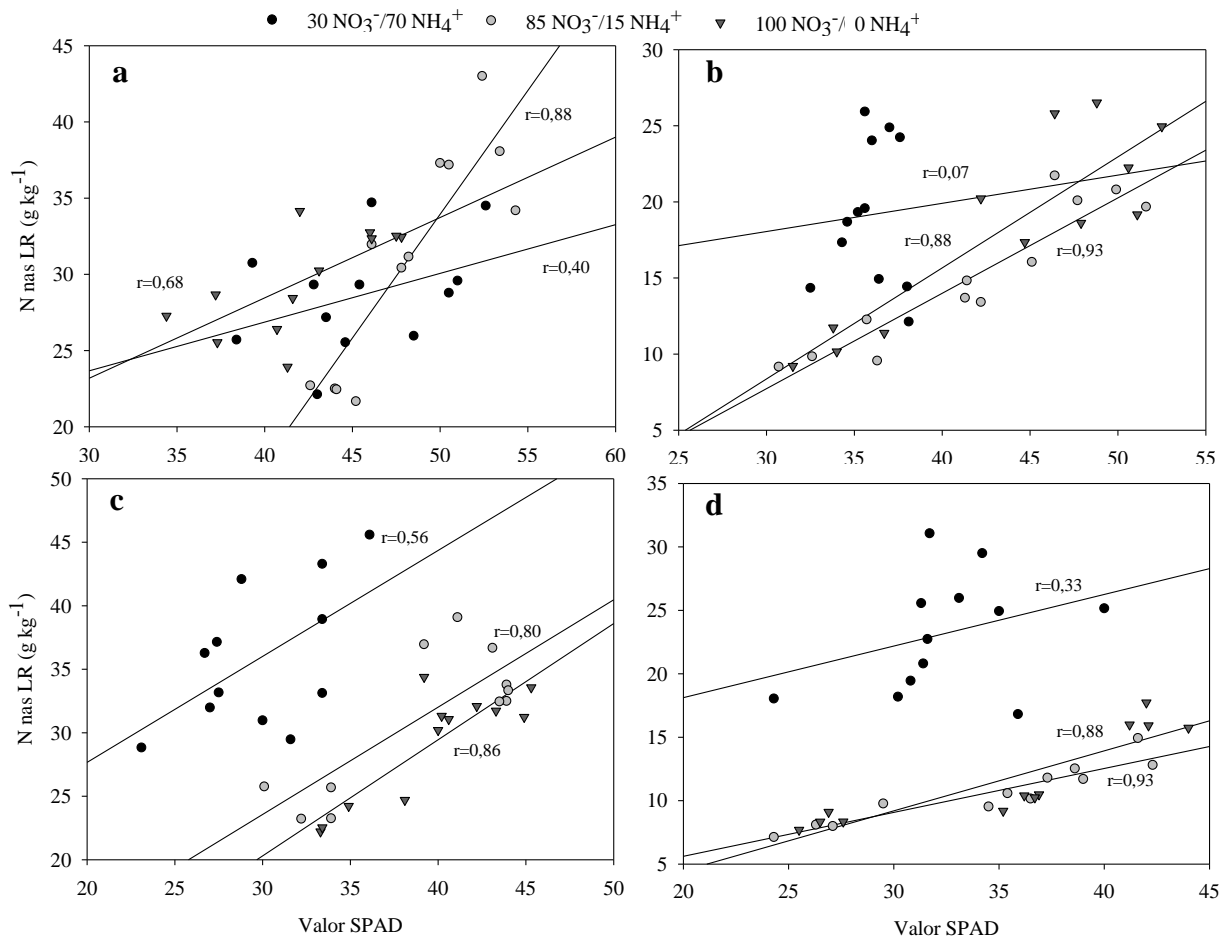


Figura 27 – Correlação entre concentração de nitrogênio total (N) e valor SPAD nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-xaraés no crescimento inicial, aos 20 (a) e 40 (b) dias após o transplântio e na rebrotação, aos 10 (c) e 30 (d) dias após o corte, em função das proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva

#### 4.5.4 Atividade da redutase do nitrato

A atividade da enzima redutase do nitrato variou significativamente apenas com as proporções de nitrato e amônio no crescimento inicial do capim, aos 29 dias após o transplântio, enquanto as doses de nitrogênio e as proporções de nitrato e amônio isoladamente proporcionaram variação significativa nessa atividade enzimática aos 24 dias de rebrotação das plantas.

No crescimento inicial não foram observadas diferenças quanto à atividade da enzima nas proporções de nitrato/amônio 85/15 e 100/0, sendo que a proporção 30/70 resultou em maior atividade da enzima (Figura 28).

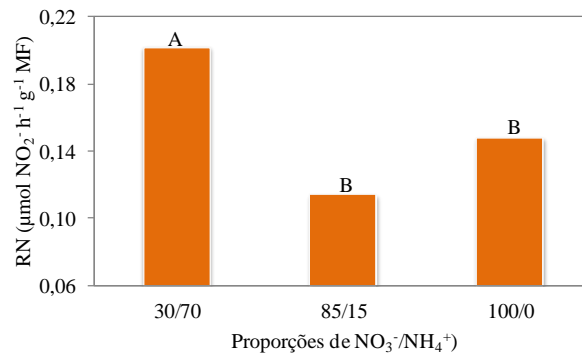


Figura 28 – Atividade da enzima redutase do nitrato (RN) no crescimento inicial do capim-xaraés em função das proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva. Letras iguais não diferem entre si, em cada caso, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Para as doses de nitrogênio, na rebrotação do capim-xaraés, foi verificada maior atividade na dose de nitrogênio de 15 mmol L<sup>-1</sup>, do que nas doses 27 e 3 mmol L<sup>-1</sup>, as quais não diferiram entre si (Figura 29a). A resposta constatada no aumento dessa atividade enzimática com o fornecimento de nitrogênio também foi relatada por Manarin (2000), Lavres Junior e Monteiro (2006), Lavres Junior, Santos Junior e Monteiro (2010), com diversos capins tropicais.

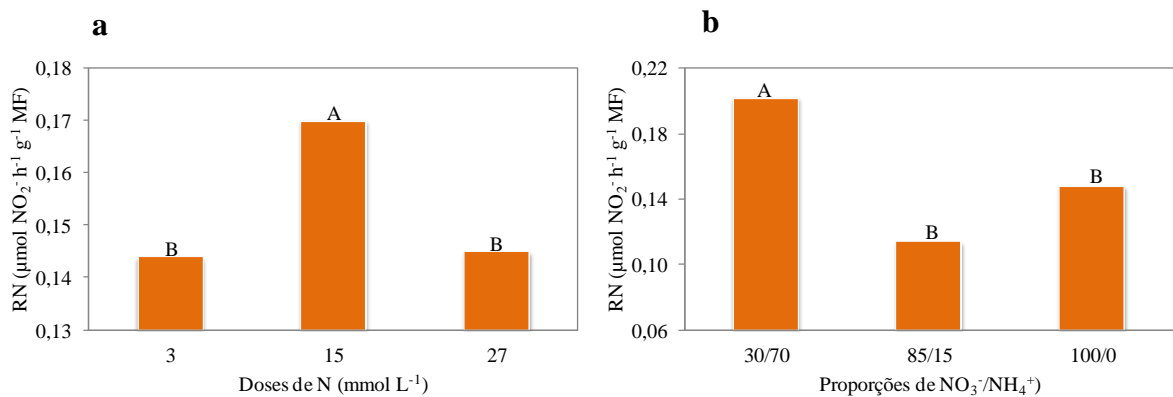


Figura 29 – Atividade da enzima redutase do nitrato (RN) na rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio (a) e proporções de nitrato e amônio (b). Letras iguais não diferem entre si, em cada caso, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Em ambos os períodos de crescimento da gramínea forrageira, a maior atividade da redutase do nitrato foi verificada na condição de suprimento elevado de amônio na solução nutritiva, não havendo diferença quanto a atividade nas demais proporções analisadas (Figuras 28 e 29a).

O controle da síntese da redutase do nitrato é realizado por vários fatores que atuam ao nível de expressão gênica, entre os quais se destacam a concentração de glicose e outros carboidratos gerados na fotossíntese e a concentração de amônio, que atua inibindo a

transcrição dos genes (HELDT; PIECHULLA, 2011). Assim, era esperado que a atividade enzimática da redutase do nitrato fosse induzida pelo aumento na concentração de nitrato e consequente redução na concentração de amônio na solução nutritiva, como reportado para várias plantas superiores (SIVAASANKAR; OAKS, 1996), para *Arabidopsis thaliana* (HELALI et al., 2010), morango (*Fragaria × ananassa* var. Camarosa) (TABATABAEI; YUSEFI; HAJILOO, 2008) e berinjela (*Solanum melangela*) (CLAUSSEN, 1986). No entanto, estudos com canola (*Brassica napus*) (BYBORDI, 2010) e capim-aruaana (SANTOS, 2003) mostraram incremento na atividade da redutase do nitrato com o acréscimo de amônio no meio de cultivo.

Algumas hipóteses podem ser elaboradas para explicar a maior atividade da redutase do nitrato obtida neste estudo com a proporção nitrato/amônio de 30/70, nos dois períodos de crescimento. O aproveitamento direto do amônio para compor proteínas estruturais e enzimas estimularia a síntese da nitrato redutase em capins, resultando em maior atividade enzimática. Alternativamente, o amônio poderia apresentar efeito estimulante em proteínas ligadas à regulação da redutase do nitrato (OAKS et al., 1982). Ainda, a maior atividade da enzima poderia indicar que as plantas, sob alta concentração de amônio, investem na atividade da enzima a fim de assimilar o pouco de nitrato existente no meio de cultivo e evitar a toxidez causada pelo amônio.

#### **4.5.5 Concentração de nitrato e amônio na parte aérea das plantas**

As concentrações de nitrato e amônio na parte aérea das plantas de capim-xaraés em cada período de crescimento são apresentadas como as médias seguidas do seu respectivo erro padrão, uma vez que não houve material vegetal suficiente para as determinações de nitrato e amônio, principalmente para as plantas cultivadas na proporção nitrato/amônio de 30/70.

As mais altas concentrações de amônio na parte aérea do capim-xaraés, em qualquer período de crescimento avaliado, ocorreram na proporção nitrato/amônio de 30/70. Nessa proporção, o aumento nas doses de nitrogênio contribuiu para a elevação da concentração desse cátion no capim (Tabela 16). Em geral, as plantas superiores evitam concentrar amônio livre devido ao seu efeito fitotóxico, porém em situações com alto fornecimento do cátion no meio e baixa disponibilidade de esqueletos carbônicos ocorre dificuldade de assimilação do amônio, o que resulta em mais alta concentração dessa forma de nitrogênio.

A adição de nitrato na solução nutritiva, nas proporções de nitrato/amônio 85/15 e 100/0, reduziu a quantidade de amônio livre e aumentou a concentração de nitrogênio total na

parte aérea do capim-xaraés em relação à proporção 30/70 (Figuras 24 e 25 e Tabelas 12 e 13).

É importante considerar que, mesmo com o fornecimento de nitrogênio exclusivamente na forma nítrica, foi observada a presença do amônio na parte aérea das plantas. Isto se explica pela redução do nitrato com a consequente formação de amônio ou devido a outros processos fisiológicos das plantas que culminam com a formação de amônio, como a fotorrespiração.

Tabela 16 – Concentração de amônio na parte aérea aos 20 e 40 dias após o transplântio e aos 10 e 30 dias de rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio com as proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
----- (mg kg <sup>-1</sup> ) -----			
-----20 dias após o transplântio-----			
3	226,33±26,25	130,38±7,05	103,83±21,44
15	188,42±21,48	101,50±12,37	129,40±7,14
27	327,69±68,68	163,63±10,37	123,67±27,06
-----40 dias após o transplântio-----			
3	436,19±43,34	248,06±10,96	265,13±24,43
15	821,19±80,57	334,25±54,45	265,56±16,11
27	1132,69±54,30	304,50±30,94	322,88±27,75
-----10 dias de rebrotação-----			
3	297,48±90,95	173,61±24,65	186,14±35,81
15	2445,05±553,98	85,63±18,92	127,28±22,14
27	2439,34±365,77	133,11±12,14	95,00±11,55
-----30 dias após o transplântio-----			
3	432,25±80,31	3613,31±181,20	349,42±36,75
15	888,13±156,54	356,13±37,90	174,56±29,37
27	2397,94±229,70	290,50±39,12	242,38±46,74

Médias seguidas de erro padrão da média

Quanto às concentrações de nitrato na parte aérea do capim-xaraés, como era de se esperar as mais altas concentrações ocorreram nas combinações de doses mais elevadas de nitrogênio e proporções de nitrato/amônio com predomínio da forma nítrica, com exceção dos resultados para as plantas colhidas aos 30 dias de rebrotação, onde as maiores concentrações ocorreram na proporção nitrato/amônio de 30/70 (Tabela 17).

Cao et al. (2011) não verificaram alterações significativas nas concentrações de nitrato na parte aérea de azevém perene cultivado nas proporções nitrato/amônio de 100/0, 75/25, 50/50 e 25/75, mas apenas reduzida concentração desse íon com o fornecimento único de N-amoniaco no sistema hidropônico. Ali et al. (2001) encontraram acréscimo na concentração

de nitrato na parte aérea de cevada à medida que esse íon era incrementado como fonte de nitrogênio na solução nutritiva, mesmo padrão de respostas observado por Helali et al. (2010) para plantas de *Arabidopsis thaliana*.

Tabela 17 – Concentração de nitrato na parte aérea aos 20 e 40 dias após o transplantio e aos 10 e 30 dias de rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio com as proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
----- (mg kg <sup>-1</sup> ) -----			
-----20 dias após o transplantio-----			
3	75,25±32,94	260,06±33,99	241,50±66,82
15	338,19±34,03	721,00±73,32	860,56±33,14
27	310,33±74,29	757,75±172,55	870,63±97,04
-----40 dias após o transplantio-----			
3	285,83±25,55	74,38±17,94	239,75±14,38
15	339,94±32,42	226,33±74,58	456,31±71,37
27	333,81±38,08	573,56±81,88	754,69±136,47
-----10 dias de rebrotação-----			
3	368,38±78,73	416,50±87,23	386,17±68,63
15	342,42±70,69	576,92±56,69	813,75±76,10
27	786,19±62,90	751,19±60,99	1405,25±327,10
-----30 dias após o transplantio-----			
3	251,13±40,30	84,00±23,59	110,83±19,02
15	392,44±39,36	140,88±30,67	128,63±23,83
27	527,63±51,66	219,19±16,85	182,58±25,50

Médias seguidas de erro padrão da média

Whitehead (2000) relatou para gramíneas forrageiras temperadas, que é reduzida a quantidade de nitrato livre presente na concentração crítica de nitrogênio, uma vez que praticamente todo o nitrogênio está presente em formas orgânicas. No entanto, o mesmo autor afirmou que, quando o nitrato é a principal fonte de nitrogênio fornecida às plantas, a concentração desse íon nos tecidos da parte aérea pode indicar se o suprimento de nitrogênio é adequado. Assim, a estimativa da concentração crítica de nitrato nos tecidos jovens foi de 500 a 1500 mg kg<sup>-1</sup>.

## 4.6 Alterações nas raízes das plantas

### 4.6.1 Produção de massa seca, comprimento e superfície radiculares

A produção de massa seca das raízes aos 30 dias de rebrotação mostrou significância para a interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio no meio de cultivo. Em

tal situação, verificou-se maior produção de massa seca radicular nas proporções de 85/15 e 100/0 do que na proporção 30/70, em qualquer dose de nitrogênio. Dentro das proporções, as doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> resultaram em mais massa seca de raízes do que na dose de 3 mmol L<sup>-1</sup> (Tabela 18). Lavres Junior (2001) reportou que a máxima produção de massa seca de raízes em capim-mombaça ocorreu com o fornecimento de nitrogênio na dose de aproximadamente 33,36 mmol L<sup>-1</sup>, que foi superior às utilizadas nesse estudo.

Tabela 18– Produção de massa seca de raízes aos 30 dias de rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
	-----g/vaso-----		
3	0,89 Ba	3,81 Ab	4,03 Ab
15	1,67 Ba	10,81 Aa	10,61 Aa
27	1,94 Ba	12,58 Aa	12,10 Aa
C.V. = 16,16%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

Poletto (2008), avaliando a biomassa radicular de plantas de cevada, verificou que em baixo fornecimento de nitrogênio (1 mmol L<sup>-1</sup>) na solução nutritiva, as formas de nitrogênio pouco interferiram na produção de massa seca de raízes, com exceção da proporção nitrato/amônio 0/100, que proporcionou menos massa de raízes do que as demais proporções estudadas. Acrescentou que, com o fornecimento de nitrogênio de 20 mmol L<sup>-1</sup>, a proporção nitrato/amônio 100/0 resultou em maior produção de massa seca de raízes e com alto fornecimento de nitrogênio (30 mmol L<sup>-1</sup>) nas proporções nitrato/amônio 50/50 e 100/0 foram alcançadas as maiores produções de massa seca das raízes. Para o capim-arua e capim-marandu, Santos (2003) verificou que as proporções de nitrato/amônio 55/45 e 70/30, respectivamente, culminaram em maior produção de massa das raízes do que as demais estudadas.

Em condições de fornecimento inadequado de nitrogênio, as reservas orgânicas do capim são translocadas para as raízes, de modo a permitir maior exploração do meio de cultivo e possibilitar a aquisição de nutrientes. Neste estudo, porém, não foi verificado aumento da massa do sistema radicular na condição déficit nutricional de nitrogênio, o que pode ser explicado pela redução do pH da solução nutritiva, resultante da absorção de amônio pelo capim. Schotermeyer, Feil e Stamp (1993) estudaram a morfologia das raízes de milho supridos simultaneamente com amônio e nitrato e verificaram que, com a elevação do pH, a



massa seca radicular foi maior em relação aos tratamentos sem correção da acidez. Assim, o efeito deletério atribuído às combinações com alto amônio, constatados no presente estudo, podem ser resultantes tanto do efeito tóxico do amônio quanto do baixo pH, o que resultou em plantas com raízes mais curtas e menos ramificadas do que as apresentadas nas proporções com predominância de nitrato.

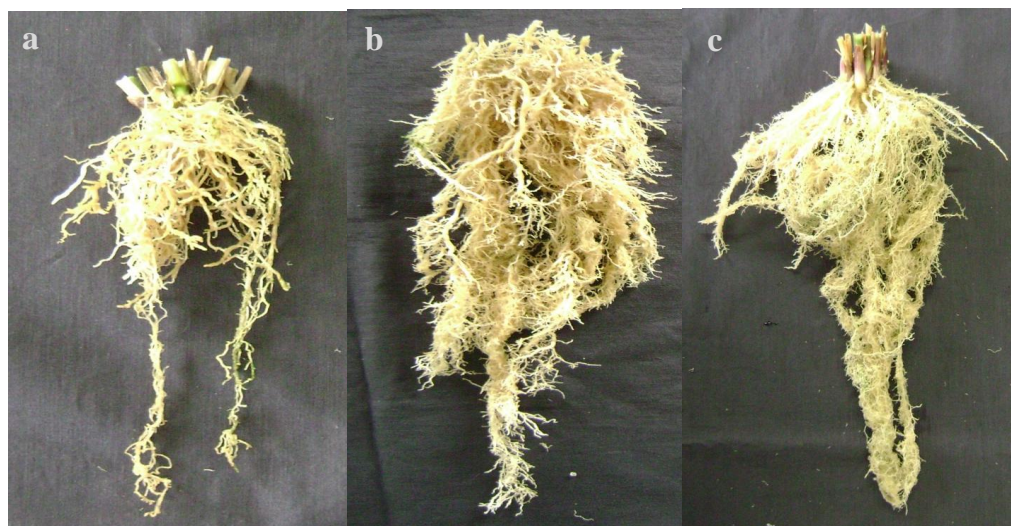


Figura 30 – Raízes do capim-xaraés aos 30 dias de rebrotação na proporção nitrato/amônio 30/70 (a), 85/15 (b) e 100/0 (c), na dose de nitrogênio de 27 mmol L<sup>-1</sup>

A superfície e comprimentos radiculares das plantas aos 30 dias de rebrotação mostraram significância da interação doses de nitrogênio x proporções de nitrato e amônio na solução nutritiva. A superfície radicular do capim-xaraés apresentou-se mais reduzida nas proporção de nitrato/amônio 30/70, independente das doses de nitrogênio utilizadas. Dentro da dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup> não foi constatada diferença na superfície radicular quanto as proporções de nitrato/amônio. Nas proporções de nitrato/amônio 85/15 e 100/0, as maiores superfícies radiculares foram verificadas com o fornecimento das doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup>, que não diferiram entre si, em relação à dose de 3 mmol L<sup>-1</sup> (Tabela 1).

O comprimento radicular não apresentou diferenças significativas para as doses de nitrogênio dentro da proporção nitrato/amônio de 30/70 e para as proporções nitrato/amônio dentro da dose de nitrogênio de 3 mmol L<sup>-1</sup>, mostrando estas duas condições serem limitantes ao crescimento das raízes. As doses de nitrogênio de 15 e 27 mmol L<sup>-1</sup> apresentaram comprimentos radiculares estatisticamente iguais entre si nas proporções nitrato/amônio de 85/15 e 100/0, demonstrando mais uma vez o capim-xaraés não foi responsivo a altas doses de nitrogênio fornecido nas condições desse estudo (Tabela 19).

Schotermeyer, Feil e Stamp (1993) apresentaram respostas positivas no comprimento radicular de milho pelo fornecimento de nitrato e Santos (2003) relatou que o capim-aruaana desenvolveu maior comprimento do sistema radicular na proporção nitrato/amônio 44/45, enquanto o capim-marandu não apresentou diferenças no comprimento do sistema radicular exceto na proporção 40/60, que resultou no menor comprimento radicular naquela situação.

Tabela 19 – Superfície e comprimento radicular aos 30 dias de rebrotação do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio

Doses de N (mmol L <sup>-1</sup> )	Proporções de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na solução nutritiva		
	30/70	85/15	100/0
-----Superfície radicular (cm <sup>2</sup> /vaso)-----			
3	32,57 Aa	202,87 Ab	229,49 Ab
15	52,98 Ba	536,66 Aa	521,37 Aa
27	65,57 Ba	548,83 Aa	581,83 Aa
C.V. = 39,96%			
-----Comprimento radicular (cm <sup>2</sup> /vaso)-----			
3	4,13 Aa	47,36 Ab	56,03 Ab
15	6,82 Ba	108,89 Aa	117,80 Aa
27	8,46 Ba	103,26 Aab	110,98 Aa
C.V. = 38,55%			

Médias seguidas de mesma letra, em cada caso, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas comparam as proporções dentro das doses de nitrogênio e minúsculas comparam as doses dentro das proporções

#### 4.6.5.2 Concentração de nitrogênio total

A concentração de nitrogênio total nas raízes do capim-xaraés foi influenciada pelas doses de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio, individualmente. A maior concentração de nitrogênio nas raízes da gramínea foi detectada com o fornecimento da mais elevada dose de nitrogênio na solução nutritiva, enquanto não foram encontradas diferenças significativas para as doses de nitrogênio de 3 e 15 nitrogênio mmol L<sup>-1</sup> (Figura 31a). Quanto às proporções de nitrato e amônio, verificou-se maior concentração de nitrogênio nas raízes na condição com aplicação da proporção nitrato/amônio de 30/70 na solução nutritiva (Figura 31b).

Santos (2003) encontrou mais altas concentrações de nitrogênio nas raízes nas proporções de nitrato/amônio 100/0 e 85/15 para o capim-aruaana e nas proporções 100/0, 85/15, 40/60 e 25/75 para o capim-marandu, o que não corrobora os resultados do presente estudo.

A maior concentração de nitrogênio total encontrada nas plantas de capim-xaraés na proporção nitrato/amônio de 30/70 deve-se ao efeito de concentração, uma vez que foi obtida a menor produção de massa seca nas plantas cultivadas nessa proporção (Figura 31b).

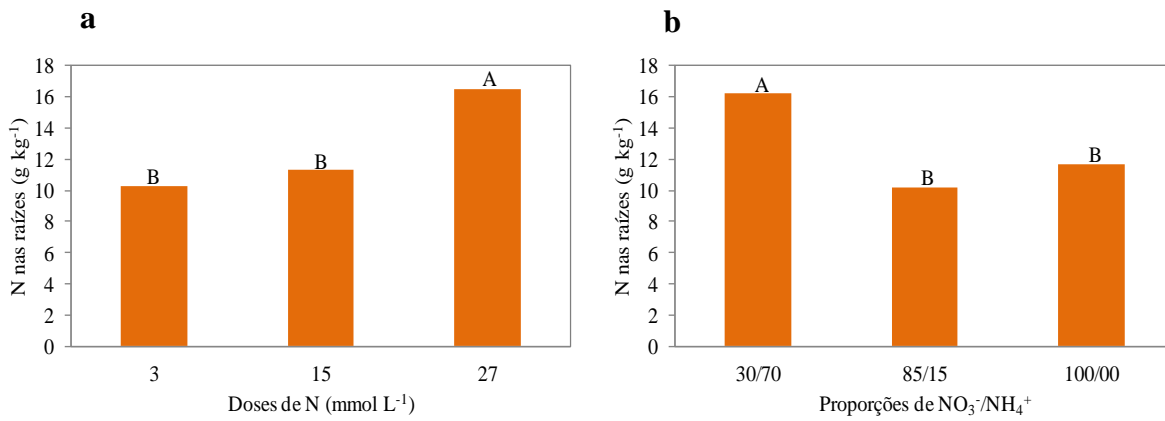


Figura 31– Concentração de nitrogênio total (N) nas raízes do capim-xaraés em função das doses de nitrogênio (a) e proporções de nitrato e amônio (b). Letras iguais não diferem entre si, em cada caso, pelo teste de Tukey ao nível de 5%

## 5 CONCLUSÕES

A dose intermediária de nitrogênio ( $15 \text{ mmol L}^{-1}$ ), quando fornecida em proporções adequadas de nitrato/amônio (85/15 e 100/0), é suficiente para garantir altas taxas de crescimento e de assimilação líquida no crescimento inicial;

O crescimento das plantas e as características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés são mais afetados pelo alto fornecimento de amônio a medida em que a planta se desenvolve;

A utilização do valor SPAD para predizer o estado nutricional do capim-xaraés quanto ao nitrogênio não se mostra boa alternativa quando o capim tem a nutrição baseada na forma amoniacal;

Em condições de estresse de alta concentração de amônio ocorre redução na superfície e no comprimento radiculares, que impedem as plantas de rebrotarem vigorosamente;

A aplicação de altas doses de nitrogênio em proporções de nitrato e amônio inadequadas resulta em menores perfilhamento, número de folhas vivas e produção de massa seca do capim-xaraés.



## REFERÊNCIAS

- ABREU, J.B.R. **Níveis de nitrogênio e proporções de nitrato e amônio afetando produção, atividade da redutase do nitrato e composição de três gramíneas forrageiras.** 1994. 103 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- ABREU, J.B.R.; MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição do capim-marandu em função da adubação nitrogenada e estágios de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 56, p. 137-146, 1999.
- AKMAL, M.; SCHELLBERG, J.; KHATTAK, R.A. Biomass allocation and nitrogen distribution in ryegrass under water and nitrogen supplies. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 33, p. 1777-1788, 2010.
- ALEXANDRINO, E. **Crescimento e características químicas e morfológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a cortes e diferentes doses de nitrogênio.** 2000. 70 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JUNIOR, D.N.; REGAZZI, A.J.; MOSQUIN, P.R.; ROCHA, F.C.; SOUSA, D.P. Produção de massa seca e vigor de rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de cortes. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 40, p. 141-147, 2003.
- ALI, A.; TUCKER, T.C.; THOMPSON, T.L.; SALIM, M. Effects of salinity and mixed ammonium and nitrate nutrition on the growth and nitrogen utilization of barley. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 186, p. 223-228, 2001.
- ANDRADE, S.R.M.; SANT’ANNA, R.; MOSQUIM, P.R.; CAMBRAIA, J. **Assimilação do nitrogênio pelas plantas de *Panicum maximum* cv. Vencedor submetidas a diferentes proporções de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ .** Planaltina: Embrapa, 2001. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 13).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Pecuária brasileira.** Disponível em: <[http://www.abiec.com.br/3\\_pecuaria.asp](http://www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp)> . Acesso em 25 jul. 2012.
- BARBER, K.L.; PIERZYNSKI, G.M.; VANDERLIP, R.L. Ammonium/nitrate ratio effects on dry-matter partitioning and radiation use efficiency of corn. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 17, p. 869-882, 1994.
- BARKER, A.V.; BRYSON, G.M. Nitrogen. In: BARKER, A.V.; PILBEAN, D.J. (Ed.). **Handbook of plant nutrition.** Boca Raton: CRC Press, 2007. chap. 2. p. 21-50.
- BATISTA, K. **Respostas do capim-marandu a combinações de doses de nitrogênio e enxofre.** 2002. 91 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F.A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 1281-1288, 2006.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BIALCZYK, J.; LECHOWSKI, Z.; LIBIK, A. Early vegetative growth of tomato plants in media containing nitrogen source as nitrate, ammonium, or various nitrate-ammonium mixtures with bicarbonate addition. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 2, p. 1687-1700, 2004.

BIALCZYK, J.; LECHOWSKI, Z.; DZIGA, D.; MEJ, E. Fruit yield of tomato cultivated on media with bicarbonate and nitrate/ammonium as the nitrogen source. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 30, p. 149-161, 2007.

BLOOM, A.J.; BURGER, M.; ASENSIO, J.S.R.; COUSINS, A.B. Carbon dioxide enrichment inhibits nitrate assimilation in wheat and *Arabidopsis*. **Science**, Washington, v. 328, p. 899-903, 2010.

BRUCK, H.; GUO, S.W. Influence of N form on growth photosynthesis of *Phaseolus vulgaris* L. plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 169, p. 849-856, 2006.

BYBORDI, A. Influence of  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  ratios and silicon on growth, nitrate reductase activity and fatty acid composition of canola under saline conditions. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 5, p. 1984-1992, 2010.

CABRAL, C.E.A.; BONFIM-SILVA, E.M.; BONELLI, E.A.; SILVA, T.J.A.; CABRAL, C.H.A.; SCARAMUZZA, W.L.M.P. Compactação do solo e macronutrientes primários na *Brachiaria brizantha* cv. Piatã e *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 362-367, 2012.

CAIRO, P.A.R.; OLIVEIRA, L.E.M.; MESQUITA, A.C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2008. 71 p.

CAO, H.; GE, Y.; LIU, D.; CAO, Q.; CHANG, S.X.; CHANG, J.; SONG, X.; LIN, X. Nitrate/ammonium ratios affect ryegrass growth and nitrogen accumulation in a hydroponic system. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 34, p. 206-216, 2011.

CASTAGNARA, D.D. **Adubação nitrogenada sobre o crescimento, a produção e qualidade de gramíneas forrageiras tropicais**. 2009. 95 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2009.

CHAILLOU, S.; LAMAZE, T. Ammoniacal nutrition of plants. In: MOROT-GAUDRY (Ed.). **Nitrogen assimilation by plants**. New Hampshire: INRA, 2001. chap. 4, p. 53-70.

CLAUSSEN, W. Influence of fruit load and environmental factors on nitrate reductase activity and concentration of nitrate and carbohydrates in leaves of eggplant (*Solanum melongena*). **Physiologia Plantarum**, Maden, v. 67, p. 73-80, 1986.

COLOZZA, M.T.; KIEHL, J.C.; WERNER, J.C.; SCHAMMASS, E.A. Respostas de *Panicum maximum* cultivar Aruana a doses de nitrogênio. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 57, p. 21-32, 2000.

CORRÊA, L.M. **Características agronômicas das principais plantas forrageiras tropicais**. São Carlos: Embrapa, 2002. 5 p. (Comunicado Técnico, 35).

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V.; SEVERIANO, E.C.; GUIMARÃES, K.C.; MOREIRA, J.F.M.; BENTO, J.C. Adubação nitrogenada e potássica na produção de massa seca e composição bromatológica do capim-xaraés. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 4, p. 51-60, 2011.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; FIGUEIREDO, F.C.; RODRIGUES, C.R.; NASCIMENTO, P.P. Adubação nitrogenada e potássica na concentração de nutrientes do capim-xaraés. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, p. 86-92, 2008.

CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.; SANTOS, P.M.; SILVA, S.C. Bases para o estabelecimento do manejo de pastagens de Braquiária. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 249-266.

CRAMER, M.D.; LEWIS, A.M. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 72, p. 359-364, 1993.

CRAWFORD, N.; FORDE, B.G. Molecular and developmental biology of inorganic nitrogen nutrition. In.: SOMERVILLE, C.; MEYEROWITZ, E. (Ed.). **The Arabidopsis book**. Rockville: American Society of Plants Biology, 2002. p. 2-25.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE, A. ; VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 365-371, 1994.

CRUZ, J.L. **Efeitos de níveis de nitrato sobre o metabolismo do nitrogênio, assimilação do CO<sub>2</sub> e fluorescência da clorofila *a* em mandioca**. 2001. 87 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; ARAÚJO, W.L. Relações biométricas de mandioca cultivada com variada disponibilidade de nitrogênio. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 9, p. 131-140, 2004.

\_\_\_\_\_. Efeito do nitrato e amônio sobre o crescimento e eficiência de utilização do nitrogênio em mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 65, p. 467-475, 2006.

DE BONA, F.D. **Nitrogênio e enxofre para gramínea forrageira**: atributos do solo e aspectos metabólicos, nutricionais e produtivos da planta. 2008. 124 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.



DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, Oxford, v. 85, p. 635-643, 2000

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, M.E.R.; LAMBERTUCCI, D.M. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 30-37, 2006.

FERNANDES, M.S.; ROSSIELO, R.O.P. Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais. In.: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1986, Nova Odessa. **Anais...** Piracicaba: POTAFÓS. 1986. p. 93-123.

FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 5, p. 115-152.

FERREIRA, D.J.; ZANINE, A.M. Importância da pastagem cultivada na produção da pecuária de corte brasileira. **Revista Electrónica de Veterinaria**, Málaga, v. 8, p. 1-18, 2007.

GARCEZ, T.B. **Características produtivas, nutricionais, e metabólicas do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio e magnésio**. 2009. 79 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A.J.; FONSECA, D.M.; MOSQUIM, P.R.; GOBBI, K.F. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 1890-1900, 2002.

GASTAL, F.; NELSON, C.J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, Rockville, v. 105, p. 191-197, 1994.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 49, p. 341-348, 2000.

GONÇALVES, E.N.; QUADROS, F.L.F. Morfogênese de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) em pastejo com terneiras, recebendo ou não suplementação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 1123-1128, 2003.

GUO, S.; ZHOU, Y.; SHEN, Q.; ZHANG, F. Effect of ammonium and nitrate nutrition on some physiological processes in higher plants – growth, photosynthesis, photorespiration and water relations. **Plant Biology**, Malden, v. 9, p. 21-29, 2007.

GWEYI-ONYANGO, J.P.; NEUMANN, G.; ROEMHELD, V. Effects of different forms of nitrogen on relative growth rate and growth components of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **African Journal of Horticultural Science**, Quênia, v. 2, p. 43-55, 2009.

HACHIYA, T.; WATANABE, C.K.; FUJIMOTO, M.; ISHIKAWA, T.; TAKAHARA, K.; KAWAI-YAMADA, M.; UCHIMIYA, H.; UESONO, Y.; TERASHIMA, I.; NOGUCHI, K. Nitrate addition alleviates ammonium toxicity without lessening ammonium accumulation, organic acid depletion and inorganic cation depletion in *Arabidopsis thaliana* shoots. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 53, p. 577–591, 2012.

HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 7<sup>th</sup> ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2005. 515 p.

HELALI, S.M.; NEBLI, H.; KADDOUR, R.; MAHMOUDI, H.; LACHAËL, M.; OUERGHI, Z. Influence of nitrate-ammonium ratio on growth and nutrition of *Arabidopsis thaliana*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 336, p. 65-76, 2010.

HELDT, H-W.; PIECHULLA, B. **Plant biochemistry**. 4<sup>th</sup> ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2011. 622 p.

HOAGLAND, D.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soil**. Ona: California Agriculture Experimental Station, 1950. 347 p. (Circular, 347).

HODGSON, J.G. **Grazing management: science into practice**. Essex: Longman Scientific and Technical, 1990. 203p

HOLZSCHUH, M.J.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I.; PIZZOLATO, T.M.; CARMONA, F.C.; CARLOS, F.S. Absorção de nutrientes e crescimento do arroz com suprimento combinado de amônio e nitrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1357-1366, 2011.

INSTITUTO BASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2006. 146 p.

KARIA, C.T.; DUARTE, J.B.; ARAÚJO, A.C.G. **Desenvolvimento de cultivares do gênero *Brachiaria* (trin.) Griseb. no Brasil**. Planaltina: Embrapa, 2006. 56 p. (Documentos, 163).

KLEPPER, B.; RICKMAN, R.W.; PETERSON, C.M. Quantitative characterization of vegetative development in small grain cereals. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 789-792, 1982.

KRONZUCKER, H.J.; SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M.; KIRK, G.J.D. Nitrate- ammonium synergism in rice. A subcellular flux analysis. **Plant Physiology**, Rockville, v. 119, p. 1041-1045, 1999.

LAVRES JUNIOR, J. **Combinações de doses de nitrogênio e potássio para capim-mombaça**. 2001. 103 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Combinações de doses de nitrogênio e potássio para a produção e nutrição do capim-mombaça. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 59, p. 101-114, 2002.

\_\_\_\_\_. Diagnose nutricional de nitrogênio no capim-aruaana em condições controladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 829-837, 2006.

LAVRES JUNIOR, J.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; MONTEIRO, F.A. Nitrate reductase activity and SPAD readings in leaf tissues of guinea grass submitted to nitrogen and potassium rates. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 801-809, 2010.

LAVRES JUNIOR, J.; FERRAGINE, M.D.M.; GERDES, L.; RAPOSO, R.W.C.; COSTA, M.N.X.; MONTEIRO, F.A. Yield components and morphogenesis of Aruaana grass in response to nitrogen supply. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, p. 632-639, 2004.

LEMAIRE, E.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, I.; ILLIUS, A.W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Oxon: CAB International, 1996. p. 3-36.

LEWIS, O.A.M.; CHADWICK, S. An <sup>15</sup>N investigation into nitrogen assimilation in hydroponically-grown barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Clipper) in response to nitrate, ammonium and mixed nitrate and ammonium nutrition. **New Phytologist**, Malden, v. 95, p. 635-646, 1983.

LEWIS, O.A.M.; LEIDI, E.O.; LIPS, S. H. Effect of nitrogen source on growth response to salinity stress in maize and wheat. **New Phytologist**, Oxford, v. 111, p. 55-160, 1989.

LOPES, M.S.; ARAUS, J.L. Nitrogen source and water regime effects on durum wheat photosynthesis and stable carbon and nitrogen isotope composition. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 125, p. 435-445, 2006.

MACHADO, J. M. **Morfogênese de gramíneas nativas sob níveis de adubação nitrogenada**. 2010. 77 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.

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

MANARIN, C.A. **Respostas fisiológicas, bioquímicas e produtivas do capim-Mombaça a doses de nitrogênio**. 2000. 58 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

MANARIN, C.A.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio na produção e diagnose foliar do capim-mombaça. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 59, p. 115-123, 2002.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2<sup>nd</sup> ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTUSCELLO, J.A.; FARIA, D.J.G.; CUNHA, D.N.F.V.; FONSECA, D.M. Adubação nitrogenada e partição de massa em plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 663-667, 2009.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, P.M.; RIBEIRO JUNIOR, J.I.; CUNHA, D.N.F.V.; MOREIRA, L.M. Características morfológicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, p. 1475-1482, 2005.

MASLE, J. Competition among tillers in winter wheat: consequences for growth and development of the crop. In.: DAY, W.; ATKIN, R.W. **Wheat growth and modeling**. New York: Plenum, 1985. p. 33-54.

MEGDA, M.M. **Suprimento de nitrogênio e de potássio e características morfológicas, nutricionais e produtivas do capim-marandu**. 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MEGDA, M.M.; MONTEIRO, F.A. Nitrogen and potassium supply and the morphogenic and productive characteristics of marandu palisadegrass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 1666-1675, 2010.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5<sup>th</sup> ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 849 p.

MONTEIRO, F.A. Amostragem de solos e de planta para fins de análises químicas: Métodos e interpretação de resultados. In.: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 151-179.

MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Efeitos das adubações nitrogenada e fosfatada em capim Colômbio, na formação e em pasto estabelecido. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 34, p. 91-101, 1977.

MOROT-GAUDRY, J.F. Nitrogen assimilation: historical résumé. In: MOROT-GAUDRY (Ed.). **Nitrogen assimilation by plants**. New Hampshire: INRA, 2001. p. xix-xxi.

MOROT-GAUDRY, J.F.; TOURAINÉ, B. Sources of nitrogen, nitrogen cycle, root structure and nitrogen assimilation. **Nitrogen assimilation by plants**. New Hampshire: INRA, 2001. v. 1, p. 5-14.

MULDER, E.G.; BOXMA, R.; VAN VENN, W.L. The effect of molybdenum and nitrogen deficiencies on nitrate reduction in plant tissue. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 10, p. 335-355, 1959.

MUNZAROVA, E.; LORENZEN, B.; BRIX, H.; VOJTISKOVA, L.; VOTRUBOVA, O. Effect of  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  availability on nitrate reductase activity and nitrogen accumulation in wetland helophytes *Phragmites australis* and *Glyceria maxima*. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 55, p. 49-60, 2006.

MURPHY, A.T.; LEWIS, O.A.M. Effect of nitrogen feeding source on the supply of the nitrogen from root to shoot and the site of nitrogen assimilation in maize (*Zea mays* L. cv. R201). **New Phytologist**, Malden, v. 107, p. 327-33, 1987.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In.: PEIXOTO, M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). **Produção de bovinos a pasto**. Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 15-95.

NELSON, C.J. Shoot morphological plasticity of grasses: leaf growth VS, tillering. In.: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; NABINGER, C.; CAVARHO, P.C.F. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 101-126.

OAKS, A.; POULLE, M.; GOODFELLOW, V.J.; CASS, L.A.; DEISING, H. The role of nitrate and ammonium ions and light on the induction of nitrate reductase in maize leaves. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 88, p. 1067-1072, 1982.

OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GOMIDE, J.A.; HUAMAN, C.A.M.; GARCIA, R.; CECON, P.R. Análise de crescimento do capim-bermuda "Tifton 85". **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1930-1938, 2000.

PACIULLO, D.S.C.; FERNANDES, P.B.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; SOUZA SOBRINHO, F.; CARVALHO, C.A.B. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen doses and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 270-276, 2011.

PEREIRA, O.G.; ROVETTA, R.; RIBEIRO, K.G.; SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; CECON, P.R. Crescimento do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, p. 30-35, 2012.

PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, M.A.; PINTO, J.C.; SANTOS, M.E.R.; RIBEIRO, K.G.; CECON, P.R. Análise de crescimento do capim Coastcross-1 sob adubação nitrogenada em duas idades de rebrotação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 2121-2128, 2011

POLETTI, N. **Absorção e assimilação de íons nitrato e amônio e os seus efeitos sobre o crescimento e desenvolvimento de cevada e arroz em solução nutritiva**. 2008. 150 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PREMAZZI, L.M.; MONTEIRO, F.A. Produção do capim-tifton 85 submetido a doses e épocas de aplicação de nitrogênio após o corte. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 59, p. 1-16, 2002.

PREMAZZI, L.M.; MONTEIRO, F.A.; OLIVEIRA, R.F. Crescimento de folhas do capim-bermuda tifton 85 submetido à adubação nitrogenada após o corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 518-526, 2011.

RADFORD, P.J. Growth analysis formulae. Their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v. 7, p. 171-175, 1967.

RAVEN, J.A. Acquisition of nitrogen by shoots of land plant: its occurrence and implications for acid-base regulation. **New Phytologist**, Oxford, v. 108, p. 1-12, 1988.

RODRIGUES, R.C.; MOURÃO, G.B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 394-400, 2008.

ROOSTA, H.R.; SCHJOERRING, J.K. Effects of nitrate and potassium on ammonium toxicity in cucumber plants. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 31, p. 1270–1283, 2008.

ROSSIELO, R.O.P.; ARAÚJO, A.P.; MANZATTO, C.V.; FERNANDES, M.S. Comparação dos métodos fotoelétricos e da interação na determinação de área, comprimento e raio médio radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 633-638, 1995.

SANDOVAL-VILLA, M.; WOOD, C.W.; GUERTAL, E.A. Ammonium concentration in solution affects chlorophyll meter readings in tomato leaves. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 22, p. 1717-1729, 1999.

SANTOS, J.H.S. **Proporções de nitrato e amônio na nutrição e produção dos capins Aruana e Marandu**. 2003. 81 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SANTOS, P.M.; THORNTON, B.; CORSI, M. Nitrogen dynamics in the intact grasses *Poa trivialis* and *Panicum maximum* receiving contrasting supplies of nitrogen. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 53, p. 2167-2176, 2002.

SANTOS JUNIOR, J.D.G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim Marandu submetido a doses de nitrogênio**. 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SANTOS JUNIOR, J.D.G.; MONTEIRO, F.A.; LAVRES JUNIOR, J. Análise de crescimento do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, p. 1985-1991, 2004.

SANTOS JUNIOR, J.D.G.; MONTEIRO, F.A.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.P.B. Componentes morfológicos do capim-tanzânia cultivado em quatro condições de fertilidade do solo na região dos Cerrados. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 62, p. 91-99, 2005.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: user's guide, version 8.0. Cary, 2000.

SCHNYDER, H.; VISSER, R. Fluxes of reserve-derived and currently assimilated carbon and nitrogen in perennial ryegrass recovering from defoliation. The regrowing tiller and its component functionally distinct zones. **Plant Physiology**, Rockville, v. 119, p. 1423-1435, 1999.

SCHORTEMAYER, M.; FEIL, B.; STAMP, P. Root morphology and nitrogen uptake of maize simultaneously supplied with ammonium and nitrate in a split-root system. **Annals of Botany**, Oxford, v. 72, p. 107-115, 1993.

SEIFFERT, N.F. **Gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria***. Campo Grande: Embrapa, 1980. 74 p. (Circular Técnica, 1).

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Role of leaf appearance rate and coleoptile tiller in regulating tiller production. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 71-75, 1994.

SILVA, C.C.S. **Morfogênese e produção de braquiárias submetidas a diferentes doses de nitrogênio**. 2006. 72 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2006.

SILVA, V.J. **Desempenho produtivo e análise de crescimento de capins do gênero *Cynodon* em resposta à frequência de desfolhação**. 2012. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SILVEIRA, C.P.; MONTEIRO, F.A. Morfogênese e produção de biomassa do capim-Tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 335-342, 2007.

SILVEIRA, J.S.M.; SANT'ANNA, R. Efeitos do nitrato e do amônio no crescimento e fracionamento do N em capim-Colômbia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 135-143, 1988.

SILVEIRA, M.C.T. **Caracterização morfológica de oito cultivares do gênero *Brachiaria* e dois do gênero *Panicum***. 2006. 111 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SIVAASANKAR, S.; OAKS, A. Nitrate assimilation in higher plants: the effect of metabolites and light. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 34, p. 609-620, 1996.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 9, p.215-252.

TABATABAEI, S.J.; YUSEFI, M.; HAJILOO, J. Effects of shading and  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 116, p. 264-272, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 95 p.

TYLOVA, E.B.; LORENZEN, H.; VOTRUBOVA, O. The effects of  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  on growth, resource allocation and nitrogen uptake kinetics of *Phragmites australis* and *Glyceria maxima*. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 81, p. 326-342, 2005.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; PEREIRA, J.M.; VALÉRIO, J.R.; PAGLIARINI, M.S.; MACEDO, M.C.M.; LEITE, G.G.; LOURENÇO, A.J.; FERNANDES, C.D.; DIAS FILHO, M.B.; LEMPP, B.; POTT, A.; SOUZA, M.A. **O capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na diversificação das pastagens de braquiária**. Campo Grande: Embrapa, 2004. 36 p. (Documentos, 149).

WALCH-LIU, P.; NEUMANN, G.; BANGERTH, F.; ENGELS, C. Rapid effects of leaf morphogenesis in tobacco by supply of different nitrogen forms. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 5, p. 227-237, 2000.

WHITEHEAD, D.C. **Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships**. Devon: CABI Publishing, 2000. 369 p.

WOOD, C.W.; REEVES, D.W.; DUFIELD, R.R.; EDMISTEN, K.L. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 15, p. 487-500, 1992.

ZHANG, Y.P.; LIN, X.Y.; ZHANG, Y.S.; ZHENG, S.J.; DU, S.T. Effects of nitrogen levels and nitrate/ammonium ratios on oxalate concentrations of different forms in edible parts of spinach. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 28, p. 2011-2025, 2005.

ZHOU, Y.; ZHANG, Y.; WANG, X.; CUI, J.; XIA, X.; SHI, K. YU, J. Effects of nitrogen forms on growth,  $\text{CO}_2$  assimilation, chlorophyll fluorescence, and photosynthetic electron allocation in cucumber and rice plants. **Journal of Zhejiang University-Science B**, Hangzhou, v. 12, p. 126-134, 2011.