



**METABOLISMO DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNAS:
EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA
DESFOLHA NO CAPIM-MARANDU**

ANGEL AMARAL SEIXAS

2020



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**METABOLISMO DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNAS:
EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA
DESFOLHA NO CAPIM-MARANDU**

Autor: Angel Amaral Seixas
Orientadora: Prof^a. *D. Sc.* Daniela Deitos Fries

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Março de 2020

ANGEL AMARAL SEIXAS

**METABOLISMO DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNAS: EFEITO
DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA DESFOLHA NO CAPIM-
MARANDU**

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientadora: Prof^a. Dra. Daniela Deitos Fries

Co-orientador: Prof. Dr. Fabio Andrade Teixeira
Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Março de 2020

633.2 Seixas, Angel Amaral.
S464m Metabolismo de carboidratos e proteínas: efeito da adubação nitrogenada e da desfolha no capim-marandu. / Angel Amaral Seixas. – Itapetinga-BA: UESB, 2020.

129f.

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação da Profª. D.Sc. Daniela Deitos Fries e co-orientação do Prof. D.Sc. Fabio Andrade Teixeira.

1. Capim-marandu - Adubação nitrogenada. 2. Capim-marandu - produção.
3. *Brachiaria brizantha*. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Fries, Daniela Deitos. III. Teixeira, Fabio Andrade. IV. Título.

CDD(21): 633.2

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Capim-marandu - Adubação nitrogenada
2. Capim-marandu - produção
3. *Brachiaria brizantha*

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Metabolismo de carboidratos e proteínas: Efeito da adubação nitrogenada e da desfolha no capim-marandu".

Autor (a): Angel Amaral Seixas

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Daniela Deitos Fries

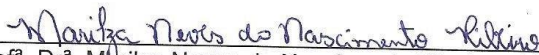
Co-orientador (a): Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

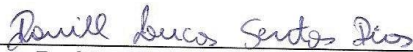
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



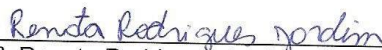
Prof^a. Dr^a. Daniela Deitos Fries – UESB
Orientadora



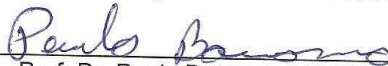
Prof^a. Dr^a. Marilza Neves do Nascimento Ribeiro – UEFS



Prof. Dr. Daniel Lucas Santos Dias – UEFS



Dr^a. Renata Rodrigues Jardim – PNP/UESB



Prof. Dr. Paulo Bonomo – UESB

Data de realização: 06 de março de 2020

*'A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original'.
(Albert Einstein)*

Aos meus pais, João e Marta, pelo apoio, incentivo, amor e força, saibam que essa conquista não seria possível se não fosse pelos ensinamentos que recebi. Muito obrigado por tudo.

Aos meus irmãos Samuel e João Henrique pela força e por sempre acreditarem em mim.

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado à oportunidade de chegar até aqui, por sempre me proteger e me dar forças para vencer meus desafios externos e internos. Obrigado Senhor, pela oportunidade de vencer mais essa caminhada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pela oportunidade de realização deste curso.

A professora e orientadora Dra. Daniela Deitos Fries, pela oportunidade e disponibilidade em me orientar, por acreditar no meu potencial, por todos os conhecimentos e pela amizade.

À Fundação de Amparo a pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu co-orientador, Dr. Fábio Andrade Teixeira, pelos ensinamentos e incentivo.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pelos conhecimentos.

Ao professor Dr. Paulo Bonomo pelo auxílio.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia Ecológica de Pastagens Junior Amaral, Abdias Figueiredo, Leliane Paiva, Adriane Pereira, Vanessa, Marcelo e Natan Teles;

Aos doutores e amigos Daniel Santos e Renata Rodrigues

Aos meus amigos da PPZ.

Aos amigos de república pela amizade e força.

É a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais essa etapa. Muito obrigado!

BIOGRAFIA

Angel Amaral Seixas, filho de João de Sá Seixas e Marta dos Anjos Amaral Seixas, nasceu na cidade de Itacarambi, Minas Gerais, no dia 02 de outubro de 1988.

Em fevereiro de 2009, iniciou o curso de Zootecnia, na Universidade Estadual de Montes Claros, finalizando-o em dezembro de 2013.

Em dezembro de 2013, foi aprovado na seleção de mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES.

Em março de 2014, iniciou o curso de mestrado em Zootecnia da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, sob a orientação do Professor Dr. Virgílio Mesquita Gomes, realizando estudos na área de forragicultura e pastagem. Em março de 2016, defendeu a presente dissertação.

Em dezembro de 2016, foi aprovado na seleção de doutorado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Em março de 2020, defendeu a presente tese.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
I. REFERENCIAL TEÓRICO	1
1.1. Introdução	1
1.2. <i>Brachiaria Brizantha</i> cv. Marandu	2
1.3. Nitrogênio em sistemas de pastagens	3
1.4. Proteínas de reserva	7
1.5. Carboidratos de reserva	8
1.6. Fracionamento bioquímico de proteínas	10
1.7. Referências Bibliográficas	13
II. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo geral....	18
2.2. Objetivos específicos	18
III. CAPÍTULO I – METABOLISMO DE CARBOIDRATOS, PROTEÍNAS E CLOROFILAS DO CAPIM-MARANDU SUBMETIDO À ADUBAÇÃO NITROGENADA E A DESFOLHA.	19
Resumo	19
Abstract	20
3.1. Introdução	21
3.2. Material e Métodos	22
3.2.1. Instalação do experimento	23
3.2.2. Avaliações.....	24
3.2.3. Clorofila <i>a</i> , <i>b</i> e totais.....	24
3.2.4. Fracionamento bioquímico de proteínas.....	25
3.2.5. Carboidratos (CHOs) solúveis	25
3.2.6. Amido	26
3.2.7. Estatística	26
3.3. Resultados e Discussão.....	27
3.3.1. Prolaminas.....	27
3.3.2. Albuminas.....	31
3.3.3. Globulinas.....	34
3.3.4. Glutelinas.....	37
3.3.5. Carboidratos solúveis (CHOs)	40
3.3.6. Amido.....	44
3.3.7. Clorofilas <i>a</i> , <i>b</i> e totais.	47
3.4. Conclusões	50
3.5. Referências Bibliográficas.....	51
IV. CAPÍTULO II – PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE PROTEÍNAS E CARBOIDRATOS NOS DIFERENTES ORGÃOS DO CAPIM-MARANDU SUBMETIDO À ADUBAÇÃO NITROGENADA E A DESFOLHA.	55

Resumo	55
Abstract.....	56
4.1. Introdução	57
4.2. Material e métodos.....	59
4.2.1. Instalação do experimento	59
4.2.2. Fracionamento de proteínas	60
4.2.3. Carboidratos (CHOs) solúveis	61
4.2.4. Amido.....	61
4.2.5. Estatística.....	61
4.3. Resultados e Discussão	62
4.4. Conclusões	77
4.5. Referências Bibliográficas	78
V. CAPÍTULO III – INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE A CAPACIDADE DE REBROTA DO CAPIM-MARANDU SUBMETIDO À DESFOLHA.....	81
Resumo	81
Abstract.....	82
5.1. Introdução	83
5.2. Material e Métodos	85
5.2.1. Instalação do experimento	85
5.2.2. Área foliar e índice de área foliar	86
5.2.3. Densidade populacional de perfilhos	86
5.2.4. Taxa de crescimento foliar e do pseudocolmo.....	87
5.2.5. Produção de massa seca.....	87
5.2.6. Estatística.....	88
5.3. Resultados e Discussão	89
5.3.1. Produção de massa seca de folha, pseudocolmo, parte aérea e raiz.	89
5.3.2. Área foliar e índice de área foliar	94
5.3.3. Taxa de crescimento foliar e do pseudocolmo.....	96
5.3.4. Densidade populacional e taxa de aparecimento de perfilhos	98
5.5. Conclusões	102
5.6. Referências Bibliográficas	103
VI. CAPÍTULO IV – FRAÇÕES PROTEICAS DO CAPIM-MARANDU SUBMETIDO À ADUBAÇÃO NITROGENADA E A DESFOLHA.	106
Resumo	106
Abstract.....	107
6.1. Introdução	108
6.2. Material e métodos.....	110
6.2.1. Instalação do experimento	110
6.2.2. Proteína bruta (PB) e frações proteicas.....	111
6.2.3. Estatística.....	112
6.3. Resultados e Discussão	113
6.3.1. Proteína bruta.....	113
6.3.2. Fração A.....	115
6.3.3. Fração B1+B2	118
6.3.4. Fração B3.....	121
6.3.5. Fração C.....	123
6.4. Conclusão.....	127
6.5. Referências Bibliográficas	128

LISTA DE TABELAS

	Página
Referencial Teórico	
Tabela 1. Extração de nitrogênio pelo capim-marandu em função da sua produtividade.....	4
Capítulo I	
Tabela 1. Concentração de prolaminas do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.	30
Tabela 2. Concentração de albuminas do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.	33
Tabela 3. Concentração de globulinas do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.	37
Tabela 4. Concentração de glutelinas do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.	39
Tabela 5. Concentração de carboidratos (CHOs) solúveis do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.	43
Tabela 6. Concentração de amido do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.	46
Tabela 7. Concentração de clorofila <i>a</i> , <i>b</i> e totais do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.	49
Capítulo III.	
Tabela 1. Produção de massa seca de folhas (PMSF), pseudocolmo (PMSPC), parte aérea (PMSPA) e da raiz (PMSR) do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada e diferentes cortes.	93
Tabela 2. Área foliar e índice de área foliar (IAF) do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada e diferentes cortes.	96
Tabela 3. Taxa de crescimento foliar e do pseudocolmo do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada e diferentes cortes.	98
Tabela 4. Densidade populacional de perfilhas (DPP) e taxa de aparecimento de perfilhos do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada e diferentes cortes...	100

Capítulo IV

Tabela 1. Proteína bruta (% na MS) de folhas e pseudocolmo do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.....	115
Tabela 2. Fração A (% da PB) do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.	117
Tabela 3. Fração B1+B2 (% da PB) do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.	120
Tabela 4. Fração B3 (% da PB) do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.	123
Tabela 5. Fração C (% da PB) do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.	125

LISTA DE FIGURAS

Páginas

Capítulo I

- Figura 1.** Concentração de prolaminas na folha, pseudocolmo e raízes do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes.. ... 27
- Figura 2.** Concentração de albumina na folha, pseudocolmo e raízes do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes.. 32
- Figura 3.** Concentração de globulina na folha, pseudocolmo e raízes do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes.. 35
- Figura 4.** Concentração de glutelina na folha, pseudocolmo e raízes do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes.. 38
- Figura 5.** Concentração de carboidratos (CHOs) solúveis na folha, pseudocolmo e raízes do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes..... 41
- Figura 6.** Concentração de amido do pseudocolmo e raiz do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes.. 45
- Figura 7.** Concentração de clorofila *a*, *b* e totais do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes..... 47

Capítulo II

- Figura 1.** Concentração de prolaminas do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em reposta a adubação nitrogenada..... 62
- Figura 2.** Concentração de albuminas do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em reposta a adubação nitrogenada..... 65
- Figura 3.** Concentração de globulinas do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em reposta a adubação nitrogenada..... 68
- Figura 4.** Concentração de glutelinas do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em reposta a adubação nitrogenada. 70
- Figura 5.** Concentração de carboidratos (CHOs) solúveis do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em reposta a adubação nitrogenada..... 72
- Figura 6.** Produção total de amido do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em reposta a adubação nitrogenada. 75

Capítulo III

- Figura 1.** Produção de massa seca (MS) de folha (A), pseudocolmo (B), parte aérea (C) e raiz do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes..... 89
- Figura 2.** Área foliar (A) e índice de área foliar (B) do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes..... 95
- Figura 3.** Taxa de crescimento foliar (A) e do pseudocolmo (B) do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes.. 97
- Figura 4.** Densidade populacional de perfilhos (DPP) (A) e taxa de aparecimento de perfilhos (B) do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes..... 99

Capítulo IV

- Figura 1.** Teor de proteína bruta (PB) na folha (A) e pseudocolmo (B) do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes.. . 113
- Figura 2.** Fração A (% da PB) na folha (A) e pseudocolmo (B) do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes. 116
- Figura 3.** Fração B1+B2 (% da PB) na folha (A) e pseudocolmo (B) do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes.. 119
- Figura 4.** Fração B3 (% da PB) na folha (A) e pseudocolmo (B) do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes.. 121
- Figura 5.** Fração C (% da PB) na folha (A) e pseudocolmo (B) do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes.. 124

RESUMO GERAL

SEIXAS, Angel Amaral. **Metabolismo de carboidratos e proteínas: Efeito da adubação nitrogenada e da desfolha no capim-marandu.** Itapetinga, BA: UESB, 2020. 129 p. Tese. (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes). *

Objetivou-se, com essa pesquisa, avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da desfolha sobre o metabolismo de carboidratos, proteínas, clorofilas e sua influência sobre a produtividade do capim-marandu. O estudo foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, campus de Itapetinga – BA. O ensaio foi conduzido em esquema fatorial 4x3, sendo quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹) na forma de ureia e três ciclos de corte (1, 2 e 3 cortes), disposto em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 48 vasos plásticos com capacidade de 12 litros, os quais foram preenchidos com 9 dm⁻³ de solo. Utilizou-se quatro plantas por vaso de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Foram avaliadas a concentração, produção e distribuição das frações proteicas (prolaminas, albuminas, globulinas e glutelinas), carboidratos solúveis em folhas, pseudocolmo e raízes, bem como de amido no pseudocolmo e nas raízes. Nas folhas foi avaliado o teor de clorofilas *a*, *b* e totais. Foi mensurada também, a produção de massa seca de folha, pseudocolmo, raiz, área foliar, índice de área foliar, taxa de crescimento foliar e do pseudocolmo, taxa de aparecimento de perfilhos e densidade populacional de perfilhos. Além dos teores de proteína bruta e frações proteicas (A, B1+B2, B3 e C) das folhas e do pseudocolmo. A adubação nitrogenada aumentou a concentração das frações proteicas (prolaminas, albuminas, globulinas e glutelinas), carboidratos, clorofilas, a taxa de crescimento e a produção de massa seca, além das frações proteicas de rápida e intermediária degradação. Após cortes sucessivos, os teores proteicos diminuem, indicando que a planta absorve e armazena o nitrogênio disponível no solo para ser utilizado posteriormente conforme a necessidade, elevando os teores de amido, carboidratos solúveis e de raízes. A adubação nitrogenada até a dose de 225 kg de N ha⁻¹ mostrou-se eficiente na elevação dos teores das frações de proteínas, carboidratos solúveis, amido e clorofilas no capim-marandu. Além de, elevar a capacidade de rebrota a partir da formação de proteínas de reserva, que foram mobilizadas auxiliando na rápida recuperação durante a rebrota.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, cortes, nitrogênio, produção, reservas

* Orientadora: Daniela Deitos Fries, D.Sc. UESB e Co-orientador: Fábio Andrade Teixeira, D.Sc. UESB, Aureliano José Vieira Pires, D.Sc. UESB.

GENERAL ABSTRACT

SEIXAS, Angel Amaral. **Carbohydrate and protein metabolism: Effect of nitrogen fertilization and defoliation on marandu grass.** Itapetinga, BA: UESB, 2020. 129 p. Thesis. (PhD in Zootechnics, Ruminant Production Concentration Area). *

The intent of this research was to evaluate the effect of nitrogen fertilization and defoliation on the metabolism of carbohydrates, proteins, chlorophylls and their influence on the productivity of marandu grass. The study was conducted at the State University of Southwest Bahia - UESB, campus of Itapetinga - BA. The trial was conducted in a 4 x 3 factorial scheme, with four doses of nitrogen (0, 75, 150 and 225 kg of N ha⁻¹) and three cutting cycles with 28-day intervals (1, 2 and 3 cuts), arranged in a completely randomized design, with four replications, totaling 48 plastic pots with a capacity of 12 liters, which were filled with 9 dm⁻³ of soil. Four plants were used per pot of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The concentration, production and distribution of protein fractions (prolamins, albumin, globulins and glutellins), soluble carbohydrates in leaves, pseudo-stock and roots, as well, as starch in pseud stock and roots were evaluated. The leaves content of chlorophylls a, b and leaf totals were evaluated. It was also measured the production of dry leaf mass, pseudo-stock, root, leaf area, leaf area index, leaf and pseudo-stock growth rate, tiller appearance rate and tiller population density. In addition to the crude protein content and protein fractions (A, B1 + B2, B3 and C) of the leaves and pseudo-Stockholm. Nitrogen fertilization increased the concentration of protein fractions (prolamins, albumins, globulins and glutellins), carbohydrates, chlorophylls, the growth rate and the production of dry mass, in addition to the protein fractions of rapid and intermediate degradation. After successive cuts, protein levels decrease, indicating that the plant absorbs and stores the nitrogen available in the soil to be used later as needed, increasing the levels of starch, soluble carbohydrates and roots. Nitrogen fertilization up to a dose of 225 kg of N ha⁻¹ proved to be effective in increasing the levels of protein fractions, soluble carbohydrates, starch and chlorophylls in marandu grass. In addition, to increase the regrowth capacity from the formation of reserve proteins, which were mobilized to assist in rapid recovery during regrowth.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, cuts, nitrogen, production, reserv

* Advisor: Daniela Deitos Fries, D.Sc. UESB and Co-advisor: Fábio Andrade Teixeira, D.Sc. UESB, Aureliano José Vieira Pires, D.Sc. UESB,

I. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Introdução

A pecuária brasileira é baseada, principalmente, na criação e produção de bovinos a pasto, devido à vasta extensão territorial e das condições climáticas favoráveis para o cultivo de gramíneas tropicais, resultando em menores custos de produção (Carvalho et al., 2009). Considerando os dados apresentados pelo Lapig (2017), no Brasil existem em torno de 167 milhões de hectares de pastagens nativas e/ou cultivadas, dos quais cerca de 70 milhões apresentam algum grau de degradação.

Os principais fatores de degradação em pastagens no Brasil têm sido relacionados ao manejo inadequado e a baixa disponibilidade de nutrientes no solo (Peron & Evangelista, 2004). No manejo, a frequência e a intensidade do pastejo têm sido indicadas como fatores importantes na persistência de gramíneas (Meirelles, 1993). O pastejo e/ou desfolha promove a remoção da área foliar fotossintetizante da planta, resultando em balanço energético negativo, proporcionada pelas altas taxas de respiração dos tecidos remanescentes, levando à mobilização e utilização das reservas orgânicas, que ao ser submetido à constante frequência e intensidade de desfolha são reduzidas, podendo resultar em baixa capacidade de rebrota e/ou a morte da planta (Lemaire & Chapman, 1996).

As reservas orgânicas são formadas por compostos de carbono e nitrogênio armazenados em órgãos permanentes como base do colmo e raízes. A capacidade de armazenamento destes compostos está diretamente relacionada com a sua assimilação pela planta. De acordo com Spitareli et al. (1994) plantas com maiores quantidades de folhas verdes e, conseqüentemente, maior quantidade de tecido fotossintetizante, apresentam maior formação de carboidratos, que em excesso podem ser translocados para serem armazenados como reserva. As proteínas de reserva são compostos formados por nitrogênio, sendo caracterizados por proteínas, aminoácidos ou pequenos peptídeos em maiores quantidades em órgãos de reserva (Volenc et al., 1996).

As proteínas de reserva são formadas no período precedente a desfolha, isso porque, após serem submetidas à desfolha, as gramíneas apresentam redução da

capacidade de absorção e conversão de nitrogênio inorgânico do solo, proporcionado pela redução do gasto de energia em um momento de déficit energético na planta (Gastal & Saugier, 1989). Assim, a quantidade e mobilização de proteínas de reserva ficam condicionadas a quantidade de nitrogênio assimilado no período precedente a desfolha. Segundo Gloser et al. (2007), plantas submetidas a adubação nitrogenada apresentam maiores teores de proteínas e aminoácidos nas raízes, que reduziram após a desfolha, resultando em maior capacidade de rebrota.

Contudo, ainda são inconclusivos trabalhos que evidenciem o maior grau de importância destes compostos em gramíneas tropicais. Avice et al. (1996) ao avaliarem a mobilização de carbono e nitrogênio em plantas forrageiras de clima temperado e subtropical, verificaram maior mobilização de compostos de nitrogênio (proteínas de reserva) em situações de desfolha severa, em comparação aos carboidratos de reserva. Todavia, a mobilização das reservas de nitrogênio foi mais significativa nos primeiros 14 dias de rebrota, diferente do carbono que foi utilizado durante maior período (30 dias).

Diferente dos carboidratos, as proteínas possuem funções multifacetadas nas plantas o que prejudica a caracterização das proteínas envolvidas durante o processo de rebrota. Segundo Volenec et al. (1996) plantas submetidas a desfolha apresentam alta atividade proteolítica, com redução da concentração de proteínas em raízes e base do colmo. A classificação e caracterização das funções das proteínas e carboidratos em gramíneas tropicais pode ser uma ferramenta importante no entendimento dos processos de mobilização de compostos de reserva e sua influência sobre a capacidade de rebrota.

1.2. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

O gênero *Brachiaria* tem sua origem na África tropical e do Sul, sendo introduzida oficialmente no Brasil em 1952 pelo instituto de Pesquisas Agropecuárias do Norte (IPEAN) em Belém, PA (Fonseca & Martuscello, 2010). Dentre as braquiárias, a *Brachiaria brizantha* cv Marandu (Capim-marandu) ao longo dos anos adquiriu grande expressividade nas áreas de pastagens cultivadas no Brasil, chegando a representar segundo Abrasem (2015) em torno de 62% da comercialização de sementes forrageiras no mercado nacional e 38% da exportação, com área cultivada estimada em 53,2 milhões de hectares.

É uma planta perene, cespitosa e robusta, apresenta sistema radicular profundo e vigoroso. Sua altura pode variar de 1,5 a 2,5 metros, com produção de perfilhos eretos. Apresenta bainhas pilosas e lâminas foliares pilosas na parte ventral e glabras na face dorsal. Sua inflorescência pode chegar até 40 cm de comprimento apresentando de 4 a 6 racemos (Valls & Sendulsky, 1984). Tem sido indicado para pastejo quanto para o consórcio com leguminosas. É bastante difundida em regiões com precipitação variando entre 800 a 1200 mm ao ano, com boa tolerância ao sombreamento e ao fogo, porém apresenta baixa tolerância a solos encharcados (Santos et al., 2006).

O grande destaque do capim-marandu na formação de pastagens está ligado à sua tolerância aos solos de média fertilidade e a cigarrinha das pastagens, além do seu satisfatório valor nutritivo, podendo chegar a 11% de PB e 64% de FDN nas águas e por apresentar elevada produtividade, com produção média de 9,0 t ha⁻¹ ano de massa seca (MS), podendo variar principalmente em resposta à adubação nitrogenada, chegando a produzir até 24,9 t ha⁻¹ ano de massa seca irrigada e com adubação de até 1,064 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Dupas et al., 2010).

1.3. Nitrogênio em sistemas de pastagens

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais importantes no processo de crescimento e persistência de gramíneas cultivadas (Werner, 1986), principalmente, por ser constituinte de aminoácidos e proteínas que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos que compreendem a estrutura vegetal (Taiz et al., 2017). Sua importância se deve às várias funções vitais que exercem dentro dos processos fisiológicos da planta, dentre elas a síntese de aminoácidos (proteínas), enzimas, ácidos nucleicos, clorofilas e outros compostos contendo nitrogênio (Marschner, 1995).

O nitrogênio inorgânico presente no solo que é absorvido pela raiz é reduzido nas folhas e/ou raízes, primeiramente pela ação da enzima redutase do nitrato, localizada no citoplasma. Esta enzima é a principal porta de entrada de N no metabolismo vegetal. O dióxido de nitrogênio (NO₂⁻) formado é então reduzido a amônio (NH₄⁺) pela enzima redutase do nitrito, localizada nos cloroplastos das folhas e nos plastídios nas raízes. O NH₄⁺ é rapidamente assimilado na forma orgânica pela enzima sintetase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT), formando glutamina (GLN), glutamato (GLU) e outros aminoácidos (Sodek, 2004).

As gramíneas extraem o nitrogênio, preponderantemente dos processos de mineralização da matéria orgânica do solo e/ou de fertilizantes nitrogenados, quanto maior a sua produção maior ser a extração de nitrogênio (Figura 1).

Tabela 1. Extração de nitrogênio pelo capim-marandu em função da sua produtividade.

Produtividade massa seca (kg ha⁻¹)	Extração (kg ha⁻¹)
1.889	27
6.650	112
9.539	181
12.328	282

Fonte: Adaptado de Primavesi et al. (2006).

Parte substancial do nitrogênio absorvido pelas plantas encontra-se associadas com enzimas fotossintetizantes. Do total de proteínas solúveis encontradas em plantas C₄, cerca de 10 a 25% são formadas pela enzima Rubisco e outros 10% pela PEP-carboxilase, podendo chegar até 50% de Rubisco em plantas C₃ (Pimentel, 1998).

O nitrogênio também tem atuação direta na formação dos pigmentos fotossintéticos (clorofilas) presentes no cloroplasto das folhas e outros tecidos vegetais, que atuam nos processos de captação e conversão de energia luminosa em energia química durante a fotossíntese (Pimentel, 1998). O aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo favorece o aumento da formação de clorofilas, em consequência, aumento da atividade fotossintética em gramíneas (Costa et al., 2008).

Relação verificada por Costa et al. (2008) que observaram aumento de 30% na concentração de clorofilas em lâminas foliares do capim-marandu com aumento da disponibilidade de nitrogênio em até 300 kg ha⁻¹, influenciando positivamente a fotossíntese e em consequência a taxa de crescimento.

A taxa de crescimento e o fluxo de carbono (C) em pastagens tem relação direta com a disponibilidade, absorção e a distribuição de nitrogênio entre os órgãos da planta (Gastal & Durand, 2000). Contudo, o requerimento de nitrogênio pelas gramíneas começa a declinar ao sentido que a planta se desenvolve e torna-se maior, devido ao fato das gramíneas remobilizarem o nitrogênio interno para seu crescimento, aliado a um investimento suplementar de nitrogênio nos tecidos de suporte (Gastal & Durand, 2000).

Segundo Lemaire & Culleton (1989) aproximadamente 75% do nitrogênio que está presente nas folhas mais velhas são remobilizados e reciclados na própria planta, sendo perdido apenas 25%, retornando ao solo através dos processos de senescência foliar.

Porém, de acordo com Gastal & Saugier (1989) a absorção de nitrogênio pelas plantas está sob o controle do suprimento de carbono e pelo consumo de nitrogênio pelas vias meristemáticas ou de reserva da planta, assim qualquer variação do suprimento de carbono, especialmente, em resposta a redução da área foliar fotossintética, resultaria em alterações proporcionais na absorção de nitrogênio.

Em pastagens mantidas sob lotação intermitente, as gramíneas são submetidas a grandes variações no suprimento de carbono, influenciadas por sucessivos períodos de baixa área foliar, intercalados com períodos de alta área foliar. Resposta semelhante vai ocorrer na absorção de nitrogênio, com períodos de altas taxas de absorção e acúmulo de reservas, com períodos de baixa absorção e mobilização de reservas (Lemaire, 1997).

Segundo Lemaire (1997) desfolhações mais frequentes e severas podem reduzir a taxa de senescência foliar, aumentando assim a dependência de fontes externas de nitrogênio. Contudo, a capacidade de absorção de nitrogênio nesses sistemas pode ser reduzida por causa da variação no suprimento de carbono, levando a planta a depender da remobilização interna de nitrogênio.

Segundo Moreno & Garcia-Martinez (1983) o nitrogênio encontrado em transporte pelo xilema pode não ser oriundo exclusivamente das raízes, pois as reservas de nitrogênio podem ser mobilizadas pelos diferentes órgãos da planta, tais como: colmos e raízes (Moreno & Garcia-Martinez, 1983). A mobilização de nitrogênio depende, principalmente, da concentração na planta, pois grande parte é oriunda da quebra de estruturas proteicas que foram formadas e acumuladas em diferentes partes da planta durante o seu desenvolvimento (Bewley, 1997).

A concentração destas estruturas proteicas pode variar em função da disponibilidade e absorção de nitrogênio. Costa et al. (2008) ao avaliarem o efeito da nutrição nitrogenada com diferentes fontes e doses de nitrogênio observaram aumento de 48% da concentração de nitrogênio e 35% das clorofilas nas lâminas foliares com 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, independente da sua fonte.

Costa et al. (2010) ao avaliarem o efeito de diferentes doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹) sobre o teor de proteína bruta do capim-marandu,

observaram aumento de 54% no teor de proteína da planta inteira com 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, com maior teor estimado de 17,33%. Segundo Magalhães et al. (2012) a adubação nitrogenada tem efeito significativo sobre o teor de proteína bruta no colmo do capim-andropogon, no qual pode se observar aumento de 32,8% com 800 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Nas raízes, o efeito positivo sobre a concentração de nitrogênio em resposta a adubação nitrogenada foi verificada por Batista & Monteiro (2006) que observaram aumento de 92% da concentração de N nas raízes do capim-marandu com 462 mg L⁻¹ de N em solução nutritiva.

O fracionamento proteico foi definido como meio de melhor caracterizar os componentes de um alimento e sua relação com a degradação ruminal. Sniffen et al. (1992) sugeriram que os compostos nitrogenados fossem sub fracionados nas frações A (fração solúvel-NNP), B₁ (fração rapidamente degradada no rúmen), B₂ (fração insolúvel, com taxa de degradação intermediária no rúmen), B₃ (fração insolúvel lentamente degradada no rúmen) e C (fração insolúvel no rúmen e indigestível no trato gastrintestinal).

A adubação nitrogenada pode causar variação nas frações proteicas presentes nas plantas. Silva et al. (2009) ao avaliarem o efeito da adubação nitrogenada e de alturas de corte sobre o fracionamento de proteína do capim-mombaça, observaram que a adubação com 500 kg ha⁻¹ de N proporcionou redução de 25% e 12% da fração A e B₂ e aumento de 19% da fração B₃, respectivamente. Os autores observaram maior concentração das frações A (34,14% da PB) e B₃ (37,23% da PB) em comparação as demais frações B₁ (2,77%), B₂ (22,59%) e C (10,96%).

Como o nitrogênio é, geralmente, o fator mais limitante para o crescimento vegetal, a estocagem de nitrogênio na planta é de grande importância para a sua sobrevivência e produtividade, especialmente em plantas perenes, que podem armazenar nitrogênio durante determinado período na forma de proteínas e aminoácidos de reserva, para suportar o crescimento de novas folhas, antes ou ao mesmo tempo em que ocorra a assimilação de nitrogênio pela raiz, com as novas folhas atuando como principais drenos (Frak et al., 2002).

Ourry et al. (1994) tem demonstrado a importância das reservas de nitrogênio nos processos de mobilização de reservas para o crescimento de plantas submetidas a desfolhação, mostrando que, a taxa de crescimento da planta ao ser submetida à

desfolha severa, depende diretamente das reservas de nitrogênio estocadas durante o período de crescimento precedente.

1.4. Proteínas de reserva

A concentração de nitrogênio nas plantas pode variar de 15 a 50 g kg⁻¹ de massa seca, em que cerca de 80 a 90% desse teor corresponde somente ao nitrogênio presente na forma de proteína (Novoa & Loomis, 1981; Taiz & Zieger, 1998; Mengel & Kirby, 2001).

Dentre as várias funções e importância das proteínas na fisiologia vegetal, a utilização de proteínas de reserva como fonte de nitrogênio para os processos de restabelecimento após a desfolha, principalmente, em plantas forrageiras, somente foram publicadas na metade da década de 90, estimulando discussões acerca do grau de importância dos carboidratos de reserva e das proteínas, sobre a recuperação de plantas forrageiras após serem submetidas à desfolha (Ourry et al., 1993; Avice et al., 1996).

Ourry et al. (1994) ressaltaram a importância das proteínas de reserva como fonte de nitrogênio para a recuperação das plantas após a desfolha, demonstrando que os carboidratos de reserva assumiriam importância secundária durante o processo de rebrota.

Entretanto, ainda são escassos e inconclusivos os trabalhos que evidenciem o comportamento da mobilização de nitrogênio oriundo de proteínas de reservas em plantas forrageiras tropicais em regimes de desfolha frequente, principalmente, devido ao enfoque distinto daquele necessário para melhor compreensão da resposta fisiológica da planta em sistemas de pastejo intermitente (Soares Filho, 1991).

Avice et al. (1996) estabeleceram maior compreensão da mobilização de carbono e nitrogênio em plantas forrageiras de clima temperado e sub-tropical, obtendo resultados mais consistentes. Um dos pontos observados pelos autores é a maior mobilização de nitrogênio oriundo de compostos nitrogenados de reserva em raízes e colmos em situações de desfolha severa, em comparação aos carboidratos de reserva em gramíneas e leguminosas. Porém, os autores ressaltam a importância da disponibilidade de carbono em sincronia com o nitrogênio. Em plantas forrageiras entre 14,5 a 58% do carbono mobilizado para rebrota está ligada as reservas de nitrogênio (Avice et al., 1996).

Todavia, a mobilização das reservas de nitrogênio segundo Avice et al. (1996) foi mais significativa nos primeiros 14 dias de rebrota, diferente do carbono que foi utilizado durante maior período (30 dias).

Ourry et al. (1994) caracterizaram as frações nitrogenadas de reservas exclusivamente como as proteínas e aminoácidos. Essa resposta se deve ao fato de que as plantas priorizam o uso de esqueletos ou compostos orgânicos (aminoácidos e proteínas) já sintetizados para a formação de novos tecidos, em relação a fontes inorgânicas, aos quais dependeriam de ser incorporado, processo esse que geraria maior gasto de energia em um momento de recuperação foliar (Ourry et al., 1994).

Segundo Volenec et al. (1996) plantas submetidas à desfolha, apresentam um aumento significativo na atividade de enzimas proteolíticas (proteases) durante o processo de rebrota, além de uma redução nos teores de proteínas solúveis em órgãos de reserva, aumentando a concentração e translocação de aminoácidos para zonas meristemáticas, auxiliando nos processos de formação de novos tecidos.

Não obstante, grande parte dos estudos que avalia a concentração de proteínas de reserva apresentam teores relativos, o que dificulta o entendimento da influência dessas proteínas sobre os processos de recuperação foliar, principalmente, em plantas forrageiras em condições tropicais.

1.5. Carboidratos de reserva

A formação de reservas também é caracterizada pela deposição de carbono e/ou compostos oriundos deste elemento, em organelas de armazenamento, tais como vacúolo e/ou amiloplasto (Thornton et al., 2000). O acúmulo de reservas de carbono ocorre, quando há excedente de carboidratos produzidos pelo processo fotossintético em relação ao que é requerido para o crescimento e manutenção dos tecidos da planta (Lemaire & Chapman, 1997).

Segundo Sheard (1973) as plantas armazenam compostos de reserva em órgãos permanentes ou em órgãos de reprodução vegetativa, tais como raízes, rizomas, estolões, base do colmo e sementes. Em plantas forrageiras perenes, a mobilização das reservas tem sido amplamente ligada à recuperação da planta após ser submetida à desfolha.

O carbono armazenado nos órgãos de reserva é classificado no geral, como carboidratos não estruturais como monossacarídeos (glicose e frutose), oligossacarídeos

(maltose e sacarose) e polissacarídeos (amido e frutanas) (Smith, 1973). Os tipos de carboidratos presente em gramíneas podem se diferenciar, principalmente, quando comparamos gramíneas de clima temperado (acumulam sacarose e frutanas) e de clima tropical (armazenam amido e sacarose) (May, 1960; Smith et al., 1964).

Na literatura, pode ser observada grande variação nos teores de carboidratos não estruturais em gramíneas forrageiras (10 a 180 g kg⁻¹ de massa seca (MS)). Essa variação também é observada quando comparada entre gramíneas de clima temperado (60 a 180 g kg⁻¹ de MS) e de clima tropical (10 a 140 g kg⁻¹ de MS) (Gross, 1988; Carvalho et al., 2001). Essa concentração pode variar em função de diversos fatores como período de acúmulo, disponibilidade de nutrientes, intensidade e frequência de desfolha e condições ambientais (May, 1960).

A maioria dos trabalhos que avaliam a concentração de carboidratos de reserva em gramíneas se baseia, sobretudo, na quantificação de carboidratos não estruturais (Thornton et al., 2000; Gomide et al., 2002). Todavia, como citado anteriormente, às gramíneas de clima tropical armazenam carboidratos, na forma de amido que é um polissacarídeo insolúvel em água devido à presença da amilopectina, prejudicando assim melhor compreensão da mobilização dessas reservas (Smith, 1973).

O amido é o principal carboidrato de reserva em capins tropicais, subtropicais e das leguminosas (Bender & Smith, 1973). Tem características positivas que o torna bem adaptado à função de reserva, devido ao fato de que podem ser mobilizados por hidrólise ou por processos que envolvem a fosforilação direta de resíduos de glicose terminais (Buckeridge et al., 2000).

A influência sobre a disponibilidade e acúmulo de carboidratos de reserva em gramíneas, ao ser submetido à desfolha, tem sido abordada ao longo dos anos como essencial para sua recuperação foliar (Gomide et al., 2002; Rodrigues et al., 2007; Lee et al., 2015). Devido ao fato de que os carboidratos de reserva funcionam como fonte de energia e esqueletos de carbono para o desenvolvimento de novos perfilhos, além da manutenção e respiração das raízes logo após ser submetido à desfolha (May, 1960).

Contudo, ainda existem controvérsias sobre os efeitos dos carboidratos de reserva durante a rebrota devido há alguns fatores como, a utilização de carboidratos não estruturais solúveis em água, para quantificar reservas sem a mensuração do amido. Além de estudos que avaliem a influência de diferentes intensidade e frequência de desfolha sobre a formação e utilização das reservas de carbono e nitrogênio sobre o

restabelecimento foliar em gramíneas tropicais (May, 1960; Ourry et al., 1994; Avice et al., 1997).

Segundo Wilson (1975) o acúmulo de carboidratos não estruturais tanto nas raízes quanto na base do colmo está relacionado com a produção de folhas, que por si, está relacionada com a disponibilidade de nutriente, especialmente, o nitrogênio. A redução frequente na quantidade de folhas em gramíneas e da disponibilidade de nitrogênio no solo prejudica a assimilação, formação e acúmulo de proteínas reservas.

1.6. Fracionamento bioquímico de proteínas

As proteínas apresentam importantes funções na planta dentre elas à formação de estruturas, enzimas, hormônios, além de participarem no transporte de moléculas e atuam também como reserva de nitrogênio e carbono. As proteínas são classificadas quanto a sua composição, solubilidade, número de cadeias polipeptídicas e sua forma (Azcon-bieto & Talon, 1993; Osborne, 1924).

Segundo Osborne as proteínas podem ser classificadas de acordo com a solubilidade graças á capacidade de determinados grupos de proteínas em se solubilizarem em determinadas soluções (Osborne, 1924). Por exemplo, as albuminas são proteínas solúveis em água e desnaturadas em altas temperaturas, já as globulinas são solúveis em soluções salinas, diferentes das prolaminas solúveis em álcool e as glutelinas solúveis em soluções básicas (Osborne, 1924).

As metodologias de extração dessas frações podem variar, preferencialmente, em relação à concentração da solução usada para a extração, ao tempo de extração e a forma de quantificação destas frações. Essa variação está relacionada principalmente ao tipo de amostra, forma ao qual a amostra se encontra e a estrutura para extração das frações (Pinto et al., 2005; Helm et al., 2004).

A classificação das proteínas de acordo com sua solubilidade, geralmente é utilizada para avaliar os tipos de proteína presentes em sementes e/ou cereais, sendo definidas como proteínas de reserva, pois atuam nos processos metabólicos de formação inicial da planta (Bewley & Black, 1994; Osborne, 1924).

Em grãos as albuminas e globulinas são denominadas proteínas citoplasmáticas, com funções metabólicas e estruturais, podendo variar de 3 a 5% e 10 a 20% da proteína total, respectivamente. As prolaminas são as principais proteínas de reserva com cerca de 50% do conteúdo total de proteínas, com exceção do arroz e aveia que apresentam

cerca de 10% desta fração. As glutelinas são estruturalmente semelhantes às prolaminas, contudo não são solúveis em álcool e podem variar de 35 a 45% da proteína total (Linko et al., 1989; Shewry & Halford, 2002).

As prolaminas são encontradas apenas nos cereais e algumas gramíneas, sendo que no trigo essa fração de proteínas é chamada de gliadina (Wong, 1995). As gliadinas e gluteninas são as proteínas de grande interesse industrial e correspondem a cerca de 80% das proteínas do trigo, nas plantas podem ser caracterizadas como proteínas de reserva (Wong, 1995).

A maioria dessas proteínas tem função de prover nitrogênio e de estimular os processos de germinação e estágios primários de crescimento das plântulas, sua natureza é geneticamente programada, mas sua taxa de acúmulo depende da disponibilidade de nutrientes, sendo considerado um dreno do nitrogênio excedente disponível (Gallardo et al., 2008).

A mobilização das proteínas de reserva durante o processo de germinação e crescimento das plântulas, dá-se pela necessidade de suprir aminoácidos requeridos para o seu desenvolvimento, atuando de forma diversificada, sendo utilizadas para formação estrutural, nutritiva e enzimática, além de atuarem em mecanismos de transporte, de defesa ou como reguladoras de processos fisiológicos (Henning et al., 2010).

As concentrações destas proteínas nas sementes das plantas podem variar em função da espécie, nas eudicotiledôneas, as albuminas são as mais comuns, diferente das leguminosas na qual predomina as globulinas, já nos cereais, há predominância das prolaminas, todavia no trigo as glutelinas são observadas em maior concentração (Bewley & Black, 1994). As albuminas e globulinas são armazenadas em vacúolos de estocagem de proteínas, já as prolaminas e glutelinas são armazenadas em organelas denominadas corpos proteicos (Bewley & Black, 1994).

A mobilização dessas proteínas envolve diferentes enzimas que são ativadas ou sintetizadas para atuarem nos processos de degradação das biomoléculas de reserva, sendo transportados para o eixo embrionário, sendo regulada por duas hipóteses: uma pela indução hormonal, na qual o eixo embrionário sintetiza hormônios que vão regular a atividade das enzimas e a outra, que está ligada a relação fonte-dreno em que o eixo embrionário funcionaria como dreno consumindo os produtos da mobilização das reservas (Bewley & Black, 1994).

Porém, poucos estudos consideram a utilização da classificação das proteínas em função da sua solubilidade, como metodologia para classificação das proteínas em plantas forrageiras submetida a processos de desfolha e sua real importância nos processos de restabelecimento da condição fisiológica após a desfolha.

1.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS (ABRASEM). **Anuário Abrasem 2015**. Pelotas: Becker & Peske, 2015.

AVICE, J. C.; OURRY, A.; LEMAIRE, G.; BOUCAUD, J. Nitrogen and carbon flows estimated by ¹⁵N and ¹³C pulse-chase labeling during regrowth of alfalfa. **Plant Physiology**, v. 112, n. 1, p. 281-290, 1996.

AVICE, J. C.; OURRY, A.; LEMAIRE, G.; VOLENEC, J. J.; BOUCAUD, J. Root protein and vegetative storage protein are key organic nutrients alfalfa shoot regrowth. **Crop Science**, v. 37, p. 1187-1193, 1997.

AZCON-BIETO, J.; TALON, M. **Fisiologia y bioquímica vegetal**. México: Editora interamericana-Mc Graw-Hill, 1993. 581 p.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Sistema radicular do capim-Marandu, considerando as combinações de doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.30, n.5, pp.821-828, 2006.

BENDER, M. M.; SMITH, D. Classification of starch and fructosan- accumulating grasses as C-3 or C-4 species by carbon isotope analysis. **Journal of the British Grassland Society**, v. 28, p. 97-100, 1973.

BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **Plant Cell**, v. 9, n. 7, p. 1055-1066, 1997.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BUCKERIDGE, M. S., SANTOS, H. P.; TINÉ, M. A. S. Mobilization of storage cell wall polysaccharides in seeds. **Plant Physiology and Biochemistry**, vol. 38, p. 141-156, 2000.

CARVALHO, T. B. de; ZEN, S. de; TAVARES, E. C. N. Comparação de custo de produção na atividade de pecuária de engorda nos principais países produtores de carne bovina. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47, 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER, 2009.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1, p.192-199, 2010.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, J. L.; RODRIGUES, R.B. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. II - Nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n. 4, p.1601-1607, 2008.

DUPAS, E.; BUZETTI, S.; SARTO, A. L.; HERNANDEZ, F. B. T.; BERGAMASCHINE, A. F. Dry matter yield and nutritional value of Marandu grass

under nitrogen fertilization and irrigation in cerrado in São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2598-2603, 2010.

FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas Forrageiras**, Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2010. 537 p.

FRAK, E.; MILLARD, P.; LEROUX, X.; GUILLAUMIE, S.; WENDLER, R. Coupling sap flow velocity and amino acid concentrations as an alternative method to ¹⁵N labeling for quantifying nitrogen remobilization by walnut trees. **Plant Physiology**, v. 130, p. 1043–1053, 2002.

GALLARDO, K.; THOMPSON, R.; BURSTIN, J. Reserve accumulation in legume seeds. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, p. 755-762. 2008.

GASTAL, F.; SAUGIER, B. Relationship between nitrogen uptake and carbon assimilation in whole plants of tall fescue. **Plant Cell Environ**, v. 12, p. 407–418, 1989.

GASTAL, F.; DURAND, J. L. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated swards. In: LEMAIRE et al. (Ed.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. CABI International, Wallingford, UK, 2000, p. 15-40.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C. Fotossíntese, Reservas Orgânicas e Rebrotas do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) sob Diferentes Intensidades de Desfolha do Perfilho Principal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2165-2175, 2002.

GLOSER, V.; KOŠVANCOVÁ, M.; GLOSER, J.; Regrowth dynamics of *Calamagrostis epigejos* after defoliation as affected by nitrogen availability. **Biologia Plantarum**. Vol. 51, n.3, 501–506, 2007.

GROSS, C. D. **Efeitos do desfolhamento sobre os níveis das frações nitrogenadas, carboidratos e fenóis solúveis em raízes de braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf)**. 1988. 97p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

HELM, C. V.; DE FRANCISCO, A.; GAZIOLA, S. A.; FORNAZIER, R. F.; POMPEU, G. B. AZEVEDO, R. A. Hull-less barley varieties: storage proteins and amino acid distribution in relation to nutritional quality. **Food Biotechnology**, v. 18, n. 3, p. 327-341, 2004.

HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JUNIOR, E. A. J.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, p. 727-734, 2010.

LABORATÓRIO, DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO–LAPIG. **Atlas Digital das Pastagens Brasileiras**. Universidade Federal de Goiás (UFG). Disponível em: <https://maps.lapig.iesa.ufg.br/?layers=pa_br_areas_pastagens_250_2015_lapig> Acesso em: 10 Dezembro de 2019.

LEE, J. M.; MINNEE, E. M.; CLARK, C. E. Patterns in non-structural carbohydrate and nitrogen reserves in chicory (*Cichorium intybus* L.) and plantain (*Plantago lanceolata* L.) during regrowth in summer. **Crop and pasture Science**, v. 66, p. 1071-1078, 2015.

LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turn-over. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.117-144.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. F. Tissue flows in grazed communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-37.

LEMAIRE, G.; CULLETON, N. Effects of nitrogen applied after the last cut in autumn on a tall fescue sward. II. Uptake and recycling of nitrogen in the sward during winter. **Agronomy**, v.9, p.241-249, 1989.

LINKO, R.; LAPVETELAINEN, A.; LAAKSO, P.; KALLIO, H. Protein composition of a high-protein barley flour and barley grain. **Cereal Chemistry**, v. 66, n. 6, p. 478-482, 1989.

MAGALHÃES, J. A.; CARNEIRO, M. S. de S.; ANDRADE, A. C.; PEREIRA, E. S.; SOUTO, J. S.; PINTO, M. S. de C.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. de L.; MOCHEL FILHO, W. J. E. Eficiência do nitrogênio, produtividade e composição do capim-andropogon sob irrigação e adubação. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.61, n.236, p. 577-588, 2012.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MAY, L. H. The utilization of carbohydrate reserves in pasture plants after defoliation. **Herbage Abstracts**, v. 30, n. 4, p. 239-245, 1960.

MEIRELLES, N. M. F. Degradação de pastagens: critérios de avaliação. In: PAULINO, V. T.; ALCÂNTARA, P. B.; BEISMAN, D. A.; ALCÂNTARA, V. B. G. (eds.). ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1, Nova Odessa, 1993. **Anais...** Noca Odessa: IZ, p. 27-48, 1993.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5 ed. Boston: Kluwer Academic Press, 2001. 864p.

MORENO, J.; GARCÍA-MATÍNEZ, J. L. Seasonal variation nitrogenous in the xylem sap citrus. **Physiologia Plantarum**, v. 59, p. 669-675, 1983.

NOVOA, R.; LOOMIS, R. S. Nitrogen and plant production. **Plant and Soil**, n. 58, p. 177-204, 1981.

OSBORNE, T. B. **The vegetable proteins**. 2.ed. London: Longmans Green and company. 1924, p.154.

OURRY, A.; BIGOT, J.; KIM, T. H.; BOUCAUD, J.; SALETTE, J. Reserve mobilisation during regrowth after cutting of forage species: quantification and physiological mechanisms in ryegrass and lucerne. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, New Zealand and Australia, 1993. **Proceedings**. Palmerston North: Keeling & Mundy Ltd., 1993. p.121-122.

OURRY, A.; KIM, T. H.; BOUCAUD, J. Nitrogen reserve mobilization during growth of *Medicago Sativa* L. Relationships between availability and regrowth yield. **Plant Physiology**, v. 105, p. 837-837, 1994.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.3, p.655-661, 2004.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Rio de Janeiro: EDUR, 1998.159p.

PINTO, L. S.; ANDRADE NETO, M.; BACARIN, M. A.; CASTELLÓN, R. R.; GADELHA, T. S.; GADELHA, C. A.; CAVADA, B. S. Caracterização química e bioquímica de sementes de *Bauhinia variegata* L. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 385-390, 2005.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa do capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciênc. agrotec.**, v. 30, n. 3, p.562-568, 2006.

RODRIGUES, R. C.; MOURÃO, G. B.; VALINOTE, A. C.; HERLING, V. R. Reservas orgânicas, relação parte aérea-raiz e C-N e eliminação do meristema apical no capim-xaraés sob doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.505-514, 2007.

SANTOS, F. G. **Aspectos morfológicos e índice climático de crescimento dos capins *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu, *Cynodon Dactylon* cv. Tifton 85 e *Panicum Maximum* cv. Tanzânia, para a região agropastoril de Itapetinga**. 2006. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Vitória da Conquista.

SHEARD, R. W. Organic reserves and plant regrowth. In: Buttler, G.W., Bailey, R.W. (Eds.). **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic Press, v. 2, 1973, p. 354-376.

SHEWRY, P. R.; HALFORD, N. G. Cereal seed storage proteins: structure, properties and role in grain utilization. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 370, p. 947-958, 2002.

SILVA, A. G.; FRANÇA, A. F. S.; MIYAGI, E. S.; MELLO, S. Q. S.; FERREIRA, J. L.; CARVALHO, E. R. Frações proteicas do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio em duas alturas de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n.5, p.1148-1155, 2009.

SMITH, D. The nonstructural carbohydrates. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W. (Ed.) **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic Press, 1973. cap.3, p.105-155.

SMITH, D.; PAULSEN, G. M.; RAGUSE, C. A. Extraction of total available carbohydrates from grass and legume tissue. **Plant Physiology**, v. 39, p. 960-962, 1964.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

SOARES FILHO, C. V. **Variação sazonal de parâmetros bioquímico-fisiológicos em *Brachiaria decumbens* estabelecida em pastagens**. Piracicaba, 1991. 101p. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Universidade de São Paulo.

SODEK, L. **Metabolismo do nitrogênio**. In: Gilberto Barbante Kerbauy. Fisiologia Vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, p. 94 – 113.

SPITARELI, R. F.; SOLLENBERGER, L. E.; SCHANK, S. C.; STAPLES, C. R. Defoliation effects on agronomic performance of seed ed *Pennisetum hexaploid* hybrids. **Agronomy Journal**, v. 86, p.695-698, 1994.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Plant physiology**. 2. Ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. cap. 12, p. 323-345.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

THORNTON, B.; MILLARD, P.; BAUSENWEIN, U. Reserve formation and recycling of carbono and nitrogen during regrowth of defoliated plants: In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. de.; CARVALHO, P. C. F.; NABINGER, C. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. London, 2000, p. 85-99.

VALLS, J. F. M.; SENDULSKY, T. **Descrição botânica**. In: VALLS, J. F. M. Carta, 6 de julho de 1984. Brasília, para Saladino G. Nunes. Campo Grande, MS. p.4-6.

VONELEC, J. J.; OURRY, A.; JOERN, B. C. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. **Physiologia plantarum**, v. 97, p.185-193, 1996.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (Boletim Técnico, 18).

WILSON, J.R. Influence of temperature and nitrogen on growth, photosynthesis and accumulation of non-structural carbohydrate in a tropical grass, *Panicum maximum* var. trichoglume. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.23, p.48–61, 1975.

WONG, D. W. S. **Química de los alimentos – Mecanismos y Teoria**. Zaragoza: Acribia, 1995. p. 102-108.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da desfolha sobre o metabolismo de proteínas e carboidratos do capim-marandu.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da desfolha sobre a formação e mobilização de proteínas (prolaminas, albuminas, globulinas e glutelinas), carboidratos solúveis, amido e clorofilas do capim-marandu.

Avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da desfolha sobre a produção e distribuição de proteínas (prolaminas, albuminas, globulinas e glutelinas) e carboidratos em diferentes órgãos do capim-marandu.

Avaliar a influência da adubação nitrogenada sobre recuperação do capim-marandu após ser submetido a ciclos de corte.

Avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da desfolha sobre as diferentes frações proteicas das folhas e pseudocolmo do capim-marandu.

III. CAPÍTULO I

METABOLISMO DE PROTEÍNAS, CARBOIDRATOS E CLOROFILAS DO CAPIM-MARANDU SUBMETIDO À ADUBAÇÃO NITROGENADA E A DESFOLHA.

Resumo: objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da desfolha sobre a formação e mobilização das frações proteicas, carboidratos solúveis, amido e clorofilas do capim-marandu. O estudo foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, campus de Itapetinga – BA em um esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia) e três ciclos de corte (1, 2 e 3 cortes), disposto em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 48 vasos plásticos com 4 plantas por vaso de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Foram avaliadas as frações proteicas (prolaminas, albuminas, globulinas e glutelinas) e os carboidratos solúveis nas folhas, pseudocolmo e raízes, bem como o teor de amido no pseudocolmo e nas raízes. Nas folhas foi avaliado o teor de clorofilas *a*, *b* e totais. A adubação nitrogenada elevou a concentração de prolaminas com 1 e 2 cortes com as doses de 230 e 100 kg de N ha⁻¹, respectivamente. Com 3 cortes a concentração de prolaminas nas folhas reduziram em resposta a adubação. No pseudocolmo, a adubação nitrogenada elevou o teor de prolaminas com 1, 2 e 3 cortes. Nas raízes, a concentração de prolaminas aumentou com a dose de 109,25 kg de N ha⁻¹ com 1 corte. Com 2 e 3 cortes houve redução das prolaminas nas raízes em resposta a adubação. A adubação nitrogenada aumentou a concentração de albuminas nas folhas, pseudocolmo e nas raízes com 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. Para a concentração de globulinas nas folhas, verificou-se aumento com 1 e 2 cortes e no pseudocolmo com 1 e 3 cortes em função da adubação. Com 2 cortes houve redução das globulinas nas folhas e no pseudocolmo com a adubação. Nas raízes, a adubação nitrogenada elevou a concentração de globulinas apenas com 1 corte. As glutelinas nas folhas e no pseudocolmo aumentaram com 1 e 3 cortes, em função da adubação, com redução 2 cortes. Nas raízes, verificou-se aumento das glutelinas com 1 corte com a dose de 125 kg de N ha⁻¹. Com 2 e 3 cortes observou redução das glutelinas nas raízes em resposta a adubação. Os carboidratos solúveis reduziram nas folhas e nas raízes com 1 corte e aumentaram com 2 e 3 cortes nas folhas pseudocolmo e raízes em resposta a adubação. O amido reduziu nas raízes em resposta adubação nitrogenada com 1 corte. Com 2 e 3 cortes, o amido no pseudocolmo e nas raízes aumentaram com a adubação nitrogenada. A clorofila *a*, *b* e totais aumentaram em resposta a adubação com 1 e 2 corte. O aumento do número de cortes reduziu a concentração de clorofilas e das frações proteicas em todos os órgãos. A adubação nitrogenada aumenta os teores das frações de proteínas, carboidratos solúveis, amido e clorofilas no capim-marandu. Após cortes sucessivos, os teores proteicos diminuem, favorecendo o desenvolvimento da planta, e aumentando a produção de fotoassimilados, resultando na reserva de amido mesmo após sucessivos cortes.

Palavras-chave: albuminas, amido, globulinas, glutelin, prolaminas

METABOLISM OF PROTEINS, CARBOHYDRATES AND CHLOROPHYLLS OF MARANDU GRASS SUBMITTED TO NITROGENATED FERTILIZATION AND DEFOLIATION.

Abstract: The purpose of this research was to evaluate the effect of nitrogen fertilization and defoliation on the formation and mobilization of protein fractions, soluble carbohydrates, starch and chlorophylls of marandu grass. The study was conducted at the State University of Southwest Bahia - UESB, campus of Itapetinga - BA in a factorial scheme 4 x 3, with four doses of nitrogen (0, 75, 150 and 225 kg of N ha⁻¹ in the form of urea) and three cutting cycles (1, 2 and 3 cuts), arranged in a completely randomized design, with four replications, totaling 48 plastic pots with 4 plants per pot of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Protein fractions (prolamins, albumins, globulins and glutellins) and soluble carbohydrates in the leaves, pseudostem and roots were evaluated, as well as the starch content in pseudostem and roots. The leaves content of chlorophylls a, b and total were evaluated. The nitrogen fertilization increased the concentration of prolamins with 1 and 2 cuts with the doses of 230 and 100 kg of N ha⁻¹, respectively. With 3 cuts, the concentration of prolamines in the leaves reduced in response to fertilization. In the pseudoholm, nitrogen fertilization increased the content of prolamines with 1, 2 and 3 cuts. In the roots, the concentration of prolamines increased with the dose of 109.25 kg of N ha⁻¹ with 1 cut. With 2 and 3 cuts there was a reduction of prolamines in the roots in response to fertilization. Nitrogen fertilization increased the concentration of albumin in the leaves, pseudoholm and roots with 1, 2 and 3 cuts, respectively. For the concentration of globulins in the leaves, there was an increase with 1 and 2 cuts and in the pseudo-Stockholm with 1 and 3 cuts depending on the fertilization. With 2 cuts, there was a reduction of globulins in the leaves and in the pseudoholm with fertilization. In the roots, nitrogen fertilization increased the concentration of globulins with only one cut. The glutellins in the leaves and in the pseudoholm increased with 1 and 3 cuts, depending on the fertilization, with a reduction of 2 cuts. In the roots, there was an increase in glutelin with 1 cut with the dose of 125 kg of N ha⁻¹. With 2 and 3 cuts, he observed a reduction of glutellins in the roots in response to fertilization. Soluble carbohydrates reduced in leaves and roots with 1 cut and increased with 2 and 3 cuts in pseudo-Stockholm leaves and roots in response to fertilization. Starch reduced in roots in response to nitrogen fertilization with 1 cut. With 2 and 3 cuts, the starch in the pseudo-stock and in the roots increased with nitrogen fertilization. Chlorophyll a, b and totals increased in response to fertilization with 1 and 2 cut. The increase in the number of cuts reduced the concentration of chlorophylls and protein fractions in all organs. Nitrogen fertilization increased the levels of protein fractions, soluble carbohydrates, starch and chlorophylls in marandu grass. After successive cuts, the protein levels decrease, favoring the development of the plant, and increasing the production of photoassimilates, resulting in the starch reserve even after successive cuts.

Keywords: albumins, starch, globulins, glutelins, prolamines

3.1. INTRODUÇÃO

A prática de remoção da parte aérea pelo corte e/ou pastejo em gramíneas representa um estresse para a planta, principalmente pela redução da interceptação luminosa, ocasionando queda na fotossíntese líquida e início da mobilização de reservas orgânicas (Gomide et al., 2002). As reservas orgânicas são compostos químicos que apresentam carbono em sua molécula (carboidratos) e podem apresentar outros elementos como nitrogênio (proteínas e/ou aminoácidos). Esses compostos são produzidos e armazenados em órgãos permanentes em períodos de crescimento, sendo utilizados como substrato para o restabelecimento da área foliar durante a rebrota (White, 1973).

As principais fontes de reservas orgânicas são formadas por proteínas e carboidratos. A maioria dos trabalhos utiliza a mensuração de carboidratos solúveis ou não estruturais como parâmetro para avaliação de reservas de carbono (Thornton et al., 2000; Gomide et al., 2002). Todavia, as gramíneas de clima tropical armazenam carboidratos, principalmente, na forma de amido, que é um polissacarídeo insolúvel em água devido à presença da amilopectina (Bender & Smith, 1973).

Embora, a importância dos carboidratos de reserva já tenha sido estabelecida anteriormente (Donaghy & Fulkerson, 1998; Gomide et al., 2002), pouco se conhece a respeito da fisiologia e bioquímica das proteínas de reserva e sua interação com reservas de carbono sobre a rebrota em plantas forrageiras, primordialmente, devido a natureza multifacetada das proteínas (enzimas, proteínas estruturais e metabólicas). Como a absorção e assimilação de nitrogênio mineral em gramíneas é reduzida após a desfolha, as proteínas formadas e acumuladas em órgãos como caules e raízes são as principais fontes de nitrogênio durante a rebrota (Volenc et al., 1996).

Porém, ainda são escassos trabalhos que caracterizem quais proteínas atuam como fonte de nitrogênio durante o processo de rebrota. Segundo Cyr e Bewley (1990), as proteínas de reservas encontradas em maior abundância em órgãos permanentes, sofrendo drástica redução após a planta ser submetida à desfolha. A utilização da técnica de solubilização de proteínas definida por Osborne (1924) pode ser uma forma eficiente em separar e classificar as proteínas, identificando a importância e a capacidade de cada proteína em fornecer nitrogênio dentro do processo de rebrota em espécies forrageiras, tradicionalmente utilizadas em sistemas de pastejo no Brasil.

A classificação de proteínas definida por Osborne (1924) separa as proteínas em albuminas grupo de proteínas solúveis em água, que em plantas, compreende a maioria das enzimas, as globulinas solúveis em soluções salinas formando o grupo de proteínas presente nas membranas, as prolaminas grupo solúvel em álcool formando o grupo de proteínas de armazenamento e as glutelinas solúveis em solução ácida e/ou básica formando o grupo de proteínas estruturais. Contudo, não se sabe ao certo a capacidade de cada grupo de proteína em atuarem como fonte de reserva.

A concentração destas proteínas na planta depende, necessariamente, da disponibilidade e conversão do nitrogênio inorgânico presente no solo. Plantas com baixa disponibilidade de nitrogênio tendem a reduzir a síntese de proteínas de reserva, prejudicando o processo de rebrota (Gloser et al., 2007). Desse modo, a oferta de nitrogênio e o processo de desfolha podem ser bons indicadores de alterações fisiológicas (formação e mobilização) para melhor compreensão da atuação destas proteínas como fonte de reservas de nitrogênio e carbono em plantas perenes.

Assim, objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da desfolha sobre a formação e mobilização de proteínas (prolaminas, albuminas, globulinas e glutelinas), carboidratos solúveis, amido e clorofilas do capim-marandu.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Instalação do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao setor de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, *Campus* “Juvino Oliveira”, Itapetinga-BA. O ensaio foi conduzido em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia) e três ciclos de corte com intervalos de 28 dias (1, 2 e 3 cortes), disposto em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 48 vasos plásticos com capacidade de 12 litros, os quais foram preenchidos com 9 dm³ de solo.

O solo utilizado, considerado, segundo o protocolo de análise de textura Franco arenosa, foi coletado no *Campus* da UESB, na camada arável (0 a 20 cm), destorroado e passado em peneira com malha de 4 mm e posto para secar ao ar. A análise química do solo, realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UESB, apresentou os seguintes resultados: pH em água = 5,3; P = 6 mg/dm³, em extrator Mehlich; K = 0,08 cmol_c/dm³; Ca²⁺ = 2,4 cmol_c/dm³; Mg²⁺ = 1,8 cmol_c/dm³; Al³⁺ = 0,2 cmol_c/dm³; H⁺ = 3,6 cmol_c/dm³; SB = 4,3 cmol_c/dm³; t = 4,5 cmol_c/dm³; T = 8,1 cmol_c/dm³; V = 53% e M.O = 10 g/dm³.

De acordo com Cantarutti et al. (1999) e com base na análise de solo não houve necessidade de calagem. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é recomendada como médio nível tecnológico, de forma que os valores de fósforo (P) e potássio (K) se apresentaram inferiores aos exigidos, havendo, assim, necessidade de correção. Portanto, foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples (18% de P₂O₅), correspondendo a 1,25g vaso⁻¹ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio (58% de K₂O), correspondendo a 0,23 g vaso⁻¹.

Para determinação da capacidade de retenção de água do solo, os vasos com solo seco foram pesados, encharcados e, após escoamento total da água, os vasos foram pesados novamente. Pela diferença de peso seco e úmido após o escoamento total, foi determinada a máxima capacidade de retenção de água do solo. Este valor foi utilizado para calcular a reposição diária de água em cada vaso.

Foram utilizadas 4 plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu por vaso produzido a partir de sementes comerciais com valor cultural de 80%. Após o plantio das sementes foi realizado o desbaste, quando as plantas apresentavam em torno de 10

cm de altura, mantendo-se apenas 4 plantas por vaso. Quando as plantas atingiram 30 cm de altura foi realizado o corte de uniformização a 10 cm do solo (corte severo) e, em seguida, foram aplicadas às doses de nitrogênio 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹, correspondendo a 0,77, 1,53 e 2,30 g de ureia vaso⁻¹ de acordo com cada tratamento aplicado de forma única.

Os cortes foram feitos da seguinte forma: aos 28 dias após a adubação nitrogenada, os vasos com o tratamento de apenas um corte foram desmontados (separação folhas, pseudocolmo e raízes) e os demais foram cortados à altura de 10 cm do solo. Após mais 28 dias de rebrota, totalizando 56 dias após a adubação (2 ciclos de 28 dias), os tratamentos com 2 cortes foram desmontados e os demais foram cortados a 10 cm do solo. Após mais 28 dias, o último tratamento com 3 cortes foi desmontado, totalizando 84 dias após a adubação (3 ciclos de 28 dias). As temperaturas mínima, máxima e média foram registradas no período e apresentaram valores médios de 12,2°C, 37,2°C e 26,1°C, respectivamente, durante todo período experimental.

3.2.2. Avaliações

3.2.3. Clorofila *a*, *b* e totais

Ao final de cada ciclo de corte ou de rebrota, os vasos foram desmontados em água corrente e as plantas separadas em raiz, pseudocolmo (colmo e bainha) e folha. Em seguida o material foi levado à estufa a 60°C, por 72 horas, para a determinação de massa seca de folha, pseudocolmo e raiz. Antes de cada desmontagem, por volta das 10 horas da manhã, foram coletados 0,03 gramas de folhas completamente expandidas para análise de clorofila. Os fragmentos foram colocados em frascos de vidro envolvidos com papel alumínio contendo 5 ml de DMSO (Dimetilsulfóxido), por um período de 72 horas. Em seguida, foi realizada leitura no espectrofotômetro a 665 e 649 nm de absorbância, para a determinação das clorofilas *a* e *b*. Para os cálculos da quantificação das clorofilas foram utilizadas as fórmulas definidas por Wellburn (1994): Clorofila *a* = $(12,19 \times A_{665}) - (3,45 \times A_{649})$ e clorofila *b* = $(21,99 \times A_{649}) - (5,32 \times A_{665})$ e os valores convertidos em mg g de massa seca (MS)⁻¹. A clorofila total foi calculada pelo somatório de clorofila *a* e *b*

3.2.4. *Fracionamento bioquímico de proteínas*

No dia da desmontagem dos vasos, foram coletados 2 gramas de massa fresca de folhas, pseudocolmo e raiz sendo acondicionados em papel alumínio e congelados, para análise do fracionamento de proteínas. Para isso, 2 gramas de massa fresca do material coletado foi macerado e homogenizado com 4 mL de água destilada, sendo considerado o primeiro extrator. O homogenato foi incubado a 35°C, por 30 minutos, sob agitação constante e em seguida, centrifugada a 1200 g, por 20 minutos, e coletado o sobrenadante. A incubação foi realizada mais uma vez, sendo adicionado 3 ml de água destilada por processo, e os sobrenadantes coletados foram combinados e armazenados em freezer. Em seguida, cada amostra foi submetida à extração sequencial (frações) com os demais extratores: NaCl a 1%, etanol 80% e NaOH 100 mM, nesta ordem, seguindo os mesmos procedimentos realizados com a água.

As proteínas solubilizadas em cada extrator foram quantificadas pelo método descrito por Bradford (1976), usando a solução de Coomassie blue G-250 e leitura em espectrofotômetro a 595 nm de absorbância. A quantidade de proteína em cada fração foi calculada por grama de massa seca (mg g de MS^{-1}).

A classificação das proteínas foi feita de acordo com a definição de Osborne (1924), que classificou as proteínas de acordo com sua solubilidade. As proteínas do grupo das albuminas são aquelas solúveis em água destilada, as globulinas solúveis em soluções salinas (NaCl 1%), as prolaminas solúveis em etanol 80% e as glutelinas solúveis em soluções básicas (NaOH 100 mM).

3.2.5. *Carboidratos solúveis*

As amostras secas de folha, pseudocolmo e raiz foram moídas em moinho de bola, para as análises dos carboidratos. Os carboidratos (CHOs) solúveis foram extraídos por meio da homogeneização de 300 mg de massa seca de folha, pseudocolmo e de raiz, em 4 mL de água destilada, seguido de centrifugação a 9000 g por 20 minutos, e coleta do sobrenadante. O processo foi realizado mais duas vezes e os sobrenadantes foram combinados. A quantificação dos CHOs solúveis foi realizada pelo método da Antrona (Dische, 1962).

3.2.6. *Amido*

Para o amido, foi utilizado o pellet, de pseudocolmo e raiz, resultante da extração dos carboidratos solúveis, o qual foi ressuspendido em 5 mL do tampão acetato de potássio 200 mM (pH 4,8) e colocado em banho-maria a 100°C por 5 minutos sob agitação constante. Em seguida, foi resfriado até atingir cerca de 50°C, momento em que foi adicionada a solução enzimática, contendo 11 unidades da enzima amiloglucosidase. A mistura permaneceu em banho-maria a 50°C por duas horas, sob agitação. Após a incubação, realizou-se uma centrifugação a 9000 g por 20 minutos, o sobrenadante foi coletado e o volume completado para 5 mL com o mesmo tampão. A quantificação do amido foi realizada pelo método da Antrona (Dische, 1962).

3.2.7. *Estatística*

Os dados foram submetidos à análise de variância, considerando como fontes de variação as doses de nitrogênio (N), cortes (C) e a interação de N x C. A interação foi desdobrada, ou não, de acordo com a significância, e os efeitos da adubação nitrogenada foram avaliados por análise de regressão simples, utilizando-se uma decomposição ortogonal do efeito de nitrogênio, cujos coeficientes foram avaliados pelo teste F, e a comparação entre cortes foi realizada pelo teste de Tukey, adotando-se $\alpha = 0,05$.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Prolaminas

A concentração de prolaminas na folha, pseudocolmo e raiz do capim-marandu, apresentou interação significativa entre adubação nitrogenada e cortes (Figura 1). Como esperado, a adubação nitrogenada promoveu aumento da concentração de prolaminas nas folhas, com efeito quadrático para 1 e 2 cortes (Figura 1A). Com 1 corte verificou-se aumento de 111,4%, cujo maior valor foi de 5,01 mg g⁻¹ de MS na dose de 230 kg de N ha⁻¹. Para 2 cortes, o aumento foi de 56,2%, com maior valor de 5,56 mg g⁻¹ de MS com a dose de 100 kg de N ha⁻¹.

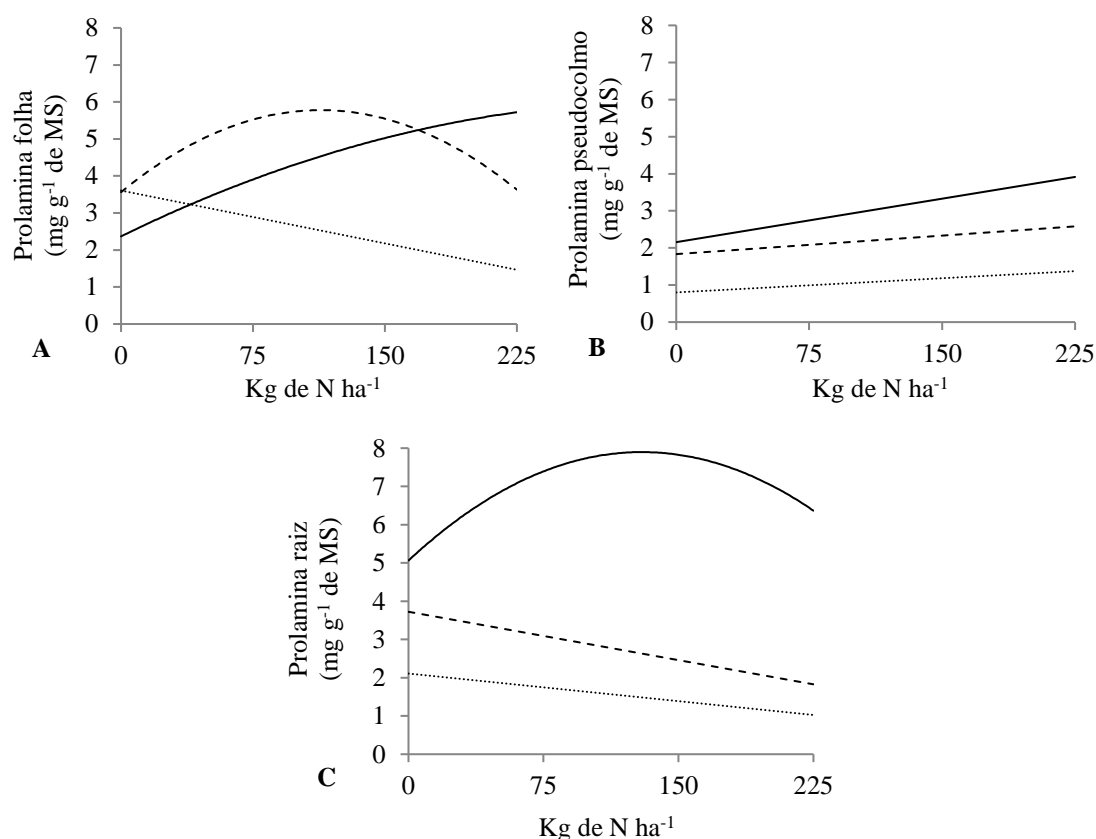


Figura 1. Concentração de prolaminas na folha, pseudocolmo e raízes do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: Prolamina folha (A): \hat{Y}_1 corte = $2,37 + 0,023x - 0,00005x^2$ ($R^2 = 99$); \hat{Y}_2 cortes = $3,56 + 0,04x - 0,0002x^2$ ($R^2 = 98$); \hat{Y}_3 cortes = $3,61 - 0,01x$ ($R^2 = 98$); Prolamina pseudocolmo (B): \hat{Y}_1 corte = $2,15 + 0,0079x$ ($R^2 = 88$); \hat{Y}_2 Cortes = $1,83 + 0,0034x$ ($R^2 = 87$); \hat{Y}_3 Cortes = $0,80 + 0,0025x$ ($R^2 = 95$); Prolamina Raiz (C): \hat{Y}_1 Corte = $5,06 + 0,0437x - 0,0002x^2$ ($R^2 = 99$); \hat{Y}_2 Cortes = $3,72 - 0,0084x$ ($R^2 = 93$); \hat{Y}_3 Cortes = $2,11 - 0,0048x$ ($R^2 = 91$).

As respostas observadas mostraram aumento da síntese de prolaminas em todos os órgãos do capim-marandu em reposta à adubação nitrogenada. Aspecto importante já que as prolaminas são um grupo de proteínas denominadas proteínas de reserva, definidas assim devido ao fato de serem as principais fontes de nitrogênio, utilizadas pela planta durante o processo de germinação e na fase inicial de crescimento antes da fotossíntese estar estabelecida (D'ovidio & Masci, 2004).

A elevada concentração de prolaminas nas folhas com 1 corte em reposta a adubação se deve ao aumento da disponibilidade e absorção de nitrogênio, que são utilizados para síntese de proteínas de reserva (Gloser et al., 2007; Taiz et al., 2017). A utilização da adubação nitrogenada tende a elevar a formação de proteínas de reserva, provavelmente com objetivo de aproveitar a alta disponibilidade de nitrogênio presente no solo, garantindo fonte de aminoácidos prontamente sintetizados como substrato para o crescimento durante a rebrota (Dierking et al., 2017).

Como as prolaminas das folhas são removidas no primeiro corte, as altas concentrações observadas com 2 cortes em reposta a adubação nitrogenada podem ser atribuídas à mobilização de proteínas do pseudocolmo e das raízes para serem utilizadas como fonte de nitrogênio para a síntese de novas proteínas nas folhas (Volenc et al., 1996). Com 3 cortes, a concentração de prolaminas nas folhas declinou em resposta a adubação nitrogenada, ajustando-se ao modelo linear negativo ($P < 0,05$), com redução de 62,3%, ocasionada provavelmente pela redução das prolaminas nos órgãos de reserva e pela alteração na prioridade do uso destas estruturas, priorizando o crescimento foliar ao invés da síntese de novas prolaminas.

No pseudocolmo a concentração de prolamina ajustou-se de forma linear crescente em reposta a adubação nitrogenada em todos os cortes avaliados (Figura 1B), com aumento de 82,8%, 42,1% e 70,0% para 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. Na raiz, as concentrações de prolaminas (Figura 1C) nas plantas com 1 corte ajustaram-se ao modelo quadrático crescente para adubação nitrogenada, com maior valor de 7,44 mg g⁻¹ de MS na dose de 109,25 kg de N ha⁻¹, aumento de 47,0%. Com 2 e 3 cortes as prolaminas na raiz ajustaram-se de forma linear negativa para a adubação nitrogenada (Figura 1C), com redução de 50,8% e 51,2% para 2 e 3 cortes, respectivamente, com a dose de 225 kg de N ha⁻¹.

A elevação da concentração das proteínas de reserva como as prolaminas em órgãos como caules e raízes em função do aumento da disponibilidade de nitrogênio,

tem demonstrado a importância da síntese de proteínas de reserva, sobre a capacidade de formação de novos tecidos durante a rebrota (Gloser et al., 2007; Dierking et al., 2017). A adubação nitrogenada eleva a formação da área foliar, que é removida pela desfolha e, conseqüentemente, as prolaminas das folhas, levando a mobilização das prolaminas dos órgãos de reserva como raízes e pseudocolmo.

Segundo Lehmeier et al. (2013) as reservas orgânicas constituídas de nitrogênio fornecem quase metade de todo o nitrogênio usado durante a rebrota. A capacidade de utilizar reservas de proteínas de órgãos permanentes durante a rebrota ocorre devido à queda na disponibilidade de energia após a desfolha, estimulando a utilização de estruturas proteicas como fonte de aminoácidos devido ao menor gasto energético em relação à absorção e conversão de formas inorgânicas presente no solo (Volenc et al., 1996). Gramíneas cultivadas com alta disponibilidade de nitrogênio antes da desfolha apresentam alta concentração de vários tipos de compostos de armazenamento de N, que reduzem em reposta a maior mobilização destes para o crescimento foliar (Gloser et al., 2007).

Foi verificada uma tendência de redução da concentração de prolaminas em função dos cortes (Tabela 1). Na folha, a redução chegou a 72,1%, do primeiro para o terceiro corte, nas plantas que receberam 225 kg de N ha⁻¹. Sem a adubação nitrogenada as prolaminas foram maiores com 2 e 3 cortes, provavelmente por terem apresentarem menores taxas de crescimento. Como as prolaminas nas folhas são perdidas durante o processo de desfolha, a redução em função dos cortes em cada dose de nitrogênio, ocorre em reposta à redução do nitrogênio presente no solo e pelo fornecimento de aminoácidos para o crescimento foliar.

As prolaminas do pseudocolmo das plantas sem a adubação nitrogenada reduziram apenas para 3 cortes (Tabela 1). As plantas submetidas à adubação nitrogenada apresentaram maiores concentrações de prolaminas com 1 corte. Órgãos como pseudocolmo tiveram redução das prolaminas em função dos cortes, independente da dose de nitrogênio, alcançando 66,5% (Tabela 1). Essa redução foi mais intensa que a observada por Volenc et al. (1996) que verificaram redução de 45% das proteínas solúveis do resíduo do azevém após ser submetido a desfolha. Alexandrino et al. (2008) observaram tendência de redução dos aminoácidos e do nitrogênio total da base do colmo do capim-marandu quando submetido a desfolha, ressaltando que as plantas adubadas com nitrogênio sofreram maiores reduções.

Tabela 1. Concentração de prolaminas do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Prolamina na folha (mg g ⁻¹ de MS)					
1	2,43 b	3,72 b	5,21 a	5,66 a	4,26
2	3,63 a	5,32 a	5,75 a	3,56 b	4,57
3	3,75 a	2,72 c	2,09 b	1,58 c	2,53
Médias	3,27	3,92	4,35	3,64	
CV (%)	7,86				
Prolamina no pseudocolmo (mg g ⁻¹ de MS)					
1	2,05 a	3,07 a	2,99 a	4,03 a	3,04
2	1,76 a	2,25 b	2,22 b	2,60 b	2,21
3	0,75 b	1,07 c	1,18 c	1,35 c	1,09
Médias	1,52	2,13	2,13	2,66	
CV (%)	8,11				
Prolamina na raiz (mg g ⁻¹ de MS)					
1	5,03 a	7,49 a	7,73 a	6,40 a	6,66
2	3,60 b	3,12 b	2,77 b	1,61 b	2,77
3	2,23 c	1,53 c	1,46 c	1,05 b	1,56
Médias	3,62	4,04	3,98	3,01	
CV (%)	17,17				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

Nas raízes, a redução foi mais acentuada, com queda de até 83,6% em função dos cortes (Tabela 1). As raízes se mostraram o principal órgão de armazenamento das prolaminas na planta, bem como, a principal fonte de proteínas utilizadas durante a rebrota. A característica destas proteínas como proteínas de reserva se deve ao fato de que são mais abundantes em órgãos permanentes como raízes, apresentando drástica redução em resposta à desfolha (Volencic et al., 1996; Avicé et al., 2003; Dierking et al., 2017). Culvenor & Simpson (1991) relataram que as raízes do trevo subterrâneo forneceram a maior parte do nitrogênio encontrado em novas folhas. Volencic et al. (1996) observaram que, após 24 dias de rebrota, cerca de 45% do nitrogênio presente em folhas novas de alfafa e trevo branco eram provenientes das proteínas das raízes.

A mobilização de prolaminas do pseudocolmo e das raízes se deve a capacidade das plantas em priorizar a utilização de aminoácidos advindos da quebra de proteínas já sintetizadas em períodos precedentes, para formação de novos tecidos, gerando menor

gasto de energia em relação à absorção e conversão do nitrogênio inorgânico presente no solo (Ourry et al., 1994).

3.3.2. *Albuminas*

A concentração de albuminas na folha, pseudocolmo e raiz do capim-marandu apresentaram interação significativa ($P < 0,05$) entre adubação nitrogenada e cortes (Figura 2). As albuminas na folha ajustaram-se ao modelo linear crescente em resposta adubação nitrogenada nos três cortes, com aumento de 83%, 297,2% e 65,6% para 1, 2 e 3 cortes respectivamente (Figura 2A). As albuminas compreendem a maioria das enzimas em vegetais devido a sua capacidade de solubilização em água. O aumento em resposta a adubação nitrogenada ocorre devido à elevação do conteúdo de nitrogênio na folha, aumentando a formação de clorofilas e consequentemente de enzimas que atuam nos processos fotossintéticos como à Rubisco (Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase) e a PEP-carboxilase (Fosfoenolpiruvato carboxilase) (Cabrera-Bosquet et al., 2009).

A adubação nitrogenada favorece tanto na fase fotoquímica pela formação de pigmentos fotossintéticos, quanto na fase bioquímica pelo aumento da atividade e síntese de enzimas (Cabrera-Bosquet et al., 2009). Pompeu et al. (2010) verificaram que à adubação nitrogenada elevou a taxa fotossintética em folhas de capim-aruaana, especialmente pelo nitrogênio ser substrato para formação de clorofilas e enzimas que atuam na fotossíntese.

No pseudocolmo, a concentração de albuminas ajustou-se de forma linear crescente em resposta a adubação nitrogenada em todos os cortes avaliados, com aumento de 496,3, 52,9 e 107,1% para 1, 2 e 3 cortes, respectivamente (Figura 2B). A alta atividade enzimática das albuminas no pseudocolmo em resposta a adubação está atribuída à capacidade do nitrogênio em elevar a formação de enzimas, que atuam nos processos de manutenção e crescimento (Taiz et al., 2017).

Na raiz, a concentração de albuminas ajustou-se ao modelo quadrático crescente para a adubação nitrogenada com 1 corte, aumento de 361,5%, com maior valor estimado em $3,83 \text{ mg g}^{-1}$ de MS com a dose de $122,50 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (Figura 2C). Para 2 e 3 cortes o modelo ajustou-se de forma linear crescente em resposta as doses de N, com aumento de 143,1% e 153,5%, respectivamente (Figura 2C).

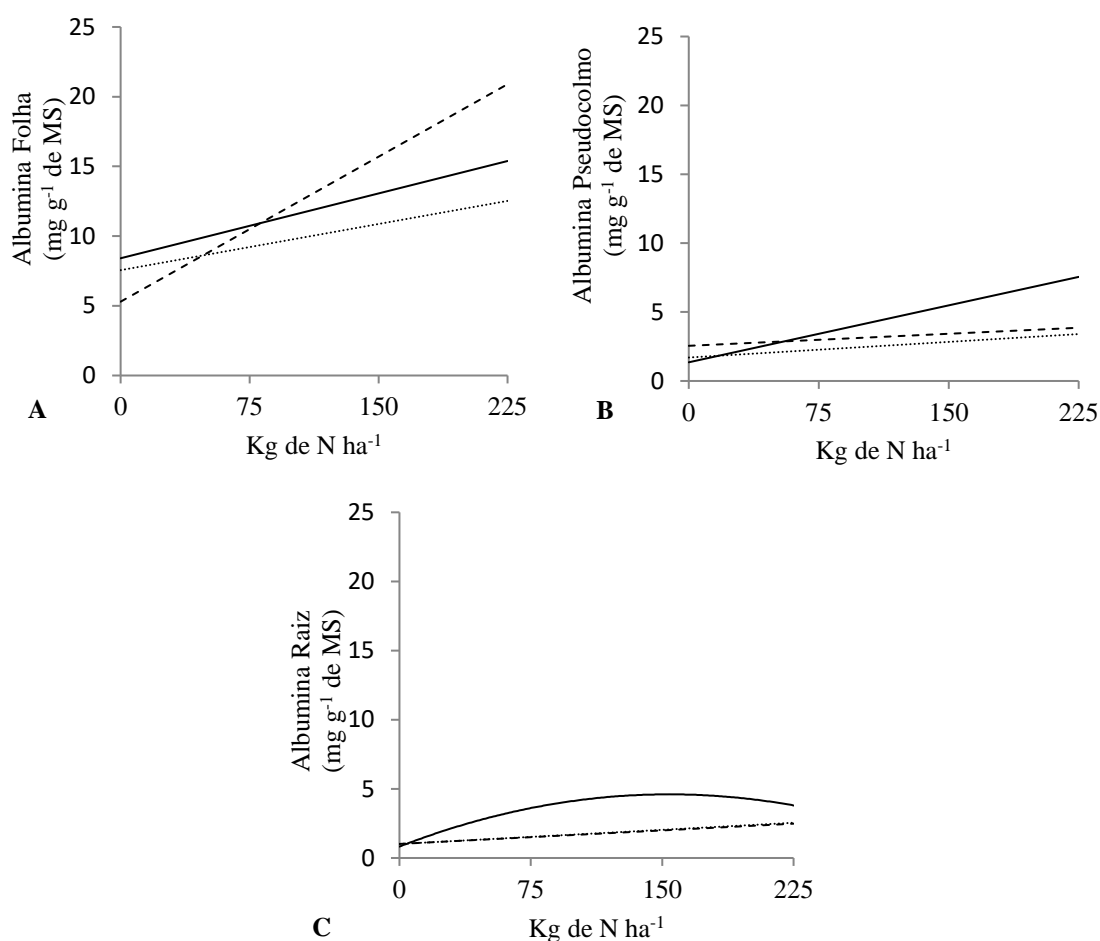


Figura 2. Concentração de albumina na folha, pseudocolmo e raízes do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: Albumina folha (A): \hat{Y}_1 corte = $8,41 + 0,031x$ ($R^2 = 99$); \hat{Y}_2 cortes = $5,30 + 0,07x$ ($R^2 = 99$); \hat{Y}_3 cortes = $7,55 + 0,022x$ ($R^2 = 93$); Albumina pseudocolmo (B): \hat{Y}_1 corte = $1,36 + 0,03x$ ($R^2 = 98$); \hat{Y}_2 Cortes = $2,55 + 0,006x$ ($R^2 = 90$); \hat{Y}_3 Cortes = $1,68 + 0,008x$ ($R^2 = 95$); Albumina Raiz (C): \hat{Y}_1 Corte = $0,83 + 0,049x - 0,0002x^2$ ($R^2 = 99$); \hat{Y}_2 Cortes = $1,02 + 0,0065x$ ($R^2 = 96$); \hat{Y}_3 Cortes = $1,01 + 0,0069x$ ($R^2 = 99$).

A alta formação de albuminas nas raízes se deve a alta disponibilidade de nitrogênio, proporcionado aumento da formação e atividade de enzimas que atuam nos processos de conversão do nitrogênio inorgânico. O amônio absorvido oriundo da adubação nitrogenada e incorporado pela enzima sintetase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT), que em resposta a elevada disponibilidade de nitrogênio no solo aumenta sua atividade (Taiz et al., 2017).

Na folha, as maiores concentrações de albuminas sem adubação foram verificadas com 1 e 3 cortes (Tabela 2). Na dose de 75 kg de N ha⁻¹ foram maiores com

1 e 2 cortes. Nas doses de 150 e 225 kg de N ha⁻¹ as maiores concentrações foram verificadas com 2 cortes, atribuído a elevada produção de folhas.

Tabela 2. Concentração de albuminas do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Albumina na folha (mg g ⁻¹ de MS)					
1	8,32 a	10,71 a	13,38 b	15,18 b	11,90
2	5,93 b	9,85 a	15,08 a	21,52 a	13,09
3	7,77 a	8,54 b	11,57 c	12,28 c	10,04
Médias	7,34	9,70	13,34	16,33	
CV (%)	4,96				
Albumina no pseudocolmo (mg g ⁻¹ de MS)					
1	1,38 b	3,66 a	4,94 a	7,84 a	4,46
2	2,38 a	3,17 a	3,58 b	3,70 b	3,21
3	1,76 ab	2,27 b	2,60 c	3,56 b	2,55
Médias	1,84	3,03	3,71	5,03	
CV (%)	14,32				
Albumina na raiz (mg g ⁻¹ de MS)					
1	0,89 a	3,42 a	4,79 a	3,74 a	3,21
2	0,94 a	1,54 b	2,16 b	2,36 b	1,75
3	0,94 a	1,62 b	2,08 b	2,49 b	1,78
Médias	0,92	2,19	3,01	2,86	
CV (%)	5,25				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

Nas maiores doses (150 e 225 kg de N ha⁻¹) as maiores concentrações (15,08 e 21,52 mg g⁻¹ de MS) de albuminas foram encontradas com 2 cortes (Tabela 2), proporcionadas pela alta produção de lâminas foliares. Com 3 cortes verificou-se queda na concentração de albuminas nas folhas em todas as doses avaliadas, com redução de até 42,9% (Tabela 2), proporcionadas pela perda das folhas durante a desfolha, pela redução da absorção de N inorgânico do solo e das proteínas de reserva utilizadas pelo corte precedente.

No pseudocolmo pode ser verificar maior concentração de albuminas com 1 corte a partir da dose de 150 kg ha⁻¹ N, com maior valor 7,84 mg g⁻¹ de MS observado na dose de 225 kg de N ha⁻¹ (Tabela 2). O aumento do número de cortes reduziu a concentração de albuminas no pseudocolmo, basicamente, pela perda da área foliar,

fazendo com que a planta utilize essas fontes proteicas como fonte de aminoácidos para recuperar sua área foliar.

Na raiz, a concentração de albumina foi maior com 1 corte (Tabela 2) em todas as doses de nitrogênio, com maior valor $4,79 \text{ mg g}^{-1}$ de MS na dose de $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$. Com o aumento do número de cortes pode se verificar queda na concentração de albuminas nas raízes, resposta atribuída à desfolha, momento em que a planta passa por queda no suprimento de energia, reduzindo seu crescimento e a atividade de enzimas que atuam na incorporação do nitrogênio inorgânico (Gastal & Saugier, 1989). Essa redução proporciona uma mobilização interna na planta, utilizando as enzimas para restaurar a área foliar fotossintetizante, especialmente por serem fontes de nitrogênio que despendem de menor gasto de energia (Volenc et al., 1996).

3.3.3. *Globulinas*

A concentração de globulina apresentou interação significativa entre adubação nitrogenada e cortes na folha, pseudocolmo e raiz do capim-marandu (Figura 3). Para folha a globulina ajustou-se ao modelo linear positivo em resposta a adubação nitrogenada com 1 corte (Figura 3A), com aumento de 128,9%. Com 2 cortes, a globulina na folha ajustou-se ao modelo quadrático crescente para a adubação nitrogenada, com maior valor estimado de $8,91 \text{ mg g}^{-1}$ de MS com a dose de $102,50 \text{ kg de N ha}^{-1}$, aumento de 30,87% (Figura 3A). Para o tratamento com 3 cortes, a concentração de globulina na folha reduziu em resposta às doses de nitrogênio (Figura 3A), ajustando-se ao modelo linear decrescente com redução 35,4% até a maior dose.

Esse grupo de proteínas é caracterizado por corpos proteicos ligados à membrana, que atuam na recepção e transporte de nutrientes entre o ambiente interno e externo da célula (Taiz et al., 2017). Nas folhas, a adubação nitrogenada eleva a formação de cloroplastos, local onde ocorre a fotossíntese, especificamente na membrana do tilacóide, que possui uma grande quantidade de proteínas essenciais aos processos fotossintéticos. Com o aumento da formação de clorofilas em resposta a adubação nitrogenada (Costa et al., 2008; Morais et al., 2016) há um aumento na formação das proteínas de membrana, principalmente porque as clorofilas do centro de reação e do complexo antena associam-se a estas proteínas, formando complexos pigmento-proteico, de modo a otimizar e reduzir as perdas nos processos de transferência de energia (Taiz et al., 2017).

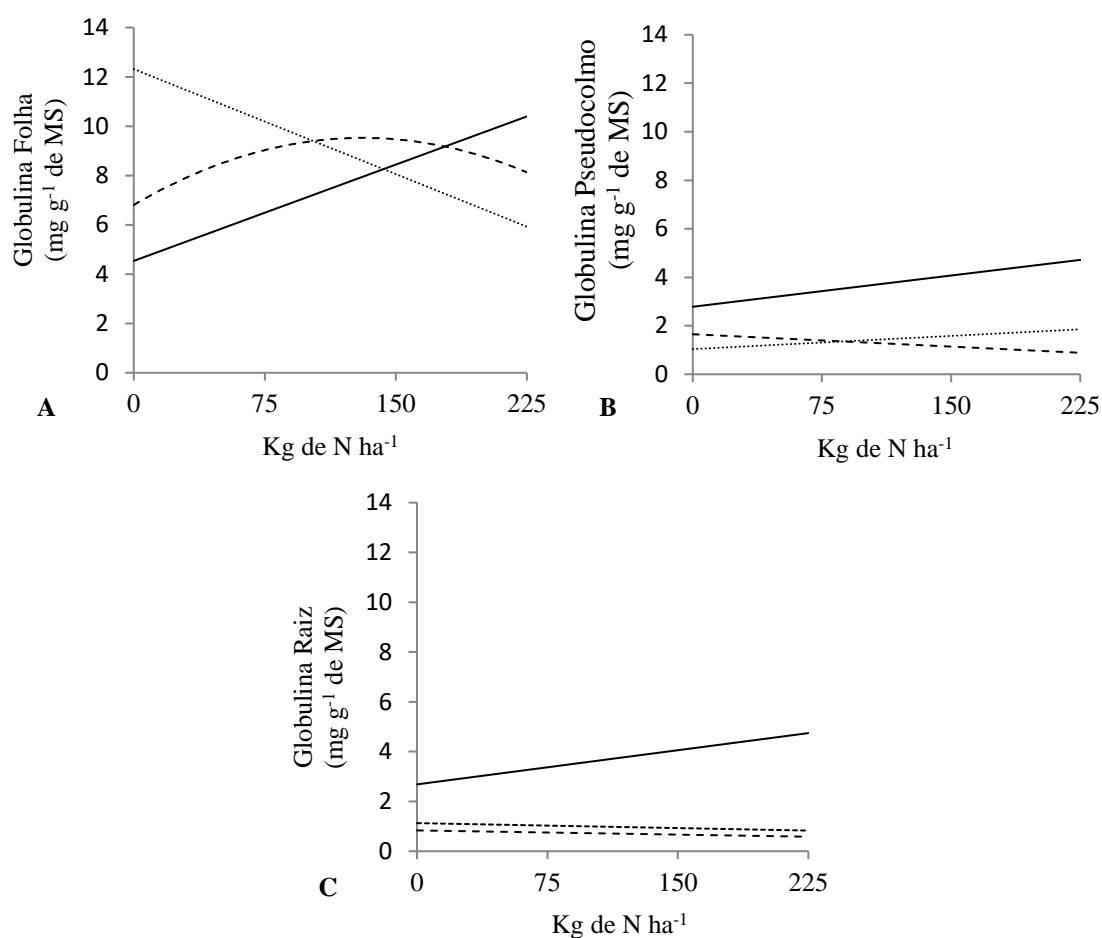


Figura 3. Concentração de Globulina na folha, pseudocolmo e raízes do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes*.

*Equações de regressão: Globulina folha (A): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 4,54 + 0,026x$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_2 \text{ cortes} = 6,81 + 0,041x - 0,0002x^2$ ($R^2 = 98$); $\hat{Y}_3 \text{ cortes} = 12,31 - 0,03x$ ($R^2 = 97$); Globulina pseudocolmo (B): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 2,89 + 0,008x$ ($R^2 = 91$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 1,65 - 0,0034x$ ($R^2 = 95$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 1,04 + 0,0036x$ ($R^2 = 82$); Globulina Raiz (C): $\hat{Y}_1 \text{ Corte} = 2,69 + 0,0091x$ ($R^2 = 87$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 0,71$; $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 0,98$;

Contudo, com 3 cortes pode-se observar redução das concentrações de globulinas nas folhas com o aumento das doses de nitrogênio, provavelmente ocasionadas pela redução dos teores de clorofilas, resultando em menor formação de proteínas de membrana.

A concentração de globulinas no pseudocolmo do capim-marandu ajustou-se de forma linear crescente para a adubação nitrogenada com 1 e 3 cortes (Figura 3B), com aumento de 62,3 e 77,9%, respectivamente. Com 2 cortes a concentração de globulinas ajustou-se ao modelo linear decrescente em resposta a adubação nitrogenada (Figura 3B), com redução de 46,1%. Nas raízes do capim-marandu, as globulinas apresentaram

resposta linear crescente para a adubação nitrogenada com 1 corte, com aumento de 76,21% com a dose de 225 kg de N ha⁻¹.

No pseudocolmo e nas raízes, a adubação nitrogenada proporcionou aumento dos teores de globulinas com 1 corte, particularmente pela elevação da formação de proteínas de membrana. Nas raízes, por exemplo, a absorção de nutrientes do solo é feita com auxílio de proteínas transportadoras presentes nas membranas, denominadas como canais, carreadoras e bombas (Tanner & Caspari, 1996). O aumento da concentração destas proteínas transportadoras em raízes favorece a passagem de substâncias inorgânicas pela membrana, elevando as taxas de absorção de nutrientes (Larsson & Ingemarsson, 1989).

Segundo Taiz et al. (2017), estas proteínas também exercem grande papel na distribuição de aminoácidos oriundos da mobilização das reservas, transportando aminoácidos por longas distâncias para atender as regiões de demanda. A redução das globulinas no pseudocolmo e nas raízes do capim-marandu com 2 e 3 cortes pode estar relacionada a perda da área foliar, promovendo a mobilização destas proteínas para regiões de maior demanda, em resposta a queda na absorção e do conteúdo de nitrogênio.

A maior concentração de globulina na folha (Tabela 3) foi encontrado com 3 cortes sem adubação nitrogenada 12,78 mg g⁻¹ de MS. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹ as maiores concentrações foram verificadas com 2 e 3 cortes. Na dose de 150 kg de N ha⁻¹ com 1 e 2 cortes, e na dose de 225 kg de N ha⁻¹ a maior concentração (10,47 mg g⁻¹ de MS) foi encontrada com 1 corte. Com o aumento para 3 cortes, verificou-se redução da concentração de globulinas nas doses de 150 e 225 kg de N ha⁻¹, resultado da diminuição da disponibilidade de reservas.

No pseudocolmo e na raiz a maior concentração de globulina (Tabela 3) foi verificada com 1 corte em todas as doses de N avaliadas, com maior valor observado de 4,82 e 4,48 mg g⁻¹ de MS, respectivamente. Porém, parece haver uma relação entre a redução das globulinas em maiores quantidades nas raízes e no pseudocolmo com o aumento da concentração nas folhas com 2 cortes, atribuída a realocação destas proteínas nestes órgãos para a manutenção da formação de novas globulinas nas folhas, extremamente necessárias para os processos fotossintéticos.

Tabela 3. Concentração de globulina do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Globulina na folha (mg g ⁻¹ de MS)					
1	4,78 c	6,08 b	8,54 ab	10,47 a	7,47
2	6,87 b	8,85 a	9,65 a	8,07 b	8,36
3	12,78 a	9,45 a	8,15 b	6,11 c	9,12
Médias	8,14	8,12	8,78	8,22	
CV (%)	8,85				
Globulina no pseudocolmo (mg g ⁻¹ de MS)					
1	2,79 a	3,81 a	3,82 a	4,82 a	3,81
2	1,61 b	1,49 b	1,07 b	0,90 c	1,27
3	1,19 b	1,08 b	1,58 b	1,93 b	1,44
Médias	1,86	2,13	2,16	2,55	
CV (%)	14,08				
Globulina na raiz (mg g ⁻¹ de MS)					
1	2,65 a	3,18 a	4,55 a	4,48 a	3,71
2	0,68 b	1,04 b	0,56 b	0,56 b	0,71
3	1,18 b	0,99 b	0,86 b	0,89 b	0,98
Médias	1,5	1,73	1,99	1,98	
CV (%)	23,14				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

3.3.4. Glutelinas

A interação entre cortes e doses de nitrogênio foi significativa para a concentração de glutelinas nas folhas, pseudocolmo e raiz (Figura 4). Na folha, as glutelinas apresentaram efeito linear crescente em resposta a adubação nitrogenada com 1 corte (Figura 4A), aumentando 66,8%. Para 3 cortes, o modelo ajustou-se de forma quadrática decrescente em resposta a adubação nitrogenada, com redução de 40,6% com a dose de 150 kg de N ha⁻¹.

A elevação das glutelinas nas folhas em resposta a adubação nitrogenada está atribuída às altas taxas de crescimento foliar. Por serem consideradas proteínas estruturais, as glutelinas conferem suporte e resistência, promovendo a sustentação estrutural dos tecidos. Com o aumento do número de cortes, ocorre a perda destas proteínas, resultando em menores concentração com 2 e 3 cortes, provavelmente pela diminuição destas proteínas com o decréscimo da absorção de nitrogênio inorgânico.

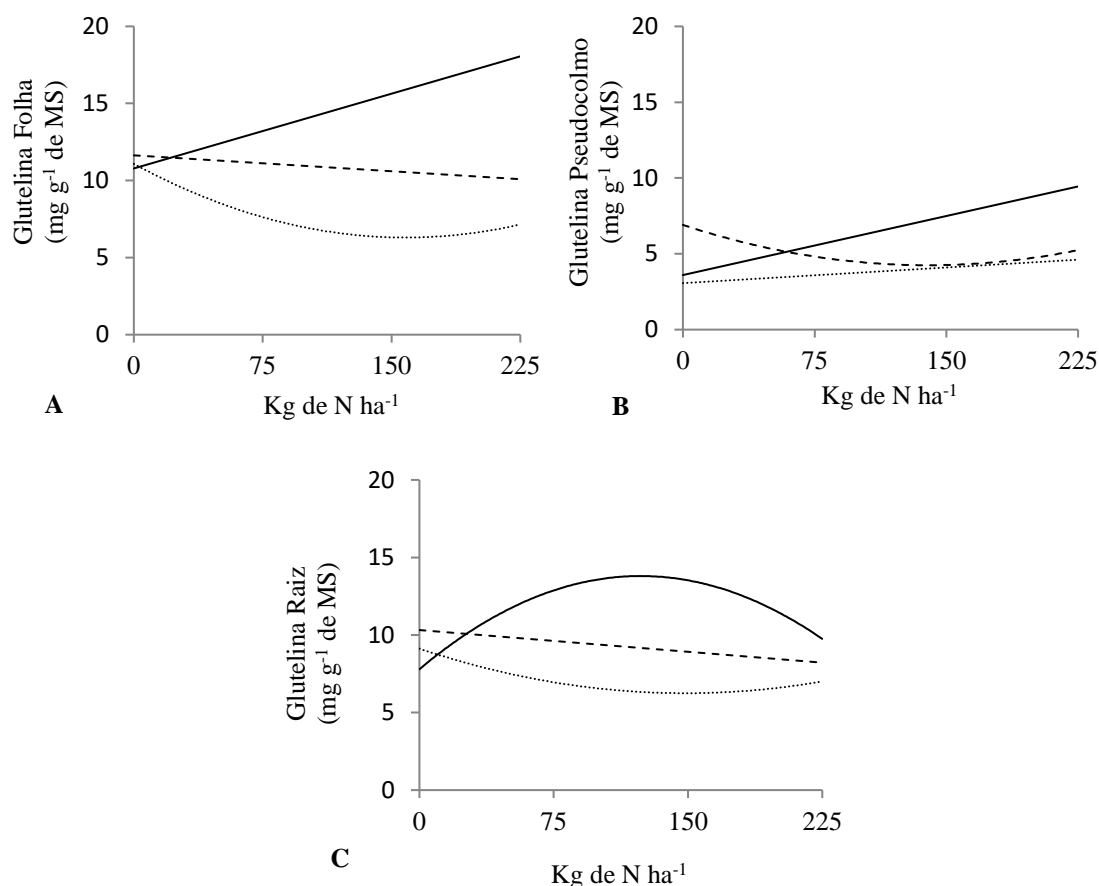


Figura 4. Concentração de glutelina na folha, pseudocolmo e raízes do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: Glutelina folha (A): \hat{Y}_1 corte = $10,78 + 0,032x$ ($R^2 = 94$); \bar{Y}_2 cortes = $10,86$; \hat{Y}_3 cortes = $11,08 - 0,06x + 0,0002x^2$ ($R^2 = 99$); Glutelina pseudocolmo (B): \hat{Y}_1 corte = $3,55 + 0,027x$ ($R^2 = 99$); \hat{Y}_2 Cortes = $6,91 - 0,038x + 0,0001x^2$ ($R^2 = 95$); \hat{Y}_3 Cortes = $3,07 + 0,0069x$ ($R^2 = 91$); Glutelina Raiz (C): \hat{Y}_1 Corte = $7,79 + 0,097x - 0,0004x^2$ ($R^2 = 90$); \hat{Y}_2 Cortes = $10,32 - 0,009x$ ($R^2 = 92$); \hat{Y}_3 Cortes = $9,11 - 0,040x + 0,0001x^2$ ($R^2 = 92$).

No pseudocolmo, a concentração de glutelinas ajustou-se ao modelo linear crescente em resposta a adubação nitrogenada para 1 e 3 cortes (Figura 4B), com aumento de 171,27 e 50,49%, respectivamente. Com 2 cortes, o modelo de regressão ajustou-se de forma quadrática decrescente em função da adubação nitrogenada para a concentração de glutelinas no pseudocolmo (Figura 4B), com redução de 43,3% com a dose de 190 kg de N ha⁻¹. Essa redução pode ser atribuída à realocação destas proteínas, com o objetivo de maximizar a taxa de crescimento foliar.

A concentração de glutelinas nas raízes ajustou-se ao modelo quadrático crescente para a adubação nitrogenada com 1 corte (Figura 4C), verificando-se aumento de 75,5% com a dose de 121,25 kg de N ha⁻¹. Com 2 cortes, o modelo ajustou-se de

forma linear negativa ($P < 0,05$) para a adubação nitrogenada (Figura 4C), com redução de 19,2%. Para 3 cortes, a concentração de glutelinas ajustou-se ao modelo quadrático decrescente com redução de 43,9% com a dose de 200 kg de N ha⁻¹, provavelmente, essas estruturas foram mobilizadas como fonte de aminoácidos, para zonas de maior demanda.

Verificou-se maior concentração de glutelinas nas folhas com 1 corte (Tabela 4), nas doses de 150 e 225 kg de N ha⁻¹, com maior valor 17,69 mg g⁻¹ de MS observado na dose de 225 kg de N ha⁻¹. No pseudocolmo, a maior concentração de glutelinas sem adubação foi observada com 2 cortes, com valor de 6,95 mg g⁻¹ de MS. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹ foi maior para 1 e 2 cortes. Nas doses de 150 e 225 kg de N ha⁻¹, a maior formação de globulinas foi verificada com 1 corte (Tabela 4).

Tabela 4. Concentração de glutelina do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Glutelina na folha (mg g ⁻¹ de MS)					
1	11,05 a	12,31 a	16,63 a	17,69 a	14,42
2	12,13 a	10,77 a	9,81 b	10,73 b	10,86
3	11,08 a	7,63 b	6,31 c	7,15 c	8,04
Médias	11,42	10,24	10,91	11,86	
CV (%)	10,98				
Glutelina no pseudocolmo (mg g ⁻¹ de MS)					
1	3,72 b	5,49 a	7,24 a	9,63 a	6,52
2	6,95 a	4,69 a	4,39 b	5,20 b	5,31
3	3,21 b	3,49 b	3,85 b	4,81 b	3,84
Médias	4,63	4,56	5,16	6,55	
CV (%)	11,87				
Glutelina na raiz (mg g ⁻¹ de MS)					
1	8,16 b	11,76 a	14,64 a	9,37 a	10,98
2	10,35 a	9,77 b	8,52 b	8,43 a	9,27
3	9,25 ab	6,47 c	6,63 c	6,88 b	7,31
Médias	9,25	9,33	9,93	8,23	
CV (%)	7,07				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

Com o aumento para 3 cortes houve redução da concentração de glutelinas no pseudocolmo, sobretudo, devido a mobilização destas estruturas para suprir a demanda de aminoácidos para a restauração foliar.

Na raiz, a concentração de glutelinas foi maior com 2 e 3 cortes sem adubação nitrogenada (Tabela 4). Nas doses de 75 e 150 kg de N ha⁻¹, a maior concentração foi verificada com 1 corte. Na dose de 225 kg de N ha⁻¹, a concentração de glutelinas foi semelhante entre 1 e 2 cortes. O maior valor de glutelinas (14,64 mg g⁻¹ de MS) foi encontrado na dose de 150 kg de N ha⁻¹ com 1 corte (Tabela 4).

A redução das glutelinas nas raízes em função do aumento do número de cortes demonstra a capacidade destas proteínas em serem realocadas como reservas de N após a planta ser submetida à desfolha, favorecendo na melhoria das taxas de crescimento foliar.

3.3.5. Carboidratos solúveis (CHOs)

A concentração de carboidratos solúveis do capim-marandu apresentou interação significativa para folha, pseudocolmo e raiz (Figura 5). Na folha, os carboidratos solúveis ajustaram-se ao modelo linear negativo em resposta à adubação nitrogenada com 1 corte (Figura 5A), com redução de 57,3% com a dose de 225 kg de N ha⁻¹.

A adubação nitrogenada reduziu dos teores de carboidratos solúveis, em especial, nas folhas e nas raízes em função do aumento das doses de nitrogênio com 1 corte. As gramíneas adubadas com nitrogênio em períodos de rebrota, apresentam altas taxas de crescimento (Martuscello et al., 2006), demandando maiores concentrações de energia, principalmente em resposta à desfolha, priorizando o uso dos carboidratos produzidos para atender as elevadas taxas de crescimento e incorporação do nitrogênio inorgânico presente no solo (Bredemeier & Mundstock, 2000).

Segundo Gloser et al. (2007), gramíneas cultivadas com maior oferta de nitrogênio, antes da desfolha, apresentaram maior quantidade de todos os tipos de compostos de armazenamento de nitrogênio (nitratos, aminoácidos livres, proteínas solúveis). Contudo, apresentaram menores concentrações de carboidratos em resposta à adubação nitrogenada. Esses carboidratos, em sua maioria, translocados da parte aérea, disponibilizam a energia necessária para os processos de conversão do nitrogênio inorgânico e para o aumento das taxas de crescimento (Rufty et al., 1989; Vessey et al., 1990; Huppe & Turpin, 1994).

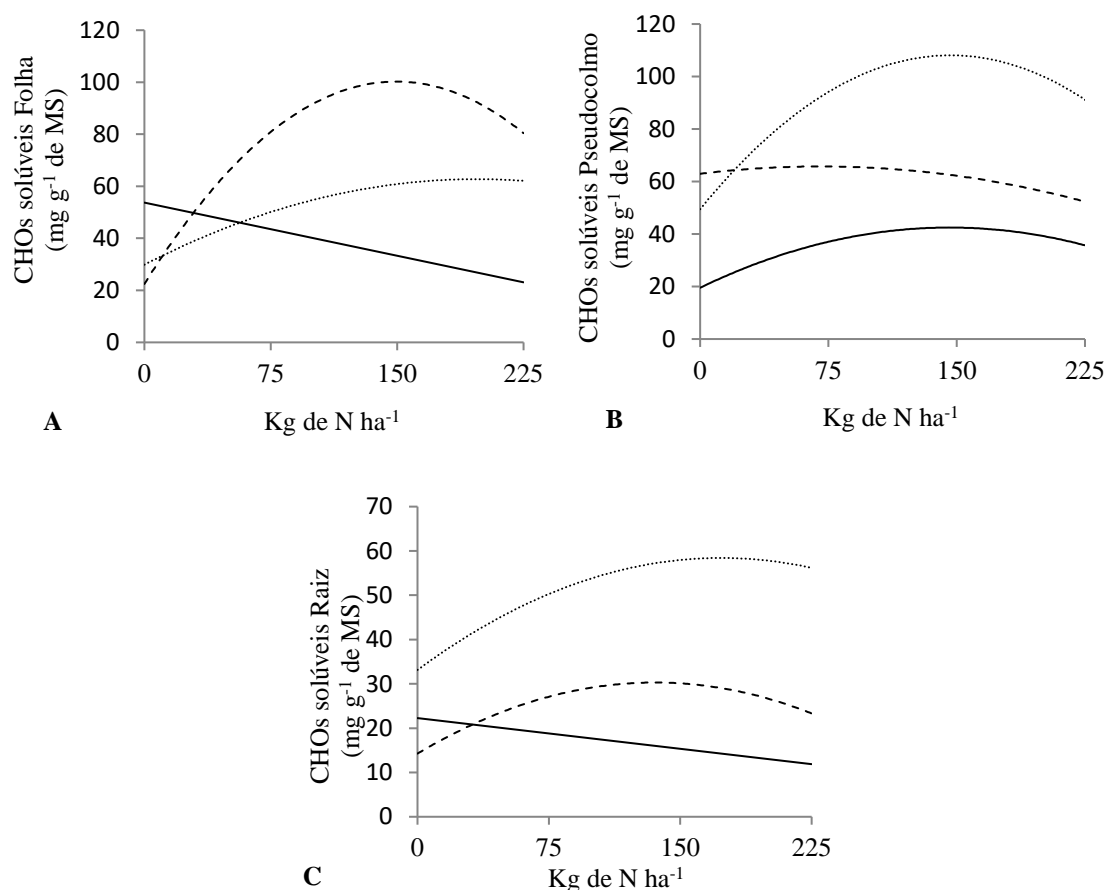


Figura 5. Concentração de carboidratos (CHOs) solúveis na folha, pseudocolmo e raízes do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: CHOs solúveis folha (A): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 53,73 - 0,1362x$ ($R^2 = 90$); $\hat{Y}_2 \text{ cortes} = 22,45 + 1,04x - 0,0035x^2$ ($R^2 = 88$); $\hat{Y}_3 \text{ cortes} = 29,77 + 0,3345x - 0,0008x^2$ ($R^2 = 98$); CHOs solúveis pseudocolmo (B): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 19,54 + 0,3144x - 0,0011x^2$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 62,97 + 0,08x - 0,0006x^2$ ($R^2 = 94$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 49,45 + 0,801x - 0,0027x^2$ ($R^2 = 99$); CHOs solúveis raiz (C): $\hat{Y}_1 \text{ Corte} = 22,27 - 0,05x$ ($R^2 = 95$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 14,26 + 0,2366x - 0,0009x^2$ ($R^2 = 98$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 33,14 + 0,2916x - 0,0008x^2$ ($R^2 = 94$).

A assimilação de nitrogênio é um processo altamente exigente em termos de energia, variando em função da fonte de nitrogênio. Fontes de nitrogênio na forma de amônio (NH_4^+) requerem 2 elétrons e 1 ATP por molécula de NH_4^+ para ser convertida em glutamato (Bloom et al., 1992).

Com 2 e 3 cortes, os carboidratos solúveis na folha (Figura 5A) ajustaram-se de forma quadrática crescente, com aumento de 344,1% e 117,5% com as doses de 148,57 e 209,06 kg de N ha⁻¹, respectivamente. Esse aumento, provavelmente, se deve à redução da demanda de energia para a incorporação do nitrogênio com a redução da disponibilidade de nitrogênio no solo, além da utilização das reservas proteicas como fonte de nitrogênio, resultando em maior concentração de carboidratos metabolizados

nas plantas. Isso ocorre, devido à utilização das proteínas de reserva como substrato para o crescimento, uma vez que são fontes de nitrogênio já absorvido, que não demandam maiores quantidade de energias (Volenc et al., 1996; Gloser et al., 2007).

No pseudocolmo, os carboidratos solúveis ajustaram-se ao modelo quadrático crescente ($P < 0,05$) em resposta a adubação nitrogenada (Figura 5B), com aumento de 114,9%, 4,7% e 120,1% para 1, 2 e 3 cortes com as doses de 142,91, 66,67 e 148,33 kg de N ha⁻¹, respectivamente. Como os processos de conversão de nitrogênio inorgânico ocorrem nas folhas e raízes (Taiz et al., 2017), as concentrações de carboidratos no pseudocolmo ocorre devido a translocação para regiões de demanda como as raízes, para atender as exigências em energia deste órgão (Ruffy et al., 1989).

Nas raízes, os carboidratos solúveis ajustaram-se de forma linear negativa ($P < 0,05$) em resposta à adubação nitrogenada com 1 corte (Figura 5C), com redução de 50,5%. A redução dos carboidratos solúveis com 1 corte, está atribuída à alta demanda de energia para a absorção e conversão do nitrogênio inorgânico (Bredemeier & Mundstock, 2000). Contudo, a quantidade de energia produzida nas raízes é insuficiente para atender as altas taxas de conversão do nitrogênio inorgânico, necessitando, desse modo, da importação de carboidratos produzidos nas folhas, a fim de se gerar energia e esqueletos de carbono para o processo de conversão do nitrogênio inorgânico em aminoácidos (Turpin et al., 1991).

Com 2 e 3 cortes, os carboidratos nas raízes ajustaram-se ao modelo quadrático crescente em resposta a adubação nitrogenada (Figura 5C), com aumento de 109,05% e 77,46% com as doses de 131,44 e 147,88 kg de N ha⁻¹, respectivamente. A redução da disponibilidade de nitrogênio inorgânico no solo e a utilização de reservas proteicas podem ter proporcionado redução do gasto de energia, gerando maior acúmulo de carboidratos solúveis.

A concentração de carboidratos solúveis nas folhas foi maior com 1 corte sem adubação nitrogenada (Tabela 5). Contudo, apresentaram menores taxas de crescimento, mostrando que, a ausência do fornecimento de nitrogênio reduz a capacidade de crescimento, mesmo apresentando maior disponibilidade de carboidratos. Com a adubação nitrogenada, a produção de carboidratos solúveis foi maior com 2 corte em todas as doses de nitrogênio avaliadas (Tabela 5), com maior valor de 95,57 mg g⁻¹ de MS na dose de 75 kg de N ha⁻¹.

Tabela 5. Concentração de carboidratos (CHOs) solúveis do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
CHOs solúveis na folha (mg g ⁻¹ de MS)					
1	50,10 a	49,99 b	31,23 c	22,30 c	38,41
2	17,56 c	95,57 a	85,58 a	85,32 a	71,01
3	28,98 b	52,73 b	58,22 b	62,97 b	50,70
Médias	32,18	66,10	58,34	56,87	
CV (%)	4,53				
CHOs solúveis no pseudocolmo (mg g ⁻¹ de MS)					
1	19,54 c	37,06 c	42,44 c	35,70 c	33,68
2	62,38 a	67,49 b	60,43 b	52,92 b	60,80
3	48,43 b	97,16 a	105,00 a	92,17 a	85,69
Médias	43,45	67,23	69,29	60,26	
CV (%)	7,65				
CHOs solúveis na raiz (mg g ⁻¹ de MS)					
1	23,19 b	17,78 c	14,63 c	12,69 c	17,07
2	14,66 c	25,88 b	31,33 b	22,92 b	23,70
3	34,25 a	46,94 a	61,29 a	55,06 a	49,39
Médias	24,03	30,20	35,75	30,22	
CV (%)	9,32				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

De acordo com Spigarelli et al. (1994), maiores quantidade de folhas verdes e, conseqüentemente, maior quantidade de tecido fotossintetizante, apresentaram maior formação de carboidratos, que aliadas a utilização de reservas proteicas reduziram o gasto de energia (Volenc et al., 1996).

No pseudocolmo, a concentração de carboidratos solúveis foi maior com 2 cortes em relação aos demais sem à adubação nitrogenada (Tabela 5). Com a adubação, os maiores valores de carboidratos solúveis foram encontrados com 3 cortes, chegando à 105,00 mg g⁻¹ de MS na dose de 150 kg de N ha⁻¹. Os valores de carboidratos solúveis foram maiores no pseudocolmo em relação à raiz, reposta semelhante observadas por Cecato et al. (2001) que verificaram maior concentração de carboidratos no pseudocolmo do capim-coastcross em relação as raízes.

A maior concentração de carboidratos na raiz foi observada com 3 cortes independente da dose de N avaliada (Tabela 5), com maior valor 61,29 mg g⁻¹ de MS na dose de 150 kg de N ha⁻¹. A maior concentração de carboidratos nas raízes e

pseudocolmo após ser submetido a três cortes podem estar atribuída à rápida recuperação foliar ocasionada pela utilização das reservas de proteínas, reduzindo o gasto de energia para a incorporação de nitrogênio inorgânico, resultando em maiores taxas de crescimento foliar e radicular, favorecendo o acúmulo de carboidratos. Segundo Gomide et al. (2002), gramíneas submetidas a desfolha já apresentavam recuperação das concentrações de carboidratos na base do colmo e raízes aos 5 dias de rebrota.

Os carboidratos solúveis produzidos em resposta à adubação nitrogenada com 1 corte foram utilizados pelo capim-marandu unicamente para atender as altas taxas de crescimento, conversão de substâncias inorgânicas e armazenamento de reservas proteicas. Essas reservas proteicas foram utilizadas como fonte de aminoácidos para a rápida restauração foliar com 2 e 3 cortes, favorecendo a formação e acúmulo de carboidratos solúveis no pseudocolmo e raízes.

3.3.6. *Amido*

A concentração de amido no pseudocolmo e raiz do capim-marandu apresentou interação significativa entre adubação nitrogenada e cortes (Figura 6). No pseudocolmo, o amido com 1 corte ajustou-se de forma linear crescente em resposta a adubação nitrogenada (Figura 6A), com aumento de 582,1% com a dose de 225 kg de N ha⁻¹. Com 2 e 3 cortes, o modelo ajustou-se de forma quadrática crescente ($P < 0,05$), aumentando 329,6% e 366,7% e com valores máximos estimados de 77,49 mg com a dose de 213,84 kg ha⁻¹ e 114,64 mg com a dose de e 146,43 kg de N ha⁻¹, respectivamente.

A alta concentração de amido no pseudocolmo com 2 e 3 cortes, em resposta a adubação nitrogenada, pode estar atribuída, ao início da retomada do crescimento foliar impulsionada pela utilização das reservas de proteína, aumentando, assim, a síntese de carboidratos solúveis pelas folhas e pela diminuição da demanda de energia para a conversão do nitrogênio inorgânico do solo, aumentando o acúmulo de amido no pseudocolmo.

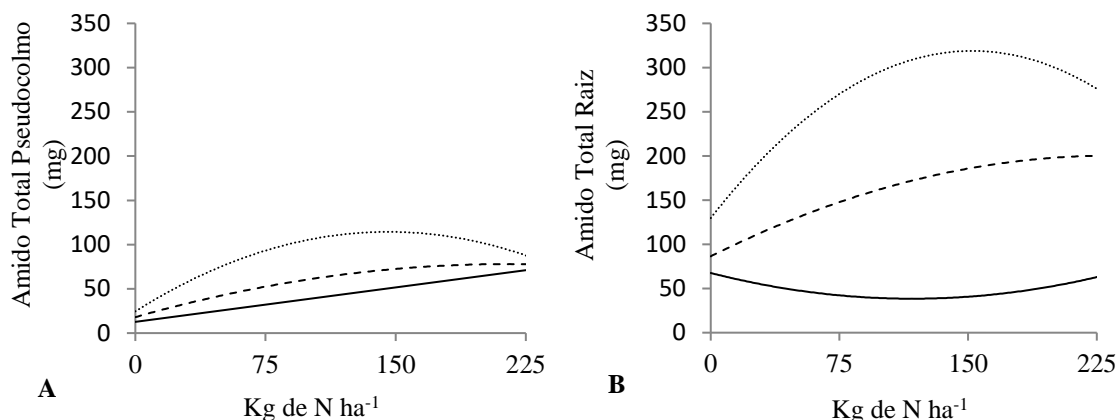


Figura 6. Concentração de amido do pseudocolmo e raiz do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: Amido total pseudocolmo (A): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 11,21 + 0,29x$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 18,04 + 0,556x - 0,0013x^2$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 24,56 + 1,23x - 0,0042x^2$ ($R^2 = 99$); Amido total raiz (B): $\hat{Y}_1 \text{ Corte} = 67,53 - 0,50x + 0,0021x^2$ ($R^2 = 93$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 86,34 + 0,98x - 0,0021x^2$ ($R^2 = 90$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 128,89 + 2,57x - 0,0088x^2$ ($R^2 = 94$).

Na raiz, o modelo ajustou-se de forma quadrática decrescente para 1 corte em respostas à adubação nitrogenada (Figura 6B), com redução de 44,2% com a dose de 119,05 kg de N ha⁻¹. A adubação nitrogenada com 1 corte, estimulou em maior demanda de carboidratos para atender as altas taxas de crescimento. Segundo Gloser et al. (2007), plantas adubadas com nitrogênio apresentavam alta formação de proteínas e redução de carboidratos de reserva. Com 2 e 3 cortes, o amido na raiz ajustou-se de forma quadrática crescente em resposta à adubação nitrogenada (Figura 6B). Com 2 cortes, o aumento foi de 132,4%, com valor máximo estimado de 200,67 mg com a dose de 233,33 kg de N ha⁻¹. Para 3 cortes, o aumento foi de 145,6%, com máximo valor estimado de 316,53 mg com a dose de e 146,02 kg de N ha⁻¹.

Para o pseudocolmo, a diferença na produção total de amido foi verificada apenas nas doses de 0, 75 e 150 kg de N ha⁻¹ com 3 cortes, com maior valor (119,16 mg) na dose de 150 kg de N ha⁻¹ (Tabela 6). Sem a adubação nitrogenada verificou-se aumento de 155,0% com aumento de 1 para 3 cortes. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹, o aumento foi de 149% de 1 para 3 cortes. Para a dose de 150 kg de N ha⁻¹ o aumento chegou a 128,6% de 1 para 3 cortes. O aumento do número de cortes não reduziu a concentração de amido no pseudocolmo, resposta atribuída ao período de intervalo entre os cortes (28 dias), que favoreceram na rápida recuperação da área foliar,

principalmente em reposta a adubação nitrogenada e da utilização de reservas proteicas, reduzindo a demanda de energia, favorecendo no acúmulo de amido.

Na raiz, a concentração de amido foi superior com 3 cortes em todas as doses de N avaliadas (Tabela 6), com maior concentração 295,81 mg na dose de 75 kg de N ha⁻¹. O aumento de amido na raiz de 1 para 3 cortes, foi de 83,2, 534,4, 707,1 e 337,3% nas doses de 0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 6. Concentração de amido do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Amido no pseudocolmo (mg)					
1	10,27 b	35,48 b	52,12 c	69,62 a	43,70
2	19,00 a	49,64 b	75,32 b	76,95 a	57,52
3	26,19 a	88,34 a	119,16 a	86,12 a	75,81
Médias	18,46	57,82	82,20	77,56	
CV (%)	15,46				
Amido na raiz (mg)					
1	66,07 b	46,63 c	36,31 c	64,37 c	53,34
2	79,61 b	167,95 b	165,47 b	206,85 b	154,97
3	121,05 a	295,81 a	293,04 a	284,51 a	248,60
Médias	88,91	170,13	164,94	185,24	
CV (%)	12,47				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

Com a redução da demanda de energia para os processos de incorporação do nitrogênio inorgânico e a utilização das reservas de proteína como fonte de nitrogênio e carbono durante a rebrota, favoreceu na recuperação foliar e na produção de fotoassimilados, que em consequência foram translocados para as raízes e armazenados na forma de amido.

Esse resultado confirma que a adubação nitrogenada favorece o acúmulo de reservas proteicas produzidas no período precedente, que aumentam a capacidade de recuperação foliar e fotossintética, elevando a formação de carboidratos solúveis, que em grande parte foram realocados para as raízes e armazenados na forma de amido.

3.3.7. Clorofilas *a*, *b* e totais

A concentração de clorofilas *a*, *b* e totais do capim-marandu apresentaram interação significativa entre adubação nitrogenada e cortes (Figura 7).

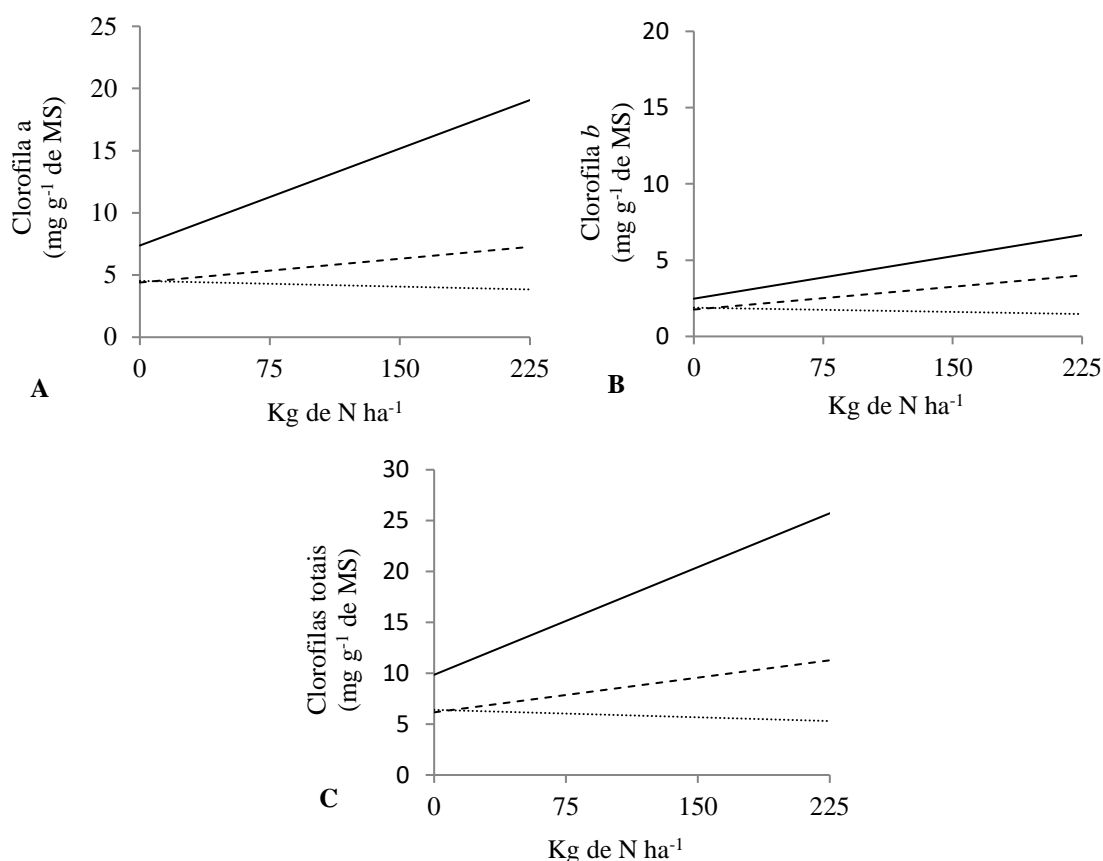


Figura 7. Concentração de clorofila *a*, *b* e totais do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: Clorofila *a* (A): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 7,38 + 0,052x$ ($R^2 = 98$); $\hat{Y}_2 \text{ cortes} = 4,40 + 0,013x$ ($R^2 = 98$); $\hat{Y}_3 \text{ cortes} = 4,18$; Clorofila *b* (B): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 2,47 + 0,019x$ ($R^2 = 98$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 1,76 + 0,01x$ ($R^2 = 97$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 1,67$; Clorofilas totais (C): $\hat{Y}_1 \text{ Corte} = 9,85 + 0,071x$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 6,16 + 0,023x$ ($R^2 = 98$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 5,86$.

A adubação nitrogenada promoveu efeito linear crescente para concentração de clorofila *a* com 1 e 2 cortes (Figura 7A), com aumento de 158,1% e 66,6%, respectivamente. Para clorofila *b* à adubação nitrogenada promoveu efeito linear crescente ($P < 0,05$) com 1 e 2 cortes (Figura 7B), com aumento de 173,2% e 127,9%, respectivamente. Essa resposta é esperada devido ao fato de que o nitrogênio é um mineral constituinte das moléculas de clorofila (Taiz et al., 2017) e a disponibilidade dele no solo aumenta os teores de clorofila nas folhas (Martuscello et al., 2016). Com 3

cortes não foi verificada diferença entre os teores de clorofilas *a*, *b* e totais, proporcionada pela redução das reservas de nitrogênio, principalmente das raízes, priorizando a formação de outras estruturas em relação a formação de novas clorofilas.

Em relação a clorofilas totais à adubação nitrogenada promoveu efeito linear crescente para 1 e 2 cortes (Figura 7C), com aumento de 162,2% e 84,1%, respectivamente. Segundo Cabrera-Bosquet et al. (2009), a adubação nitrogenada proporciona efeito positivo no aumento da espessura foliar e na elevação da concentração de clorofilas nas folhas, estimulando em maior atividade fotossintética, devido a maior capacidade de captação de luz pelos pigmentos fotossintéticos.

De acordo com Martuscello et al. (2006) altas doses de nitrogênio estimulam o aumento da síntese de pigmentos fotossintéticos. A clorofila *a* e *b* são pigmentos utilizados na fase fotoquímica (o primeiro estágio do processo fotossintético), atuando na captação de luz, pois fazem parte do complexo antena dos fotossistemas. No centro de reação, duas clorofilas *a* compõem o centro de reação dos fotossistemas, recebendo a energia captada e excitando os elétrons, desencadeando a cadeia de transporte de elétrons da etapa fotoquímica (Taiz et al., 2017). Os teores de clorofila *a* foram maiores que os teores de clorofila *b*, devido à fisiologia das plantas C4, pois segundo Silva et al. (2001), o teor de clorofila por cloroplasto é menor em plantas C4, especialmente a clorofila *b*, reduzindo a necessidade de gasto energético para produção de pigmentos coletores de radiação, já que se desenvolvem em ambientes com alta saturação de luz.

A maior concentração de clorofilas *a*, *b* e totais foi verificada com 1 corte na maior dose de nitrogênio (Tabela 7), com valores máximos de 18,78, 6,89 e 25,67 mg g⁻¹ de MS respectivamente. O aumento para 3 cortes reduziu a concentração de clorofilas *a* em 37,91, 62,5, 74,1 e 79,2% nas doses de 0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹. A redução da clorofila *b* de 1 para 3 cortes, foi de 35, 46,4, 68,8 e 79,4% para as doses de 0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹. Para clorofilas totais a redução de 1 para 3 cortes, foi de 37,1, 58,3, 72,9 e 79,3% nas doses de 0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹.

A redução do teor de clorofilas em resposta a 3 cortes, está ligada, a sucessiva perda da área foliar fotossintetizante, pela queda na absorção de nitrogênio inorgânico e pela redução das reservas de nitrogênio, estimulando em menor formação de clorofilas, priorizando a utilização das fontes de nitrogênio para síntese de outras estruturas como as albuminas (enzimas).

Tabela 7. Concentração de clorofila *a*, *b* e totais do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Clorofila <i>a</i> (mg g ⁻¹ de MS)					
1	7,65 a	10,44 a	16,02 a	18,78 a	13,22
2	4,25 b	5,63 b	6,21 b	7,24 b	5,83
3	4,75 b	3,92 c	4,15 c	3,91 c	4,18
Médias	5,55	6,66	8,79	9,98	
CV (%)	7,97				
Clorofila <i>b</i> (mg g ⁻¹ de MS)					
1	2,66 a	3,73 a	4,97 a	6,89 a	4,56
2	1,61 b	2,70 b	3,32 b	3,89 b	2,88
3	1,73 b	2,00 b	1,55 c	1,42 c	1,67
Médias	2,00	2,81	3,28	4,07	
CV (%)	13,44				
Clorofilas totais (mg g ⁻¹ de MS)					
1	10,31 a	14,17 a	20,99 a	25,67 a	17,78
2	5,86 b	8,33 b	9,53 b	11,14 b	8,71
3	6,48 b	5,91 c	5,69 c	5,33 c	5,86
Médias	7,55	9,47	11,89	14,1	
CV (%)	7,35				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

Portanto, plantas adubadas com nitrogênio com 2 e 3 cortes apresentaram altas taxas de crescimento foliar em relação aquelas sem nitrogênio, provavelmente, devido a maior concentração e utilização de reservas de proteínas, aumentando a formação de clorofilas. Segundo Bullock & Anderson (1998), quanto maior a disponibilidade de N maior e a formação de clorofila pela planta, resultando em aumento da intensidade do verde nas folhas. Com os cortes as clorofilas produzidas no período precedente são removidas pela desfolha e a absorção de nitrogênio é reduzida.

3.4. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada aumenta os teores das frações de proteínas, carboidratos solúveis, amido e clorofilas no capim-marandu. Após cortes sucessivos, os teores proteicos diminuem, indicando que a planta absorve e armazena o nitrogênio enquanto está disponível no solo para ser utilizado posteriormente conforme a necessidade. A presença da adubação nitrogenada favorece o desenvolvimento da planta, aumentando a produção de fotoassimilados, resultando na reserva de amido mesmo após sucessivos cortes.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRINO, E.; MOSQUIM, P. R.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; VAZ, R. G. M. V. ; DETMANN, E. Evolução da biomassa e do perfil da reserva orgânica durante a rebrotação da “*Brachiaria brizantha*” cv. Marandu submetida a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 9, n. 2, p. 190-200, 2008.

AVICE, J. C.; LE DILY, F.; GOULAS, E.; NOQUET, C.; MEURIOT, F.; VOLENEC, J. J.; CUNNINGHAM, S. M.; SORS, T. G.; DHONT, C.; CASTONGUAY, Y.; NADEAU, P.; BÉLANGER, G.; CHALIFOUR, F. P.; OURRY, A. Vegetative storage proteins in overwintering storage organs of forage legumes: roles and regulation. **Canadian Journal of Botany**, vol, 81, p. 1198–1212, 2003.

AVICE, J. C.; OURRY, A.; LEMAIRE, G.; BOUCAUD, J. Nitrogen and carbon flows estimated by ¹⁵N and ¹³C pulse-chase labeling during regrowth of alfalfa. **Plant Physiology**, v. 112, n. 1, p. 281-290, 1996.

BENDER, M. M.; SMITH, D. Classification of starch and fructosan- accumulating grasses as C-3 or C-4 species by carbon isotope analysis. **Journal of the British Grassland Society**, v. 28, p. 97-100, 1973.

BLOOM, A. J.; SUKRAPANNA, S. S.; WARNER, R. L. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. **Plant Physiology**, v.99, p.1294-1301, 1992.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem.**, v. 72, p. 248, 1976.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, p.365-372, 2000.

BULLOCK, D. G.; ANDERSON, D. S. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. **Journal Plant Nutrition**, v. 21, p.741-755, 1998.

CABRERA-BOSQUET, L.; ALBRIZIO, R.; ARAUS, J. L.; NOGUÉS, S. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. **Environmental and Experimental Botany**, v.67, n.1, p.145–152, 2009.

CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M. de; FONSECA, D. M. da; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. de. **Pastagens**. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais (CFSMG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação, Viçosa, 1999, p.332-341.

CECATO, U.; CANO, C. C. P.; BORTOLO, M.; HERLING, V. R.; CANTO, M. W. do; CASTRO, C. R. de C. Teores de carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em Coastcross1 (*Cynodon dactylon*(L.) pers) pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 644-650, 2001.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. G. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v.89, p.557-562, 1997.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, J. L.; RODRIGUES, R.B. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. II – Nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1601-1607, 2008.

CULVENOR, R. A.; SIMPSON, R. J. Mobilization of nitrogen in swards of *Trifolium subterraneum* L. during regrowth after defoliation, **New Phytologist**, v. 117, p. 81-90, 1991.

CYR, D. R.; BEWLEY, J. D. Proteins in the roots of the perennial weeds chicory (*Cichorium intybus* L.) and dandelion (*Taraxacum officinale* Weber) are associated with overwintering, - **Planta**, v. 182, p. 370-374, 1990.

D'OVIDIO, R.; MASCI, S. The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, p. 321-329, 2004.

DIERKING, R. M.; ALLEN, D. J.; CUNNINGHAM, S. M.; BROUDER, S. M.; VOLENEC, J. J. Nitrogen reserve pools in two *Miscanthus* × *giganteus* genotypes under contrasting N managements. **Frontier in Plant Science**, v. 8, n. 1618, 2017.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAN, M. L. (Eds.). **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. v.1, p.477-512.

DONAGHY, D. J.; FULKERSON, W. J. Priority for allocation of water soluble carbohydrate reserves during regrowth of Lollim perene. **Grass and Forage Science**, Tasmania, v. 53, p. 211-218, 1998.

GASTAL F.; SAUGIER B. Relationships between nitrogen uptake and carbon assimilation in whole plants of tall fescue, **Plant Cell Environ**, v. 12, p. 407–418, 1989.

GLOSER, V.; KOŠVANCOVÁ, M.; GLOSER, J.; Regrowth dynamics of *Calamagrostis epigejos* after defoliation as affected by nitrogen availability. **Biologia Plantarum**. Vol. 51, n.3, 501–506, 2007.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C. Fotossíntese, Reservas Orgânicas e Rebrotas do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) sob Diferentes Intensidades de Desfolha do Perfilho Principal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2165-2175, 2002.

HUPPE, H. C.; TURPIN, D. H. Integration of carbon and nitrogen metabolism in plant and algal cells. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.45, p.577-607, 1994.

LARSSON, C. M.; INGEMARSSON, B. Molecular aspects of nitrate uptake in higher plants. In: WRAY, J. L., KINGHORN, J. R. **Molecular and genetics aspects of nitrate assimilation**. Oxford : Oxford Science, 1989. Chapter 1. p.3-14.

LEHMEIER, C. A.; WILD, M.; SCHNYDER, H.; GRÜNLANDLEHRE, L.; PFLANZENWISSENSCHAFTEN, D.; MÜNCHEN, T. U. Nitrogen stress affects the turnover and size of nitrogen pools supplying leaf growth in a grass. **Plant Physiol**, v. 162, p.2095-2105, 2013.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; Santos, P. M.; CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.665-671, 2006.

MORAIS, L. P. V. X. C.; BOMFIM-SILVA, E. M.; PACHECO, A. B.; ABREU, J. G.; SILVA, T. J. A.; POLIZEL, A. C. Nitrogen and potassium in the cultivation of piatã grass in Brazilian Cerrado soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n.11, p. 984-989, 2016.

OSBORNE, T. B. **The vegetable proteins**. 2.ed. London: Longmans Green and company, 1924, p.154.

OURRY, A.; KIM, T. H.; BOUCAUD, J. Nitrogen reserve mobilization during growth of *Medicago Sativa* L. Relationships between availability and regrowth yield. **Plant Physiology**, v. 105, p. 837-837, 1994.

OURRY, A.; MACDUFF, J. H.; OUGHAM, H. J. The relationship between mobilization of N reserves and changes in translatable messages following defoliation in *Lolium temulentum* L. and *Lolium perene* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, p. 739–747, 1996.

POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M. N. et al. Características morfofisiológicas do capim-aruaana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.11, n.4, p.1187-1210, 2010.

RUFTY, T. W.; MACKOWN, C. T.; VOLK, R. J. Effects of altered carbohydrate availability on whole-plant assimilation of $^{15}\text{NO}_3^-$. **Plant Physiology**, v.89, p.457-463, 1989.

SPITARELI, R. F.; SOLLENBERGER, L. E.; SCHANK, S. C.; STAPLES, C. R. Defoliation effects on agronomic performance of seed ed *Pennisetum hexaploid* hybrids. **Agronomy Journal**, v. 86, p.695-698, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TANNER, W.; CASPARI, T. Membrane transport carriers. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 47, p. 595-626, 1996.

THORNTON, B.; MILLARD, P.; BAUSENWEIN, U. Reserve formation and recycling of carbon and nitrogen during regrowth of defoliated plants: In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. de.; CARVALHO, P. C. F.; NABINGER, C. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. 2000, p. 85-99.

TURPIN, D. H.; VANLERBERGHE, G. C.; AMORY, A. M.; GUY, R, D. The inorganic carbon requirements for nitrogen assimilation. **Canadian Journal of Botany**, v.69, p.1139-1145, 1991.

VESSEY, J. K.; RAPER, C. D.; HENRY, L. T. Cyclic variations in nitrogen uptake rate in soybean plants: uptake during reproductive growth. **Journal of Experimental Botany**, v.41, p.1579-1584, 1990.

VOLENEC, J. J.; OURRY, A.; JOERN, B. C. A role to nitrogen reserves in the resprout of forages and tolerance for stress. **Physiologia Plantarum**, v. 97, p.185-193, 1996.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v.144, n.3, p.307-313, 1994.

WHITE, L. M. **Carbohydrate reserves of grasses. Review.** J. Range manage, p. 13-18, 1973.

IV. CAPÍTULO II

PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE PROTEÍNAS E CARBOIDRATOS NOS DIFERENTES ÓRGÃOS DO CAPIM-MARANDU SUBMETIDO À ADUBAÇÃO NITROGENADA E A DESFOLHA.

Resumo: objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da desfolha sobre a produção e distribuição de proteínas (prolaminas, albuminas, globulinas e glutelinas) e carboidratos em diferentes órgãos do capim-marandu. O estudo foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, campus de Itapetinga – BA, durante o período de fevereiro a setembro de 2017. O ensaio foi conduzido em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia) e três ciclos de corte com intervalos de 28 dias (1, 2 e 3 cortes), disposto em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 48 vasos plásticos com capacidade de 12 litros, os quais foram preenchidos com 9 dm⁻³ de solo. Foram utilizadas 4 plantas por vaso de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Foram avaliadas as frações proteicas (prolaminas, albuminas, globulinas e glutelinas) e carboidratos solúveis em folhas, pseudocolmo e raízes, bem como a concentração de amido no pseudocolmo e raízes. Nas raízes, as prolaminas representaram cerca de 48,41%, 28,84% e 29,79%, as folhas com 29,87%, 47,38% e 47,69% e o pseudocolmo com 21,20%, 23,66% e 22,53% com 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. Nas folhas, as albuminas chegaram a representar cerca de 63,37%, 70,56% e 69,61%, o pseudocolmo com 21,08%, 19,53% e 17,45% e as raízes 15,75%, 9,92% e 11,97% com 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. Para as globulinas, as folhas representaram em média 49,19%, 80,69% e 77,94%, o pseudocolmo 25,93%, 12,46% e 13,44% e as raízes 24,96%, 6,87% e 8,62% do total de globulinas com 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. As folhas apresentaram maior proporção de glutelinas chegando a representar em média 45,31%, 43,50% e 41,50%, o pseudocolmo 19,96%, 20,72% e 20,49% e as raízes 34,73%, 36,50% e 38,02% do total de glutelinas com 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. As folhas apresentaram em média 42,12%, 42,55% e 27,16% do total de carboidratos solúveis, o pseudocolmo 38,74%, 42,87% e 45,84% e as raízes 19,11%, 15,26% e 27% com 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. As raízes apresentaram proporção média de amido com 58,11%, 74,88% e 76,77% da produção total e o pseudocolmo com 41,89%, 25,12% e 23,24% para 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. O fornecimento de nitrogênio promove aumento das proteínas nas folhas, pseudocolmo e raízes. Com a sucessão de desfolha (até 3 cortes) há redução nos teores de proteínas. De uma maneira geral, todos os grupos de proteínas podem ser fontes de nitrogênio quando não há disponibilidade dele no solo. A presença do nitrogênio e, principalmente, as reservas de proteínas favorecem a rebrota e a produção de fotoassimilados de forma que aumentam a concentração de carboidratos de reserva e de amido nos órgãos de reserva (pseudocolmo e raízes).

Palavra-chave: carbono, folhas, nitrogênio, pseudocolmo, raízes

PRODUCTION AND DISTRIBUTION OF PROTEINS AND CARBOHYDRATES IN THE DIFFERENT ORGANS OF MARANDU GRASS SUBMITTED TO NITROGENATED FERTILIZATION AND DEFOLIATION.

Abstract: the objective of this chapter was to evaluate the effect of nitrogen fertilization and defoliation on the production and distribution of proteins (prolamines, albumins, globulins and glutelin) and carbohydrates in different organs of marandu grass. The study was conducted at the State University of Southwest Bahia - UESB, campus of Itapetinga - BA, from February to September 2017. The trial was conducted in a 4 x 3 factorial scheme, with four doses of nitrogen (0.75 , 150 and 225 kg of N ha⁻¹ in the form of urea) and three cutting cycles with intervals of 28 days (1, 2 and 3 cuts), arranged in a completely randomized design, with four replications, totaling 48 plastic pots with capacity 12 liters, which were filled with 9 dm⁻³ of soil. Four plants were used per pot of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Protein fractions (prolamines, albumins, globulins and glutellins) and soluble carbohydrates in leaves, pseudostem and roots were evaluated, as well as, the starch concentration in pseudostem and roots. In the roots, prolamines represented about 48.41%, 28.84% and 29.79%, the leaves with 29.87%, 47.38% and 47.69% and the pseudoholm with 21.20%, 23.66% and 22.53% with 1, 2 and 3 cuts, respectively. In leaves, albumin came to represent about 63.37%, 70.56% and 69.61%, pseudo Stockholm with 21.08%, 19.53% and 17.45% and roots 15.75%, 9.92% and 11.97% with 1, 2 and 3 cuts, respectively. For globulins, the leaves represented on average 49.19%, 80.69% and 77.94%, the pseudo-Stockholm 25.93%, 12.46% and 13.44% and the roots 24.96%, 6, 87% and 8.62% of the total globulins with 1, 2 and 3 cuts, respectively. The leaves showed a higher proportion of glutellins reaching an average of 45.31%, 43.50% and 41.50%, the pseudo-Stockholm 19.96%, 20.72% and 20.49% and the roots 34.73%, 36.50% and 38.02% of the total of glutellins with 1, 2 and 3 cuts, respectively. The leaves presented an average of 42.12%, 42.55% and 27.16% of the total soluble carbohydrates, the pseudo-Stockholm 38.74%, 42.87% and 45.84% and the roots 19.11%, 15.26% and 27% with 1, 2 and 3 cuts, respectively. The roots showed an average proportion of starch with 58.11%, 74.88% and 76.77% of the total production and the pseidholm with 41.89%, 25.12% and 23.24% for 1, 2 and 3 cuts, respectively. The supply of nitrogen promotes an increase in proteins in the leaves, pseudostem and roots. With the succession of defoliation (up to 3 cuts) there is a reduction in protein levels. In general, all groups of proteins can be sources of nitrogen when it is not available in the soil. The presence of nitrogen and, mainly, the reserves of proteins favor the regrowth and the production of photoassimilates in such a way that they increase the concentration of reserve carbohydrates and starch in the reserve organs (pseudo-Stockholm and roots).

Keyword: carbon, leaves, nitrogen, pseudo-Stockholm, roots

4.1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos maiores produtores de carne bovina no mundo, com grande parte dos animais criada a pasto, chegando a possuir mais de 167 milhões de hectares de pastagens implantadas ou cultivadas, impulsionadas pelas condições climáticas favoráveis para seu cultivo (Lapig, 2017). Contudo, grande parte destas áreas apresenta algum grau de degradação devido ao baixo investimento em tecnologias como insumos e manejo (Bonfim-da-Silva & Monteiro, 2006).

A fertilidade do solo, principalmente a disponibilidade de nitrogênio, tem sido grande entrave para aumento da produtividade e persistência das pastagens. Em muitos sistemas de produção animal a pasto, a deficiência de nitrogênio se torna quase sempre fator limitante, devido a sua grande influência sobre o crescimento (Silva et al., 2013). A utilização da adubação nitrogenada como tecnologia para aumento da produção e qualidade do pasto, tem sido amplamente difundida no mundo (Mesquita et al., 2010; Silva et al., 2013; Galindo et al., 2018), sendo o nitrogênio considerado elemento essencial para a formação de proteínas, clorofilas e enzimas na planta, impulsionando a produtividade e a qualidade da planta (Taiz et al., 2017).

Segundo Gloser et al (2007) a adubação nitrogenada pode não só influenciar na qualidade do pasto, como pode elevar a formação de reservas de proteínas em órgãos permanentes, melhorando a capacidade de rebrota da planta. Todavia, o entendimento sobre a formação, armazenamento e mobilização de proteínas de reserva em gramíneas tropicais ainda são escassas. As proteínas e carboidratos de reserva são compostos em maior proporção em órgãos permanentes, com rápida redução após a desfolha (Volenec et al., 1996; Gomide et al., 2002).

Sabe-se que a adubação nitrogenada eleva a formação de proteínas na planta, com maior visibilidade nas folhas (Paris et al., 2004), devido à elevada concentração de clorofilas, enzimas e demais estruturas proteicas (Taiz et al., 2017). Porém, grande parte das folhas é perdida durante o processo de desfolha, resultando em variação na proporção de proteínas na planta, gerando maior dependência de reservas orgânicas oriundas das raízes e pseudocolmo remanescentes (Volenec et al., 1996; Gomide et al., 2002).

A maior parte das reservas de proteínas e carboidratos está presente nas raízes (Volenec et al., 1996; Gomide et al., 2002). Os carboidratos de reserva encontram-se, principalmente na forma de amido (Smith, 1973), já as proteínas de reserva, pouco se

sabe a respeito de quais proteínas atuariam como fonte de aminoácidos durante a rebrota, devido aos poucos e inconclusivos trabalhos que avaliam a cinética de formação e mobilização destas proteínas em gramíneas tropicais (Gloser et al., 2007; Dierking et al., 2017).

O fracionamento de proteínas de acordo com sua solubilidade definido por Osborne (1924) pode ser uma alternativa em separar e classificar as proteínas, avaliando a sua capacidade em serem utilizadas como fonte de aminoácidos para a recuperação foliar de gramíneas submetidas à desfolha. O fracionamento por soluções separa as proteínas de acordo com sua solubilidade em determinadas soluções, por exemplo, as albuminas solúveis em água em sua maioria são formadas pelas enzimas presentes nas plantas, já as globulinas são solúveis em soluções salinas formadas por proteínas presentes nas membranas, as prolaminas solúveis em álcool são definidas como proteínas de armazenamento e/ou de reserva e as glutelinas solúveis em soluções básicas ou ácidas caracterizadas, principalmente por proteínas estruturais (Osborne, 1924).

Assim, objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da desfolha sobre a produção e distribuição de proteínas (prolaminas, albuminas, globulinas e glutelinas) e carboidratos em diferentes órgãos do capim-marandu.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Instalação do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao setor de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, *Campus* “Juvino Oliveira”, Itapetinga-BA. O ensaio foi conduzido em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia) e três ciclos de corte com intervalos de 28 dias (1, 2 e 3 cortes), disposto em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 48 vasos plásticos com capacidade de 12 litros, os quais foram preenchidos com 9 dm³ de solo.

O solo utilizado, considerado, segundo o protocolo de análise de textura Franco arenosa, foi coletado no *Campus* da UESB, na camada arável (0 a 20 cm), destorroado e passado em peneira com malha de 4 mm e posto para secar ao ar. A análise química do solo, realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UESB, apresentou os seguintes resultados: pH em água = 5,3; P = 6 mg/dm³, em extrator Mehlich; K = 0,08 cmol_c/dm³; Ca²⁺ = 2,4 cmol_c/dm³; Mg²⁺ = 1,8 cmol_c/dm³; Al³⁺ = 0,2 cmol_c/dm³; H⁺ = 3,6 cmol_c/dm³; SB = 4,3 cmol_c/dm³; t = 4,5 cmol_c/dm³; T = 8,1 cmol_c/dm³; V = 53% e M.O = 10 g/dm³.

De acordo com Cantarutti et al. (1999) e com base na análise de solo não houve necessidade de calagem. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é recomendada como médio nível tecnológico, de forma que os valores de fósforo (P) e potássio (K) se apresentaram inferiores aos exigidos, havendo, assim, necessidade de correção. Portanto, foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples (18% de P₂O₅), correspondendo a 1,25g vaso⁻¹ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio (58% de K₂O), correspondendo a 0,23 g vaso⁻¹.

Para determinação da capacidade de retenção de água do solo, os vasos com solo seco foram pesados, encharcados e, após escoamento total da água, os vasos foram pesados novamente. Pela diferença de peso seco e úmido após o escoamento total, foi determinada a máxima capacidade de retenção de água do solo. Este valor foi utilizado para calcular a reposição diária de água em cada vaso.

Foram utilizadas 4 plantas de *Brachiaria brizantha*. Marandu por vaso produzido a partir de sementes comerciais com valor cultural de 80%. Após o plantio das sementes foi realizado o desbaste, quando as plantas apresentavam em torno de 10

cm de altura, mantendo-se apenas 4 plantas por vaso. Quando as plantas atingiram 30 cm de altura foi realizado o corte de uniformização a 10 cm do solo (corte severo) e, em seguida, foram aplicados às doses de nitrogênio 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹, correspondendo a 0,77, 1,53 e 2,30 g de ureia vaso⁻¹ de acordo com cada tratamento de forma única.

Os cortes foram feitos da seguinte forma: aos 28 dias após a adubação nitrogenada, os vasos com o tratamento de apenas um corte foram desmontados e os demais foram cortados à altura de 10 cm do solo. Após mais 28 dias de rebrota, totalizando 56 dias (2 ciclos de 28 dias), os tratamentos com 2 cortes foram desmontados e os demais foram cortados a 10 cm do solo. Após mais 28 dias o último tratamento com 3 cortes foi desmontados, totalizando 84 dias (3 ciclos de 28 dias). As temperaturas mínima, máxima e média foram registradas no período e apresentaram valores médios de 12,2°C, 37,2°C e 26,1°C, respectivamente, durante todo período experimental.

4.2.2. *Fracionamento de proteínas*

No dia da desmontagem dos vasos, foram coletados 2 gramas de folhas, pseudocolmo e raiz sendo acondicionados em papel alumínio e congelados, para análise do fracionamento de proteínas. Para isso, 2 gramas do material coletado foi macerado e homogenizado com 4 mL de água destilada, sendo considerado o primeiro extrator. O homogenato foi incubado a 35°C, por 30 minutos, sob agitação constante e em seguida, centrifugada a 1200 g por 20 minutos, e coletado o sobrenadante. A incubação foi realizada mais uma vez, adicionando-se 3 ml de água destilada por processo, e os sobrenadantes coletados foram combinados e armazenados em freezer. Em seguida, cada amostra foi submetida à extração sequencial (frações) com os demais extratores: NaCl a 1%, etanol 80% e NaOH 100 mM, nesta ordem, seguindo os mesmos procedimentos realizados com a água.

As proteínas solubilizadas em cada extrator foram quantificadas pelo método descrito por Bradford (1976), usando a solução de Coomassie blue G-250 e leitura em espectrofotômetro a 595 nm de absorbância. A quantidade de proteína em cada fração foi calculada por grama de massa seca (mg g de MS⁻¹).

A classificação das proteínas foi feita de acordo com a definição de Osborne (1924), que as classificou de acordo com sua solubilidade. As proteínas do grupo das

albuminas são aquelas solúveis em água destilada, as globulinas solúveis em soluções salinas (NaCl 1%), as prolaminas solúveis em etanol 80% e as glutelinas solúveis em soluções básicas (NaOH 100 mM).

4.2.3. *Carboidratos (CHOs) solúveis*

As amostras secas de folha, pseudocolmo e raiz foram moídas em moinho de bola, para as análises dos carboidratos. Os carboidratos (CHOs) solúveis foram extraídos por meio da homogeneização de 300 mg de massa seca de folha, pseudocolmo e de raiz, em 4 mL de água destilada, seguido de centrifugação a 9000 g por 20 minutos, e coleta do sobrenadante. O processo foi realizado mais duas vezes e os sobrenadantes foram combinados. A quantificação dos CHOs solúveis foi realizada pelo método da Antrona (Dische, 1962).

4.2.4. *Amido*

Para o amido, foi utilizado o pellet, de pseudocolmo e raiz, resultante da extração dos carboidratos solúveis, o qual foi ressuspenso em 5 mL do tampão acetato de potássio 200 mM (pH 4,8) e colocado em banho-maria a 100°C por 5 minutos sob agitação constante. Em seguida, foi resfriado até atingir cerca de 50°C, momento em que foi adicionada a solução enzimática, contendo 11 unidades da enzima amiloglucosidase. A mistura permaneceu em banho-maria a 50°C por duas horas, sob agitação. Após a incubação, realizou-se uma centrifugação a 9000 g por 20 minutos, o sobrenadante foi coletado e o volume completado para 5 mL com o mesmo tampão. A quantificação do amido foi realizada pelo método da Antrona (Dische, 1962).

4.2.5. *Estatística*

A análise dos resultados foi submetida à estatística descritiva, sem análise de variância, para se avaliar a proporção das variáveis em todos os órgãos do capim-marandu em cada ciclo de corte e dose de nitrogênio.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sem a adubação nitrogenada com 1 corte, a produção total de prolaminas foi de 9,51 mg g⁻¹ de MS (Figura 1A), com 52,9% do total presente nas raízes, 21,6% no pseudocolmo e 25,6% nas folhas. A adubação com 75 kg de N ha⁻¹ elevou a produção de prolaminas para 14,28 mg g⁻¹ de MS, as raízes representaram 52,5% do total, o pseudocolmo 21,5% e as folhas 26,1%. Na dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção total de prolaminas foi de 15,93 mg g⁻¹ de MS, sendo observado aumento da proporção de prolaminas nas folhas para 32,7% e redução da participação das raízes para 48,5% e do pseudocolmo para 16,7%. Essa tendência foi observada para a dose de 225 kg de N ha⁻¹, onde a produção total de prolaminas chegou a 16,09 mg g⁻¹ de MS com aumento da proporção de prolamina nas folhas para 35,2% e no pseudocolmo para 25,0% e redução da participação das raízes para 39,8%.

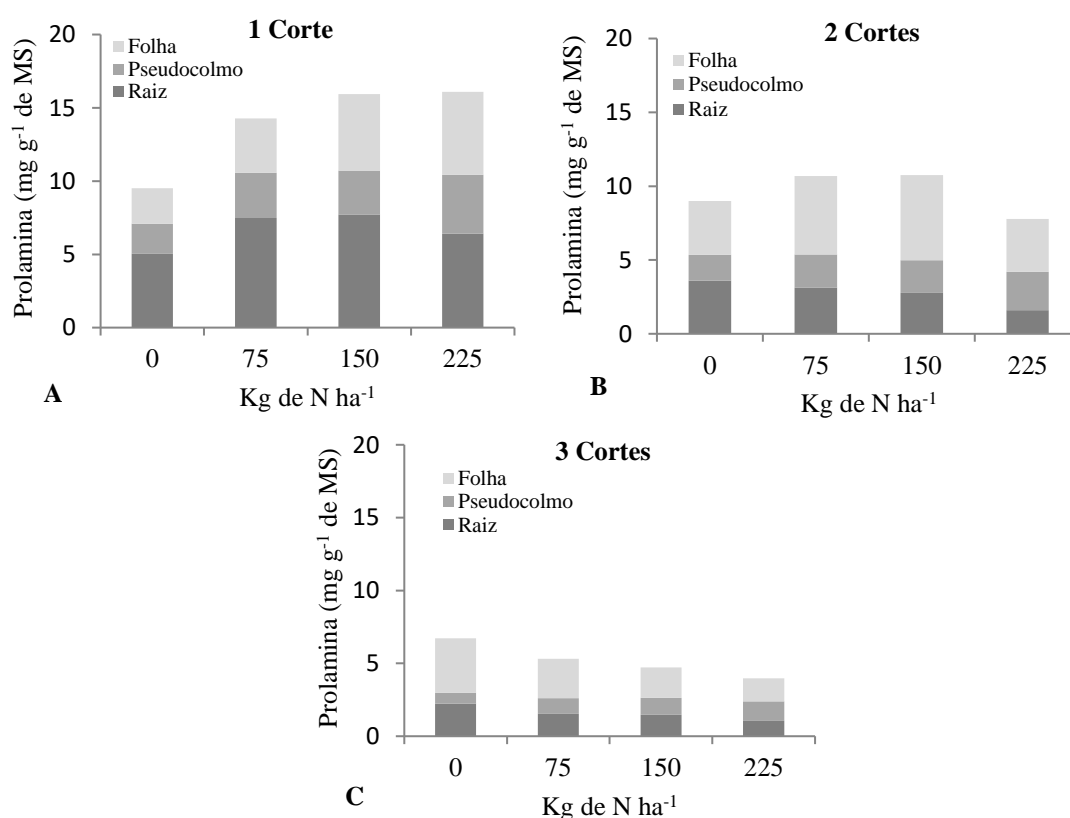


Figura 1. Concentração de prolaminas do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em resposta a adubação nitrogenada.

A adubação nitrogenada aumentou a produção de prolamina em todos os órgãos do capim-marandu. A maior proporção de prolaminas nas raízes se deve ao fato de que, são grupos de proteínas designados como proteínas de reserva, encontrados em maiores quantidades em órgãos permanentes como as raízes (Ourry et al., 1994). Todavia, a redução de prolaminas nas raízes em resposta à adubação, ocorre devido ao aumento do teor de prolaminas nas folhas. Com base nos dados, observou-se que a raiz é o principal órgão de armazenamento dessas proteínas.

Com 2 cortes, a concentração total de prolaminas na planta (Figura 1B) sem adubação nitrogenada foi de 8,99 mg g⁻¹ de MS, em que as maiores proporções foram encontradas nas folhas com 40,4% e nas raízes com 40,0%, seguidas pelo pseudocolmo com 19,6%. Na adubação com 75 kg de N ha⁻¹, a concentração total de prolaminas foi de 10,69 mg g⁻¹ de MS deste total as folhas representam cerca de 49,8%, seguidas pelas raízes com 29,2% e pelo pseudocolmo com 21,1%.

Na dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção total de prolaminas foi de 10,74 mg g⁻¹ de MS (Figura 1B), redução de 32,6% em relação ao corte 1, provocadas pela queda da concentração de prolaminas nas raízes, favorecendo o aumento da participação das folhas com 53,5% do total, seguido pelas raízes com 25,8% e pelo pseudocolmo com 20,7%. Na dose de 225 kg de N ha⁻¹, a concentração total de prolaminas foi de 7,77 mg g⁻¹ de MS (Figura 1B), redução de 51,7% aos observados com 1 corte na mesma dose, com maior participação das folhas com 45,8%, seguidas pelo pseudocolmo com 33,5% e pelas raízes com 20,7%.

As maiores concentrações de prolaminas nas folhas, com 2 cortes, se deve, particularmente, pela redução das concentrações nas raízes. As proteínas de reserva são assim definidas, principalmente, por serem fonte de aminoácidos prontamente disponíveis, utilizados em resposta a desfolha para a formação de novas estruturas, auxiliando na rápida recuperação da condição foliar (Volenc et al., 1996).

Para 3 cortes, a concentração total de prolaminas foi de 6,73 mg g⁻¹ de MS, redução de 25,1% se comparado a 2 cortes sem adubação nitrogenada (Figura 1C). Desse total 55,7% foi encontrado nas folhas, 33,1% nas raízes e 11,1% no pseudocolmo. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹, a concentração total de prolaminas foi de 5,32 mg g⁻¹ de MS, redução de 50,2% em relação a 2 cortes na mesma dose, sendo que 51,1% do total de prolaminas foi verificada nas folhas, 28,8% nas raízes e 20,1% no pseudocolmo.

Na dose de 150 kg de N ha⁻¹ a concentração total de prolaminas foi de 4,75 mg g⁻¹ de MS (Figura 1C), do qual 44% foram encontradas nas oriundas das folhas, 31% nas raízes e 25% no pseudocolmo. Na dose de 225 kg de N ha⁻¹, a concentração total de prolaminas foi de 3,98 mg g⁻¹ de MS, com maior proporção de prolaminas verificada também nas folhas com 39,7%, seguida pelo pseudocolmo com 33,9% e pelas raízes com 26,4%.

A redução da concentração de prolaminas nas raízes se deve à constante mobilização destas proteínas em reposta às desfolhas frequentes. Segundo Volenec et al. (1996), plantas submetidas à desfolha, apresentam um aumento significativo na atividade de enzimas proteolíticas (proteases) durante o processo de rebrota, reduzindo os teores de proteínas solúveis em órgãos de reserva. A constante mobilização das prolaminas das raízes e do pseudocolmo do capim-marandu reduziu a sua concentração nesses órgãos, de forma que, plantas com maiores concentrações de prolaminas apresentaram maiores reduções com 3 cortes. Segundo Dierking et al. (2017), gramíneas adubadas com nitrogênio apresentaram maiores concentrações de compostos nitrogenados nas raízes, que declinaram durante o período de crescimento, sendo as raízes as principais fonte de N durante o restabelecimento foliar.

A produção total de albuminas do capim-marandu com 1 corte e sem adubação nitrogenada foi de 10,59 mg g⁻¹ de MS (Figura 2A), sendo que 78,6% se encontravam nas folhas, 13,0% no pseudocolmo e 8,4% nas raízes. A adubação com 75 kg de N ha⁻¹, aumentou a produção de albuminas totais para 17,79 mg g⁻¹ de MS (Figura 2A), sendo que as folhas apresentaram cerca de 60,2%, o pseudocolmo 20,57% e as raízes 19,22%. Na dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção de albuminas chegou a 23,1 mg g⁻¹ de MS (Figura 2A), onde 58% foram verificadas nas folhas, 21,4% no pseudocolmo e 20,6% das raízes. Para a dose de 225 kg de N ha⁻¹, a produção total de albuminas foi de 26,76 mg g⁻¹ de MS (Figura 2A), sendo que 56,7% foram encontradas nas folhas, 29,3% no pseudocolmo e 14% nas raízes.

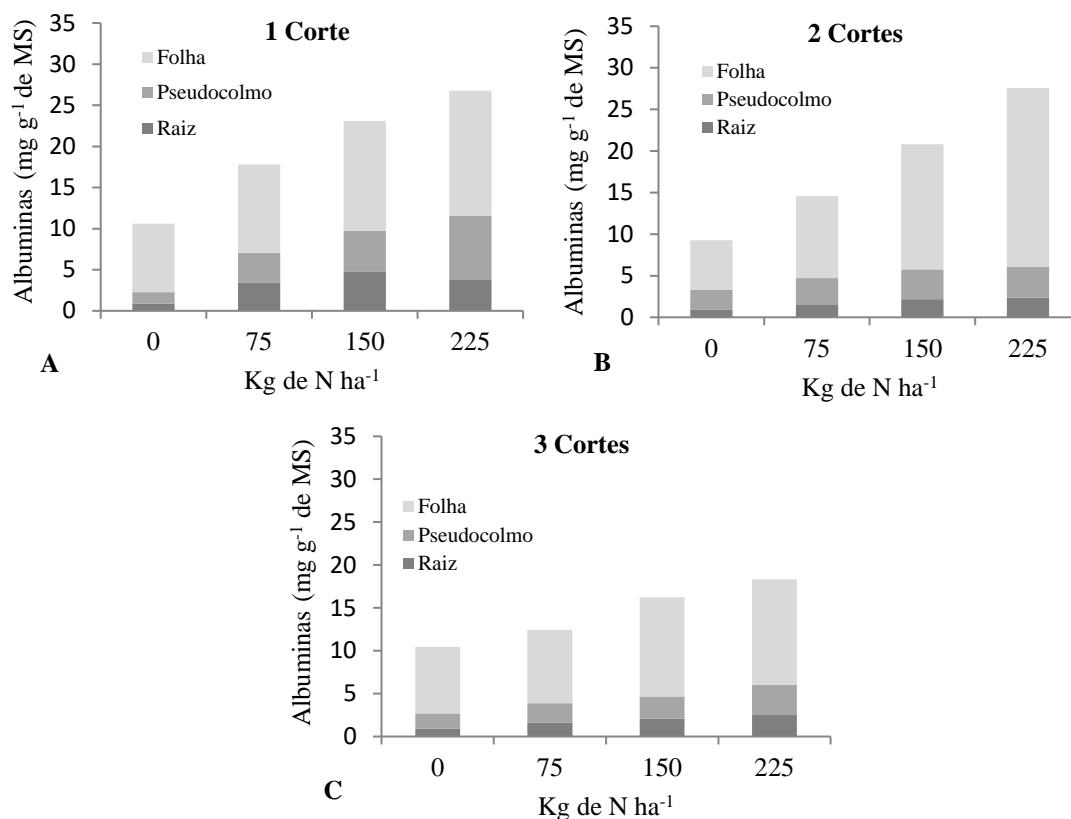


Figura 2. Concentração de albuminas do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em resposta a adubação nitrogenada.

As maiores concentrações de albuminas nas folhas são atribuídas a maior quantidade de enzimas. Segundo Chapman & Barreto (1997), cerca de 50 a 70% do nitrogênio total nas folhas estão associadas a enzimas presentes nos cloroplastos, como a Rubisco (Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase) e a PEP carboxilase (Fosfoenolpiruvato carboxilase), além de enzimas que atuam na conversão de nitrogênio inorgânico em aminoácidos que pode ser acrescida em resposta ao aumento da disponibilidade de nitrogênio (Cabrera-Bosquet et al., 2009). Nas raízes, ocasionada pelo aumento da atividade de enzimas que atuam nos processos de manutenção, crescimento e de enzimas ligadas aos processos de incorporação de nitrogênio inorgânico absorvido pela raiz (Taiz et al., 2017).

Segundo Crawford (1995) o nitrogênio presente no solo é absorvido pelas raízes, e então, incorporado em aminoácidos nas raízes e folhas pelas enzimas sintetase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT), que em resposta a alta disponibilidade de nitrogênio no solo pode aumentar suas atividades.

Com 2 cortes, a produção total de albuminas sem adubação foi de 9,25 mg g⁻¹ de (Figura 2B). Sem a adubação nitrogenada as folhas representaram cerca de 64,1% das

albuminas, seguidas do pseudocolmo com 25,7% e das raízes com 10,2%. A adubação com 75 kg de N ha⁻¹, apresentou produção total de albuminas de 14,56 mg g⁻¹ de MS (Figura 2B), onde 67,6% do total foram encontradas nas folhas, 21,8% no pseudocolmo e 10,6% nas raízes. Na dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção total de albuminas foi de 20,08 mg g⁻¹ de MS (Figura 2B), com 72,4% presente nas folhas, 17,2% no pseudocolmo e 10,4% nas raízes. Na maior dose, 225 kg de N ha⁻¹, a produção foi de 27,58 mg g⁻¹ de MS (Figura 2B), onde 78,0% foram verificadas nas folhas, 13,4% no pseudocolmo e 8,6% nas raízes.

As folhas ainda apresentaram maior participação no total de albuminas, mostrando alta atividade enzimática em resposta a adubação nitrogenada, devido à alta produção de massa foliar, acrescidas pela mobilização de reservas proteicas, aumentando à atividade de enzimas ligadas a fotossíntese. Segundo Dierking et al. (2017), gramíneas que foram adubadas com nitrogênio apresentam maior acúmulo de proteínas de reserva, elevando a capacidade de rebrota e formação de novas folhas.

Contudo, observa-se tendência de redução da concentração de albuminas nas raízes em relação aos demais órgãos com 2 cortes, ocasionadas, podendo estar ligada a queda da atividade de enzimas que atuam na incorporação do nitrogênio inorgânico, provavelmente pela redução da disponibilidade e/ou absorção do nitrogênio presente no solo, estimulando na utilização destas enzimas como fonte de aminoácidos para regiões de maior demanda, preferencialmente, em resposta ao aumento do número de cortes.

Com 3 cortes, a produção total de albuminas sem adubação nitrogenada chegou a 10,47 mg g⁻¹ de MS (Figura 2C), onde 74,2% estavam nas folhas, 16,8% no pseudocolmo e 9,0% nas raízes. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹, a produção total de albuminas foi de 12,93 mg g⁻¹ de MS (Figura 2C), sendo que 66,1% estavam presentes nas folhas, 17,6% no pseudocolmo e 12,5% nas raízes. Para a dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção se manteve superior a sem adubação com 16,26 mg g⁻¹ de MS (Figura 2C), onde 71,20% foram caracterizadas por albuminas nas folhas, 16,0% no pseudocolmo e 12,80% nas raízes. Na dose 225 kg de N ha⁻¹, a produção foi de 18,33 mg g⁻¹ de MS (Figura 2C), sendo que 67,0% do total de albuminas foram verificadas nas folhas, 19,4% no pseudocolmo e 13,6% nas raízes.

Com 3 cortes, apesar da diminuição da quantidade de albuminas presente nos órgãos, as folhas continuaram a representar a maior proporção dessas enzimas, mormente, àquelas submetidas à adubação nitrogenada. Entretanto, plantas adubadas

com nitrogênio apresentaram maior produção de albuminas, devido às altas taxas de crescimento atribuídas à maior disponibilidade e mobilização de reservas orgânicas em relação à ausência de nitrogênio.

Com 1 corte a produção total de globulinas sem adubação chegou a 10,22 mg g⁻¹ de MS (Figura 3A), onde 46,8% foram provenientes das folhas, 27,3% do pseudocolmo e 25,9% das raízes. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹, a produção total de globulinas foi de 13,07 mg g⁻¹ de MS (Figura 3A), nas quais 46,5% foram verificadas nas folhas, 29,2% no pseudocolmo e 24,3% nas raízes. Com 150 kg de N ha⁻¹, a produção total aumentou para 16,91 mg g⁻¹ de MS (Figura 3A), determinando-se que: 50,50% foi oriundo das folhas, 22,6%, do pseudocolmo e 26,9%, nas raízes. A maior produção total de globulinas foi observada na dose de 225 kg de N ha⁻¹ com 19,77 mg g⁻¹ de MS (Figura 3A), sendo 53% encontradas nas folhas, 24,4% no pseudocolmo e 22,7% nas raízes.

A utilização da adubação nitrogenada elevou a produção total de globulinas em 93,4%, com aumento em todos os órgãos, principalmente, nas folhas que saltaram de 46,8% sem adubação para 53,0% do total das globulinas na dose de 225 kg de N ha⁻¹. A maior proporção de globulinas nas folhas se deve a grande diversidade de proteínas essenciais à fotossíntese que está inserida nas membranas do tilacóides. Os centros de reação, os complexos pigmento-proteicos das antenas e muitas das proteínas de transporte de elétrons são proteínas integrais de membrana presentes nos tilacóides das folhas (Taiz et al., 2017).

Nas raízes, a maior proporção de globulinas em relação ao pseudocolmo ocorre devido a maior formação de proteínas de membrana. Essas proteínas de membrana presente nas raízes atuam facilitando a entrada de nutrientes presentes no solo, sendo classificadas como proteínas de transporte. As proteínas de transporte exibem especificidade para todos os solutos, demandando grande diversidade destas proteínas (Taiz et al., 2017).

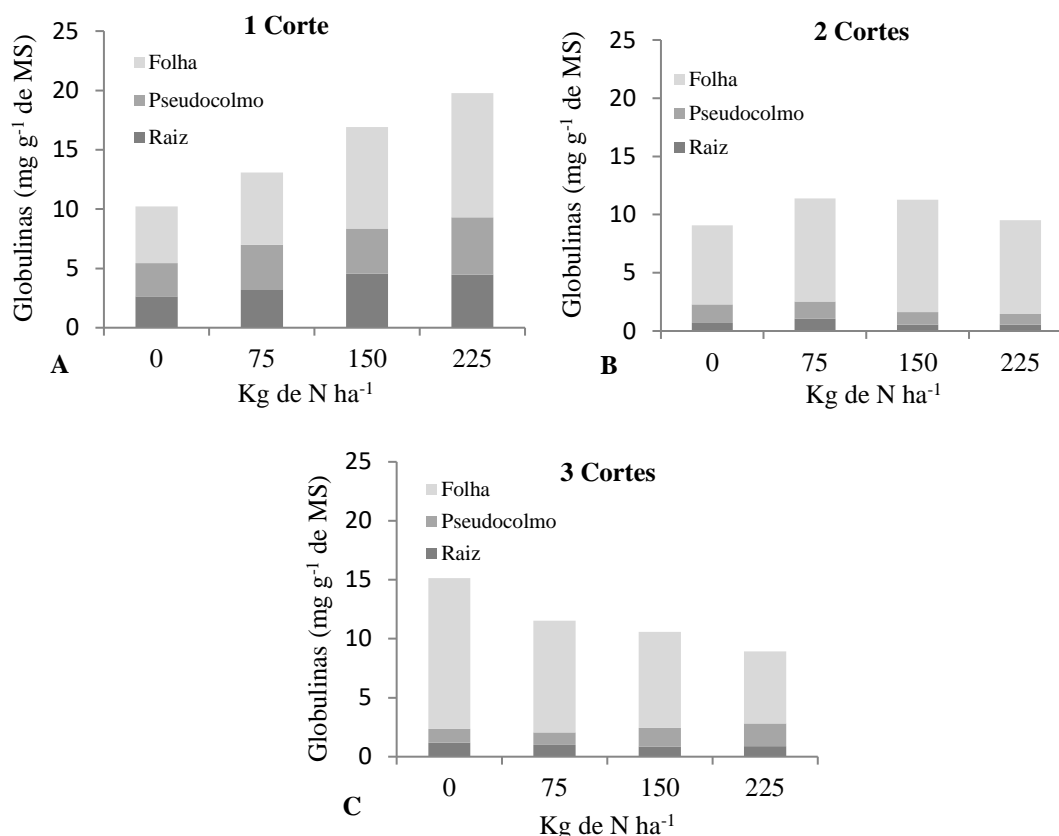


Figura 3. Concentração de globulinas do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em resposta a adubação nitrogenada.

Segundo Larsson & Ingemarsson (1989), a passagem de amônio (NH_4^+) através da membrana plasmática (plasmalema) das células da epiderme e do córtex da raiz ocorre por meio de proteínas transportadoras específicas, em que seu aumento pode favorecer na elevação da capacidade de passagem do nitrogênio inorgânico pela membrana, elevando as taxas de absorção de N e outros nutrientes.

Com 2 cortes, a produção total de globulinas sem adubação reduziu para $9,07 \text{ mg g}^{-1}$ de MS (Figura 3B), com 74,7% formadas por globulinas nas folhas, 17,7% no pseudocolmo e 7,5% nas raízes. Na dose de $75 \text{ kg de N ha}^{-1}$, a produção ficou em torno de $11,38 \text{ mg g}^{-1}$ de MS (Figura 3B), com 77,77% presente nas folhas, 13,1% no pseudocolmo e 9,1% nas raízes. Para a dose de $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$, a produção total de globulinas chegou a $11,28 \text{ mg g}^{-1}$ de MS (Figura 3B), desta, 85,6% era formada por globulinas nas folhas, 9,5% no pseudocolmo e 4,9% das raízes. Na dose de $225 \text{ kg de N ha}^{-1}$, a produção caiu para $9,53 \text{ mg g}^{-1}$ de MS (Figura 3B), com 84,7% presente nas folhas, 9,4% no pseudocolmo e 5,9% nas raízes.

A utilização de 2 cortes promoveu alterações nas concentrações de globulinas, principalmente no pseudocolmo e raízes do capim-marandu. As reduções do teor de globulinas nestes órgãos favoreceram no aumento da participação das folhas no total verificado. Essa redução pode ser atribuída a degradação dessas proteínas, com translocação dos aminoácidos para regiões de maior demanda. A identificação da capacidade das proteínas em serem fontes de reserva em gramíneas ainda é inconclusiva. Ainda assim, plantas que foram adubadas apresentaram maiores taxas de redução do teor de globulinas em órgãos permanentes, característica definida como chave para definição de proteína de reserva (Avice et al., 1996).

Com 3 cortes, a produção total de globulinas sem adubação nitrogenada aumentou para 15,15 mg g⁻¹ de MS (Figura 3C), onde as folhas representavam cerca de 84,4% do total, seguidas pelo pseudocolmo com 7,8% e das raízes com 7,8%. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹, a produção se manteve em 11,58 mg g⁻¹ de MS (Figura 3C), sendo que 82,0% das globulinas foram verificadas nas folhas, 9,4% no pseudocolmo e 8,6% nas raízes.

Para a dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção total de globulinas foi de 10,59 mg g⁻¹ de MS (Figura 3C), dos quais 77,0% estavam presente nas folhas, 15,0% no pseudocolmo e 8,0% nas raízes. Na maior dose 225 kg de N ha⁻¹, a produção variou para 8,93 mg g⁻¹ de MS (Figura 3C), com 68,4% presente nas folhas, 21,6% no pseudocolmo e 10% nas raízes. As concentrações de globulinas se mantiveram elevadas nas folhas sem adubação, devido a menor formação e utilização destas estruturas como fonte de reserva. A diminuição da proporção de globulinas nas folhas pode estar interligada a redução dos seus teores nos órgãos de reserva, reduzindo o fornecimento de aminoácidos para de novas globulinas.

A produção de glutelinas sem adubação com 1 corte foi de 22,93 mg g⁻¹ de MS (Figura 4A), com as folhas apresentando maior percentual 48,2%, seguidas das raízes com 35,6% e do pseudocolmo com 16,2%. Com a adubação de 75 kg de N ha⁻¹, a produção variou para 29,56 mg g⁻¹ de MS (Figura 4A), sendo que 41,6% eram formados pelas folhas, 39,8% pelas raízes e 18,6% pelo pseudocolmo. Para a dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção de glutelinas aumentou para 38,51 mg g⁻¹ de MS (Figura 4A), com 43,2% representado pelas folhas, 38,0% pelas raízes e 18,8% pelo pseudocolmo. Na dose de 225 kg de N ha⁻¹ a produção foi de 36,69 mg g⁻¹ de MS (Figura 4A), sendo 48,2% verificadas nas folhas, 26,3% no pseudocolmo e 25,5% nas raízes.

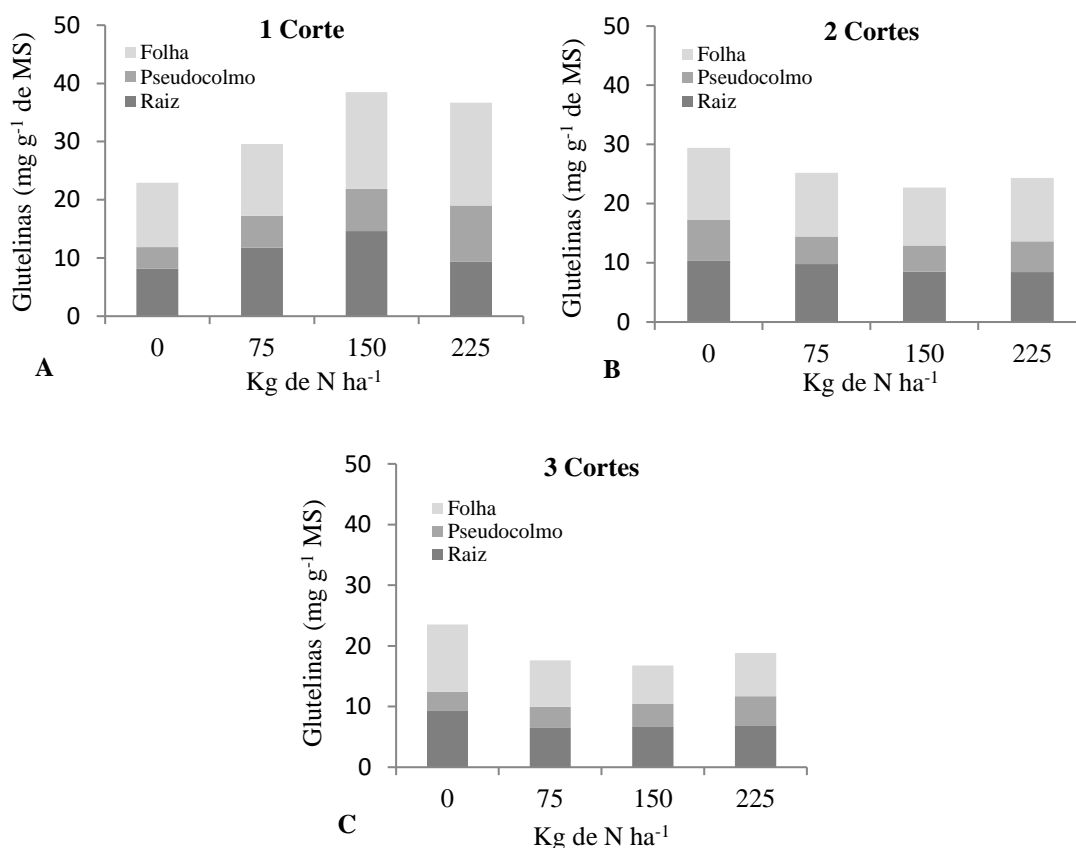


Figura 4. Concentração de glutelinas do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em reposta a adubação nitrogenada.

As folhas e raízes do capim-marandu apresentaram maior participação no total de glutelinas. Isso pode ser, atribuído a maior produção de folhas e raízes, durante o crescimento da planta, em relação ao pseudocolmo, gerando maior aporte de proteínas estruturais. As glutelinas formam o grupo de proteínas estruturais, que foram acrescidas em até 60.0% pelo efeito da adubação nitrogenada, essencialmente, por elevar as taxas de crescimento foliar e das raízes.

Com 2 cortes, sem a adubação nitrogenada verificou-se aumento da produção de glutelinas para 29,43 mg g⁻¹ de MS (Figura 4B), em que as folhas continuaram a apresentar maior percentual 41,2% das glutelinas, seguidas pelas raízes com 35,2% e pelo pseudocolmo com 23,6%. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹, a produção foi de 25,23 mg g⁻¹ de MS (Figura 4B), com 42,5% oriundo das folhas, 38,7% das raízes e 18,6% do pseudocolmo. Para a dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção foi de 22,72 mg g⁻¹ de MS (Figura 4B), com 43,2% do total de glutelinas verificado nas folhas, 37,5% nas raízes e

19,3% no pseudocolmo. Na maior dose 225 kg de N ha⁻¹, a produção de glutelinas foi de 24,36 mg g⁻¹ de MS (Figura 4B), com 44,1% do total de glutelinas presente nas folhas, 34,6% nas raízes e 21,3% do pseudocolmo.

A produção total de glutelinas foi maior sem adubação nitrogenada chegando a reduzir em 29,5% com a aplicação de até 150 kg de N ha⁻¹, provavelmente proporcionada pela menor capacidade de crescimento, reduzindo a demanda de aminoácidos provenientes de proteínas de reserva. Todavia, as folhas e as raízes continuaram a representar a maior proporção das glutelinas independente da adubação nitrogenada.

Com 3 cortes e sem adubação nitrogenada, a produção total de glutelinas foi de 23,54 mg g⁻¹ de MS (Figura 4C), onde 47,1% do total de glutelinas proveniente das folhas, 39,3% das raízes e 13,6% do pseudocolmo. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹, a produção foi de 17,59 mg g⁻¹ de MS (Figura 4C), com 43,4% do total verificada nas folhas, 36,8% nas raízes e 19,8% no pseudocolmo.

Para a dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção foi de 16,79 mg g⁻¹ de MS (Figura 4C), sendo 37,6% do total encontrado nas folhas, 39,5% nas raízes e 22,9% no pseudocolmo. Na dose de 225 kg de N ha⁻¹, a produção foi de 18,84 mg g⁻¹ de MS (Figura 4C), sendo que do total de glutelinas 38,0% era proveniente das folhas, 36,5% das raízes e 25,5% do pseudocolmo.

As folhas e raízes continuaram a representar a maior proporção das glutelinas no capim-marandu. Todavia, com a adubação nitrogenada pode se verificar redução dos teores de glutelinas, principalmente nas folhas, ocasionadas pela redução da formação de glutelinas, já que as plantas adubadas apresentaram maiores demanda de aminoácidos para formação de proteínas essenciais ao restabelecimento da atividade fotossintética, dentre elas as enzimas.

Sem a adubação nitrogenada com 1 corte a produção total de carboidratos solúveis foi de 92,83 mg g⁻¹ de MS (Figura 5A), com 54,0% encontrada nas folhas, 21,1% no pseudocolmo e 24,9% nas raízes. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹, a produção de carboidratos solúveis com 1 corte foi de 104,83 mg g⁻¹ de MS (Figura 5A), com 47,6% do total presente nas folhas, 35,4% no pseudocolmo e 17,0% nas raízes.

Com 150 kg de N ha⁻¹, a produção de carboidratos solúveis reduziu para 88,30 mg g⁻¹ de MS com 1 corte (Figura 5A), com redução da participação das folhas no total de carboidratos para 35,4%, ocasionada pelo aumento do percentual do pseudocolmo

para 48,1%, seguidas de manutenção da proporção nas raízes com 16,6%. Com 225 kg de N ha⁻¹, a produção de carboidratos solúveis reduziu para 70,69 mg g⁻¹ de MS (Figura 5A), mantendo a tendência de redução da participação das folhas no total de carboidratos solúveis para 31,5%, elevando a participação do pseudocolmo para 50,5% e das raízes para 18%.

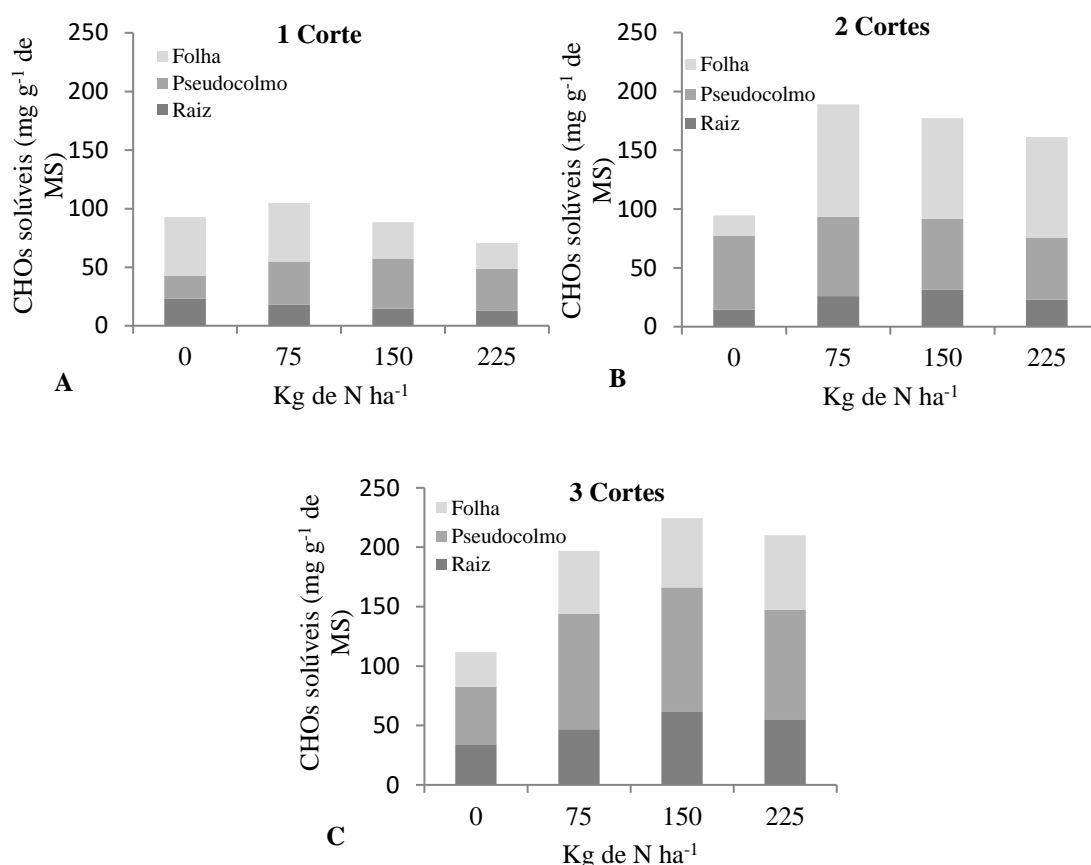


Figura 5. Concentração de carboidratos (CHOs) solúveis do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em resposta a adubação nitrogenada.

As folhas chegaram a representar maior participação nos carboidratos solúveis até a dose de 75 kg de N ha⁻¹, reduzindo em resposta ao aumento das doses de nitrogênio, onde o pseudocolmo passou a representar a maior fonte de carboidratos solúveis com 1 corte (Figura 5A). A redução significativa da proporção de carboidratos solúveis nas folhas e raízes ocorre, basicamente, pela alta demanda de energia ocasionada pelas altas taxas de crescimento impostas pela adubação nitrogenada, gerando maior demanda de energia para os processos de crescimento e absorção do nitrogênio inorgânico.

Segundo Dierking et al. (2017), gramíneas adubadas com nitrogênio apresentam baixas concentrações de carboidratos. Isto ocorre, pelo fato da capacidade das raízes em absorver e converter o nitrogênio inorgânico em orgânico estar diretamente correlacionada com o suprimento de energia. O suprimento de energia pode ser alterado, principalmente, quando a taxa de translocação de carboidratos para as raízes diminui em função do forte dreno imposta pela emissão de uma nova folha, diminuindo a disponibilidade de energia para as raízes, podendo reduzir a absorção do nitrogênio inorgânico (Vessey et al., 1990).

Para 2 cortes sem a adubação nitrogenada, a produção de carboidratos solúveis se manteve estável em $94,50 \text{ mg g}^{-1}$ de MS (Figura 5B), contudo pode se observar redução drástica das concentrações de carboidratos nas folhas e raízes, seguido pelo aumento acentuado no pseudocolmo chegando a representar cerca de 65,9% do total de carboidratos solúveis, seguida pelas folhas com 18,6% e das raízes com 15,5%.

Na dose de $75 \text{ kg de N ha}^{-1}$, a produção de carboidratos solúveis chegou a $104,83 \text{ mg g}^{-1}$ de MS (Figura 5B). As folhas representavam cerca de 50,6% do total de carboidratos solúveis, o pseudocolmo 35,7% e as raízes com 13,7%. Com $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$, a produção de carboidratos solúveis foi de $177,34 \text{ mg g}^{-1}$ de MS (Figura 5B), com as folhas chegando a representar 48,3% do total, seguido pelo pseudocolmo com 37,1% e das raízes com 14,6%. Para a dose de $225 \text{ kg de N ha}^{-1}$ a produção de carboidratos solúveis foi de $161,60 \text{ mg g}^{-1}$ de MS (Figura 5A), sendo 52,8% do total encontrado nas folhas, 32,8% do pseudocolmo e 14,4% das raízes.

Plantas que foram submetidas à adubação apresentaram maior produção de carboidratos solúveis totais, chegando a aumentar 87,7% em relação ao não adubado. Com a adubação, as folhas representaram a maior participação no total de carboidratos solúveis avaliado, reposta atribuída à queda na exigência de energia para incorporação do nitrogênio inorgânico e a maior disponibilidade de reservas proteicas, aumentando as taxas de crescimento foliar.

Segundo Bloom et al. (1992) cerca de 23% de toda energia produzida nas raízes eram utilizadas para a incorporação do nitrogênio inorgânico. Com a redução da demanda de energia para a incorporação do nitrogênio e utilização de proteínas de reserva como fonte de aminoácidos, houve aumento da disponibilidade de energia em todos os órgãos, principalmente, aqueles submetidos à adubação nitrogenada, que

apresentaram maiores concentrações de proteínas de reserva, elevando as taxas de crescimento foliar e produção de carboidratos solúveis.

Com 3 cortes, a produção de carboidratos solúveis sem adubação nitrogenada chegou a 111,16 mg g⁻¹ de MS (Figura 5C), com destaque da participação do pseudocolmo com 43,4% do total de e das raízes com 30,7%, seguidas por fim pelas folhas com 25,9%. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹, a produção de carboidratos solúveis foi de 196,83 mg g⁻¹ de MS (Figura 5C), onde 49,4% estavam presentes no pseudocolmo, 26,8% nas folhas e 23,8% nas raízes.

Para a dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção de carboidratos solúveis chegou a 224,51 mg g⁻¹ de MS (Figura 5C), destes 46,8% foram verificadas no pseudocolmo, 27,3% das raízes e 25,9% nas folhas. Na maior dose 225 kg de N ha⁻¹, a produção de carboidratos solúveis se manteve em 210,20 mg g⁻¹ de MS (Figura 5C), aumento de 23,12% em relação a mesma dose com 2 cortes, com cerca de 43,9% do total de carboidratos presente no pseudocolmo, 30,0% nas folhas e 26,1% nas raízes.

Com 3 cortes houve aumento considerável das concentrações de carboidratos solúveis, em especial, nas plantas adubadas com nitrogênio, nas quais o pseudocolmo e raízes representavam maior participação, atribuída principalmente a mobilização de carboidratos solúveis para os órgãos de reserva, o que favorece na conversão e armazenamento de amido.

A produção total de amido sem adubação com 1 corte foi de 76,34 mg g⁻¹ de MS (Figura 6A), com maior percentual 86,5% encontrado nas raízes e 13,5% no pseudocolmo. Na adubação com 75 kg de N ha⁻¹, a produção total de amido foi de 82,11 mg g⁻¹ de MS (Figura 6A), com redução da participação das raízes para 56,8% do total, seguido pelo pseudocolmo com 43,1%. Na dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção total de amido foi de 88,43 mg g⁻¹ de MS (Figura 6A), com aumento do percentual de amido no pseudocolmo para 59,0% e redução das raízes para 41,0%. Com 225 kg de N ha⁻¹, a produção total de amido apresentou aumento para 133,99 mg g⁻¹ de MS (Figura 6A), onde 52,0% verificada no pseudocolmo e 48,0% nas raízes.

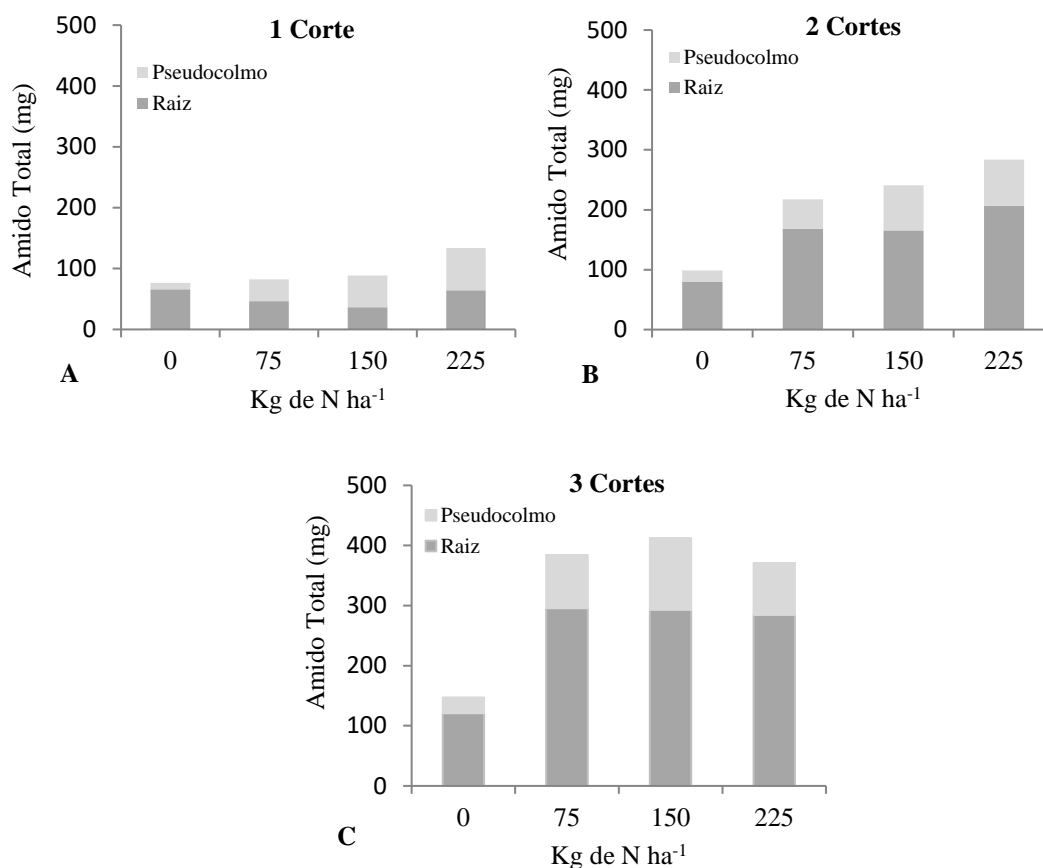


Figura 6. Produção total de amido do capim-marandu com 1 corte (A), 2 cortes (B) e 3 cortes (C) em reposta a adubação nitrogenada.

A adubação nitrogenada até 150 kg de N ha⁻¹ promoveu alteração da produção de amido, reduzindo proporcionalmente à concentração de amido nas raízes e aumentando no pseudocolmo. Resposta atribuída à alta demanda de energia para atender as elevadas taxas de crescimento e incorporação do nitrogênio inorgânico, o que ocasionou redução do amido nas raízes e maior proporção no pseudocolmo. Gloser et al. (2007) verificaram que plantas adubadas com nitrogênio apresentaram redução dos carboidratos de reservas, impulsionadas pelo aumento da demanda de energia para atender as altas taxas de crescimento.

Com 2 cortes sem a adubação nitrogenada, a produção total de amido chegou a 98,61 mg g⁻¹ de MS (Figura 6B), aumento de 22,6% em relação ao corte anterior, com 80,7% do amido verificada nas raízes e 19,3% no pseudocolmo. Com 75 kg de N ha⁻¹, a produção de amido aumentou para 217,59 mg g⁻¹ de MS (Figura 6B), correspondendo a 62,3% a mais em relação ao corte anterior, onde 77,2% do amido estava presente nas raízes e 22,8% no pseudocolmo. Para a dose de 150 kg de N ha⁻¹, a produção de amido

chegou a 240,79 mg g⁻¹ de MS (Figura 6B), aumento de 63,3% em relação ao corte anterior, porém houve redução da participação das raízes para 68,7% e aumento de 31,3% para o pseudocolmo. Na maior dose 225 kg de N ha⁻¹, a produção total de amido chegou a 283,80 mg g⁻¹ de MS (Figura 6B), aumento de 52,8% em relação ao corte anterior, com 72,9% nas raízes e 27,1% no pseudocolmo.

No que concerne as amostras com 1 corte, a adubação nitrogenada com 150 kg de N ha⁻¹ não influenciou no aumento da produção de amido nos órgãos de reserva devido a maior demanda de carboidratos para absorção de nitrogênio inorgânico e formação de estruturas proteicas. Ao se fazer o segundo corte, pode haver redução da demanda de energia para incorporação do N inorgânico, aliada a utilização das reservas proteicas produzidas no corte precedente, reduzindo o gasto de energia e aumentando a formação de carboidratos, que foram translocados para síntese de amido nas raízes.

Resposta semelhante foi observada com 3 cortes, quando a produção total de amido sem adubação nitrogenada chegou a 147,24 mg g⁻¹ de MS (Figura 6C), aumento de 33,0% em comparação a corte anterior, com 82,2% encontrada nas raízes e 17,8% no pseudocolmo. Na dose de 75 kg de N ha⁻¹, a produção total de amido chegou a 384,15 mg g⁻¹ de MS (Figura 6B), aumento de 43,4% em relação ao corte anterior, com 77% do amido presente nas raízes e 23% no pseudocolmo. Com 150 kg de N ha⁻¹, a produção total de amido aumentou para 412,20 mg g⁻¹ de MS (Figura 6B), correspondendo a 41,6% a mais que o corte anterior, sendo 71,1% verificado nas raízes e 28,9% no pseudocolmo. Na dose de 225 kg de N ha⁻¹, a produção total de amido caiu para 370,63 mg g⁻¹ de MS (Figura 6B), porém foi 23,4% maior que o corte anterior, com 76,8% encontrado nas raízes e 23,2% no pseudocolmo.

A adubação nitrogenada com ureia visa o fornecimento de nitrogênio inorgânico, que ao ser absorvido pelas raízes é convertido em aminoácidos, processo no qual gera gasto de energia. Essas proteínas podem ser utilizadas como fontes de aminoácidos e esqueletos de carbono favorecendo na rápida recuperação da planta após a desfolha, reduzindo a demanda de carboidratos provenientes da fotossíntese, contribuindo com a recuperação foliar e a formação de carboidratos, que são translocados para as raízes, onde são utilizados para a síntese de amido.

4.4. CONCLUSÕES

O fornecimento de nitrogênio promove aumento das proteínas nas folhas, pseudocolmo e raízes. Com a sucessão de desfolha (até 3 cortes) há redução nos teores de proteínas, o que comprova que o capim-marandu absorve o nitrogênio disponível no solo e o armazena na forma de proteínas, as quais são utilizadas na rebrota das plantas após o corte.

As prolaminas são reduzidas após a desfolha em todos os órgãos, enquanto que as albuminas e globulinas reduzem, especialmente, no pseudocolmo e raízes. Por outro lado, as glutelinas são as menos alteradas em função dos cortes. De uma maneira geral, todos os grupos de proteínas podem ser fontes de nitrogênio quando não há disponibilidade dele no solo.

A presença do nitrogênio e, principalmente, as reservas de proteínas favorecem a rebrota e a produção de fotoassimilados de forma que aumentam a concentração de carboidratos de reserva e de amido nos órgãos de reserva (pseudocolmo e raízes).

4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVICE, J. C.; OURRY, A.; LEMAIRE, G.; BOUCAUD, J. Nitrogen and carbon flows estimated by ^{15}N and ^{13}C pulse-chase labeling during regrowth of alfalfa. **Plant Physiology**, v. 112, n. 1, p. 281-290, 1996.

BLOOM, A. J.; SUKRAPANNA, S. S.; WARNER, R. L. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. **Plant Physiology**, Lancaster, v.99, p.1294-1301, 1992.

BONFIM-DA-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1289-1297, 2006.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem.**, v. 72, p. 248, 1976.

CABRERA-BOSQUET, L.; ALBRIZIO, R.; ARAUS, J. L.; NOGUÉS, S. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. **Environmental and Experimental Botany**, v.67, n.1, p.145–152, 2009.

CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M. de; FONSECA, D. M. da; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. de. **Pastagens**. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de minas gerais (CFSMG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação, Viçosa, 1999, p.332-341.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997.

CRAWFORD, N. M. Nitrate: nutrient and signal for plant growth. **The Plant Cell**, Rockville, v.7, p.859-868, 1995.

DIERKING, R. M.; ALLEN, D. J.; CUNNINGHAM, S. M.; BROUDER, S. M.; VOLENEC, J. J. Nitrogen reserve pools in two *Miscanthus* × *giganteus* genotypes under contrasting N managements. **Frontier in Plant Science**, v. 8, n. 1618, 2017.

DISCHE, Z. **General color reactions**. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAN, M. L. (Eds.). Carbohydrate chemistry. New York: Academic, 1962, p. 477-512.

GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; CARVALHO, F. D. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 900-913, 2018.

GLOSER, V.; KOŠVANCOVÁ, M.; GLOSER, J.; Regrowth dynamics of *Calamagrostis epigejos* after defoliation as affected by nitrogen availability. **Biologia Plantarum**. v. 51, n.3, 501–506, 2007.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C. Fotossíntese, Reservas Orgânicas e Rebrotas do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) sob Diferentes Intensidades de Desfolha do Perfilho Principal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2165-2175, 2002.

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO – LAPIG. **Atlas Digital das Pastagens Brasileiras**. Universidade Federal de Goiás (UFG). Disponível em: <https://maps.lapig.iesa.ufg.br/?layers=pa_br_areas_pastagens_250_2015_lapig> Acesso em: 10 Dezembro de 2019.

LARSSON, C. M.; INGEMARSSON, B. **Molecular aspects of nitrate uptake in higher plants**. In: WRAY, J.L., KINGHORN, J.R. Molecular and genetics aspects of nitrate assimilation. Oxford : Oxford Science, 1989. Chapt.1. p.3-14.

MESQUITA, P.; SILVA, S. C. da; PAIVA, A. J.; CAMINHA, F. O.; PEREIRA, L. E. T.; GUARDA, V. D.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do. Structural characteristics of marandu palisadegrass swards subjected to continuous stocking and contrasting rhythms of growth. **Scientia Agricola**, v.67, p.23-30, 2010.

OSBORNE, T. B. **The vegetable proteins**. 2.ed. London: Longmans Green and company, 1924, p.154.

OURRY, A.; KIM, T. H.; BOUCAUD, J. Nitrogen reserve mobilization during regrowth of *Medicago sativa* L. Relationships between availability and regrowth yield. **Plant Physiology**, v.105, p.831-837, 1994.

PARIS, W.; BRANCO, A. F.; PROHMANN, P. E. F.; MOURO, G. F. Características químicas e produtivas da gramínea coastcross (*Cynodon Dactylon* (L.) Pers) pastejada por novilhos no verão. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n. 4, p. 483-491, 2004.

SILVA, D. R. G.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; BERNARDES, T. F. Rates and sources of nitrogen in the recovery of the structural and productive characteristics of marandu grass. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013.

SMITH, D. The nonstructural carbohydrates. In: BUTLER, G.W.; BAILEY, R.W. (Ed.) **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic Press, 1973. p.105-155.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

VESSEY, J. K., RAPER, C. D., HENRY, L. T. Cyclic variations in nitrogen uptake rate in soybean plants: uptake during reproductive growth. **Journal of Experimental Botany**, New York, v.41, p.1579-1584, 1990.

VOLENEC, J. J.; OURRY, A.; JOERN, B. C. A role to nitrogen reserves in the resprout of forages and tolerance for stress. **Physiologia Plantarum**, v. 97, p.185-193, 1996.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v.144, n.3, p.307-313, 1994.

V. CAPÍTULO III

INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE A CAPACIDADE DE REBROTA DO CAPIM-MARANDU SUBMETIDO Á DESFOLHA.

Resumo: este capítulo teve por objetivo avaliar o efeito da adubação nitrogenada sobre recuperação do capim-marandu após ser submetido a ciclos de corte. O estudo foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, campus de Itapetinga – BA em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹) e três ciclos de corte com intervalos de 28 dias (1, 2 e 3 cortes), disposto em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 48 vasos plásticos com capacidade de 12 litros, os quais foram preenchidos com 9 dm⁻³ de solo. Foram utilizadas 4 plantas por vaso de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Foram mensuradas a produção de massa seca de folha, pseudocolmo, raiz, área foliar, índice de área foliar, taxa de crescimento foliar e do pseudocolmo, taxa de aparecimento de perfilhos e densidade populacional de perfilhos. A adubação nitrogenada promoveu aumento na produção de massa seca de folha com as doses de 192,50, 225 e 225 kg de N ha⁻¹ para 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. Para a produção de massa seca do pseudocolmo aumentou com as doses de 135, 225 e 225 kg de N ha⁻¹ com 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. A produção de massa seca da parte aérea aumentaram com as doses de 195, 225 e 225 kg de N ha⁻¹, com 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. A adubação nitrogenada elevou a produção de massa seca de raiz com as doses de 153,80, 225 e 225 kg de N ha⁻¹ com 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. A adubação nitrogenada aumentou a área foliar com as doses de 195, 225 e 225 kg de N ha⁻¹ para 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. Para o índice de área foliar a adubação nitrogenada com as doses de 201,50, 225 e 225 kg de N ha⁻¹, com 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. A taxa de crescimento foliar aumentou com as doses de 195, 225 e 225 kg de N ha⁻¹, com 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. A densidade populacional de perfilhos aumentou com as doses de 193,06, 211,29 e 243,79 kg de N ha⁻¹, para 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. Para a taxa de aparecimento de perfilhos aumentou com as doses de 165,32, 172,79 e 196,33 kg de N ha⁻¹, para 1, 2 e 3 cortes, respectivamente. Entre os cortes a maior produção de massa seca foliar e da parte aérea foi verificada com 2 cortes nas doses de 150 e 225 kg de N ha⁻¹. A maior produção de raiz foi observada com 3 cortes com a adubação nitrogenada. Para área foliar e índice de área foliar os maiores valores foram verificados com 1 corte até a dose de 150 kg de N ha⁻¹, com maior valores com 2 cortes na dose de 225 kg de N ha⁻¹. A adubação nitrogenada com 225 kg de N ha⁻¹ promove aumento das taxas de crescimento foliar, do pseudocolmo, das raízes, da produção e do perfilhamento do capim-marandu, mesmo após cortes sucessivos, indicando um efeito residual do nitrogênio sobre a recuperação da planta durante a rebrota.

Palavras-chave: carbono, nitrogênio, produção, rebrota

INFLUENCE OF NITROGENATED FERTILIZATION ON THE CAPACITY OF REGROWTH OF MARANDU GRASS SUBMITTED THE DEFOLIATION.

Abstract: This chapter aimed to evaluate the effect of nitrogen fertilization on recovery of marandu grass after being subjected to cutting cycles. The study was conducted at the State University of Southwest Bahia - UESB, campus of Itapetinga - BA in a 4 x 3 factorial scheme, with four nitrogen doses (0, 75, 150 and 225 kg of N ha⁻¹) and three cycles of nitrogen. cut at intervals of 28 days (1, 2 and 3 cuts), arranged in a completely randomized design, with four replications, totaling 48 plastic pots with a capacity of 12 liters, which were filled with 9 dm⁻³ of soil. Four plants were used per pot of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The production of dry mass of leaf, pseudo-stock, root, leaf area, leaf area index, rate of leaf and pseudo-growth, rate of tiller appearance and population density of tiller were measured. Nitrogen fertilization increased the production of dry leaf mass with doses of 192.50, 225 and 225 kg of N ha⁻¹ for 1, 2 and 3 cuts, respectively. For the production of dry matter the pseudostem increased with doses of 135, 225 and 225 kg of N ha⁻¹ with 1, 2 and 3 cuts, respectively. The dry matter production of the area increased with doses of 195, 225 and 225 kg of N ha⁻¹, with 1, 2 and 3 cuts, respectively. Nitrogen fertilization increased the production of root dry matter with doses of 153.80, 225 and 225 kg of N ha⁻¹ with 1, 2 and 3 cuts, respectively. Nitrogen fertilization increased the leaf area with doses of 195, 225 and 225 kg of N ha⁻¹ for 1, 2 and 3 cuts, respectively. For the leaf area index, nitrogen fertilization with doses of 201.50, 225 and 225 kg of N ha⁻¹, with 1, 2 and 3 cuts, respectively. The leaf growth rate increased with the doses of 195, 225 and 225 kg of N ha⁻¹, with 1, 2 and 3 cuts, respectively. Tiller population density increased with doses of 193.06, 211.29 and 243.79 kg of N ha⁻¹, for 1, 2 and 3 cuts, respectively. The tiller rate increased with doses of 165.32, 172.79 and 196.33 kg of N ha⁻¹, for 1, 2 and 3 cuts, respectively. Among the cuts, the highest production of dry leaf and aerial part was verified with 2 cuts in the doses of 150 and 225 kg of N ha⁻¹. The highest root production was observed with 3 cuts with nitrogen fertilization. For leaf area and leaf area index, the highest values were verified with 1 cut up to the dose of 150 kg of N ha⁻¹, with higher values with 2 cuts in the dose of 225 kg of N ha⁻¹. Nitrogen fertilization with 225 kg of N ha⁻¹ promotes an increase in leaf growth rates, pseudoholm, roots, production and tillering of marandu grass, even after successive cuts, indicating a residual nitrogen effect on the recovery of plant during regrowth.

Keywords: carbon, nitrogen, production, regrowth

5.1. INTRODUÇÃO

As reservas orgânicas têm sido relacionadas como os principais substratos envolvidos no processo de rebrota após a desfolha. Com a perda da área foliar e a redução da fotossíntese líquida, os carboidratos e proteínas presentes nos órgãos permanentes como raízes e base do colmo, se tornam a principal fonte de carbono e nitrogênio para o restabelecimento foliar (Smith, 1973; Ourry et al., 1994).

Ao longo dos anos os carboidratos têm sido definidos como principais reservas relacionadas à restauração da área foliar (Smith, 1973; Soares Filho, 1991; Gomide et al., 2002). Contudo, estudos têm indicado que, além dos carboidratos de reserva, as proteínas em plantas forrageiras também teriam papel crucial durante a rebrota (Ourry et al., 1994; Volenec et al., 1996).

Segundo Avice et al. (1996) após a desfolha a planta entra em balanço energético negativo (respiração maior que a fotossíntese líquida), utilizando assim os carboidratos de reserva como fonte de energia para a respiração dos órgãos remanescentes. É também, segundo Volenec et al. (1996) há um aumento significativo na atividade de enzimas proteolíticas (proteases) durante a rebrota em órgãos de reserva, aumentando concentração e mobilização de aminoácidos oriundo de proteínas de reserva para zonas meristemáticas, auxiliando nos processos de formação de novos tecidos.

Todavia, a formação e mobilização de proteínas de reservas dependem da formação e armazenamento destes compostos. Segundo Gloser et al. (2007) gramíneas submetidas a adubação nitrogenada antes da desfolha apresentam aumento significativo de aminoácidos e proteínas solúveis em raízes e caules, sofrendo drástica redução durante o período de rebrota, porém com maiores taxas de crescimento foliar em relação as plantas que não foram adubadas.

A relação entre a formação e mobilização de proteínas de reserva na recuparação foliar também foi verificada por Dierking et al. (2017), que encontraram maiores taxas de crescimento em gramíneas adubadas com nitrogênio antes da desfolha. Essa característica está relacionada à formação e mobilização de carboidratos e proteínas sintetizadas e armazenadas em órgãos permanentes antes da desfolha. Esses compostos químicos atuam como fonte de carbono e nitrogênio, elevando as taxas de crescimento e recuperação da planta durante a rebrota.

A capacidade de rebrota após a desfolha parece estar ligada, a disponibilidade de reservas orgânicas em órgãos permanentes, atuando como fonte, principalmente de aminoácidos provindos da degradação de proteínas já sintetizadas no período precedente à desfolha, que demandaria menor gasto de energia em relação à absorção de nitrogênio inorgânico do solo (Ourry et al., 1994). A capacidade dessas proteínas em elevar as taxas de crescimento após a desfolha lança um questionamento sobre o aproveitamento residual da adubação nitrogenada, o que reduziria a necessidade da constante utilização da adubação após ciclos de desfolha, aproveitamento o acúmulo de reservas proteicas para a recuperação foliar de gramíneas tropicais.

Destarte, objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada sobre recuperação do capim-marandu após ser submetido a ciclos de corte.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Instalação do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao setor de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, *Campus* “Juvino Oliveira”, Itapetinga-BA. O ensaio foi conduzido em esquema fatorial 4 x 3, no qual foram utilizadas quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia) e três ciclos de corte em intervalos de 28 dias (1, 2 e 3 cortes), disposto em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 48 vasos plásticos com capacidade de 12 litros, os quais foram preenchidos com 9 dm⁻³ de solo.

O solo utilizado é considerado segundo o protocolo de análise de textura Franco arenosa, coletado no *Campus* da UESB. O solo foi coletado na camada arável (0 a 20 cm), destorroado e passado em peneira com malha de 4 mm e posto para secar ao ar. A análise química do solo, realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UESB apresentou os seguintes resultados: pH em água = 5,3; P = 6 mg/dm³, em extrator Mehlich; K = 0,08 cmolc/dm³; Ca²⁺ = 2,4 cmolc/dm³; Mg²⁺ = 1,8 cmolc/dm³; Al³⁺ = 0,2 cmolc/dm³; H⁺ = 3,6 cmolc/dm³; SB = 4,3 cmolc/dm³; t = 4,5 cmolc/dm³; T = 8,1 cmolc/dm³; V = 53% e M.O = 10 g/dm³.

De acordo com Cantarutti et al. (1999) e com base na análise de solo não houve necessidade de calagem. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é recomendada como médio nível tecnológico, de forma que os valores de fósforo (P) e potássio (K) se apresentaram inferiores aos exigidos, havendo, assim, necessidade de correção. Portanto, foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples (18% de P₂O₅), correspondendo a 1,25g vaso⁻¹ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio (58% de K₂O), correspondendo a 0,23 g vaso⁻¹.

Para determinação da capacidade de retenção de água do solo, os vasos com solo seco foram pesados, encharcados e, após escoamento total da água os vasos foram pesados novamente. Pela diferença de peso seco e úmido após o escoamento total, foi determinada a máxima capacidade de retenção de água do solo. Este valor foi utilizado para calcular a reposição diária de água em cada vaso.

Foram utilizadas 4 plantas por vaso de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu produzidas a partir de sementes comerciais com valor cultural de 80%. O desbaste foi

feito, quando as plantas apresentavam em torno de 10 cm de altura (desfolha severa), mantendo-se apenas 4 plantas por vaso. Quando as plantas atingiram 30 cm de altura foi realizado o corte de uniformização a 10 cm do solo, e, em seguida, foram aplicadas às doses de nitrogênio de 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹, correspondendo a 0,77, 1,53 e 2,30 g de ureia vaso⁻¹ de acordo com cada tratamento aplicado de forma única.

Os cortes foram feitos da seguinte forma: aos 28 dias após a adubação nitrogenada, os vasos com o tratamento de apenas um corte foram desmontados e os demais foram cortados a altura de 10 cm do solo. Após mais 28 dias de rebrota, totalizando 56 dias após a adubação (2 ciclos de 28 dias) os tratamentos com 2 cortes foram desmontados e os demais foram cortados a 10 cm do solo. Após mais 28 dias, o último tratamento com 3 cortes foi desmontado, totalizando 84 dias após a adubação (3 ciclos de 28 dias). As temperaturas mínima, máxima e média foram registradas no período e apresentaram valores médios de 12,2°C, 37,2°C e 26,1°C, respectivamente, durante todo período experimental.

5.2.2. *Área foliar e índice de área foliar*

Ao final de cada ciclo de corte, os vasos foram desmontados em água corrente e as plantas dissecadas em raiz, pseudocolmo (colmo e bainha) e folha. Para quantificar a área foliar, as folhas das quatro plantas, por vaso, foram escaneadas. As imagens digitalizadas foram utilizadas para a determinação das áreas foliares pelo programa computacional ImageJ. Esse programa determina a área da imagem ocupada pelas folhas pelo contraste com a área não ocupada. Os valores foram somados determinando assim a área foliar total por vaso (cm² vaso⁻¹). O índice de área foliar (IAF) foi determinado pela divisão da área foliar total pela área total do vaso preenchido com solo.

5.2.3. *Densidade populacional de perfilhos*

A densidade populacional de perfilhos (DPP) foi determinada por meio da marcação com fitas nos perfilhos vivos por vaso a cada sete dias. Ao final de cada tratamento foi feito o somatório das gerações de perfilhos determinando assim o número total de perfilho por vaso.

5.2.4. Taxa de crescimento foliar e do pseudocolmo

Três perfilhos por vaso foram marcados com fitas coloridas, nos quais foram avaliados, a cada três dias (durante todo período experimental): comprimento da lâmina foliar, o comprimento do pseudocolmo. A partir desses dados, foram calculadas as características morfogênicas: taxa de alongamento (cm dia^{-1}) foliar (Talf) e a taxa de alongamento (cm dia^{-1}) do pseudocolmo (Talpc). No último dia de cada período de avaliação os perfilhos marcados foram cortados no nível do solo, acondicionados em sacos plásticos e levados para medição do comprimento de lâmina foliar e pseudocolmo de forma análoga a realizada para morfogênese, sendo em seguida levados a estufa de ventilação forçada de ar a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 h. Após a secagem, o material foi pesado em balança analítica e obtido a massa seca da folha. A massa seca de folha foi dividida pelo seu respectivo comprimento total, gerando um fator de conversão comprimento-massa (g cm^{-1}) foliar (a) e comprimento-massa pseudocolmo (b). Assim, foi possível estimar a taxa de crescimento foliar e de pseudocolmo conforme a seguinte equação adaptada de Davies (1993):

Taxa de crescimento foliar ($\text{mg vaso}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) = (Talf x a) x DPP; onde Talf = taxa de alongamento foliar (cm dia^{-1}), a = índice de peso por unidade de comprimento foliar (g cm^{-1}) e DPP = densidade populacional de perfilhos. Taxa de crescimento do pseudocolmo ($\text{mg vaso}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) = (Talpc x b) x DDP; onde Talpc = taxa de alongamento do pseudocolmo (cm dia^{-1}), b = índice de peso por unidade de comprimento do pseudocolmo e DDP = densidade populacional de perfilho.

5.2.5. Produção de massa seca

Ao final de cada período experimental o material dissecado (folha, pseudocolmo e raiz) foi pesado para a determinação de massa fresca (MF) e, em seguida, seco em estufa a 60°C por 72 horas, e pesados novamente para obtenção da massa seca (MS) de folha, pseudocolmo e raiz. Após a secagem, o material foi moído em moinho de facas com peneira de malha de 1 mm para serem amostrados 2 g de massa seca e levado à estufa a 105°C , por 12 horas para se quantificar massa seca definitiva de folha, pseudocolmo e raiz.

5.2.6. Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, considerando como fontes de variação as doses de nitrogênio (N), cortes (C) e a interação de N x C. A interação foi desdobrada, ou não, de acordo com a significância, e os efeitos da adubação nitrogenada foram avaliados por análise de regressão simples, utilizando-se uma decomposição ortogonal do efeito de nitrogênio, cujos coeficientes foram avaliados pelo teste F, e a comparação entre cortes foi realizada pelo teste de Tukey, adotando-se $\alpha = 0,05$.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1. Produção de massa seca de folha, pseudocolmo, parte aérea e raiz.

A produção de massa seca de folha, do pseudocolmo, parte aérea e raiz apresentou interação significativa ($P < 0,05$) entre a adubação nitrogenada e número de cortes (Figura 1). A adubação nitrogenada promoveu efeito quadrático crescente ($P < 0,05$) para massa seca de folha com 1 corte, além de efeito linear crescente para 2 e 3 cortes (Figura 1A). Com 1 corte, a produção máxima de massa seca de folha foi de $9,48 \text{ g vaso}^{-1}$ com a dose de $192,50 \text{ kg de N ha}^{-1}$, aumento de 358%.

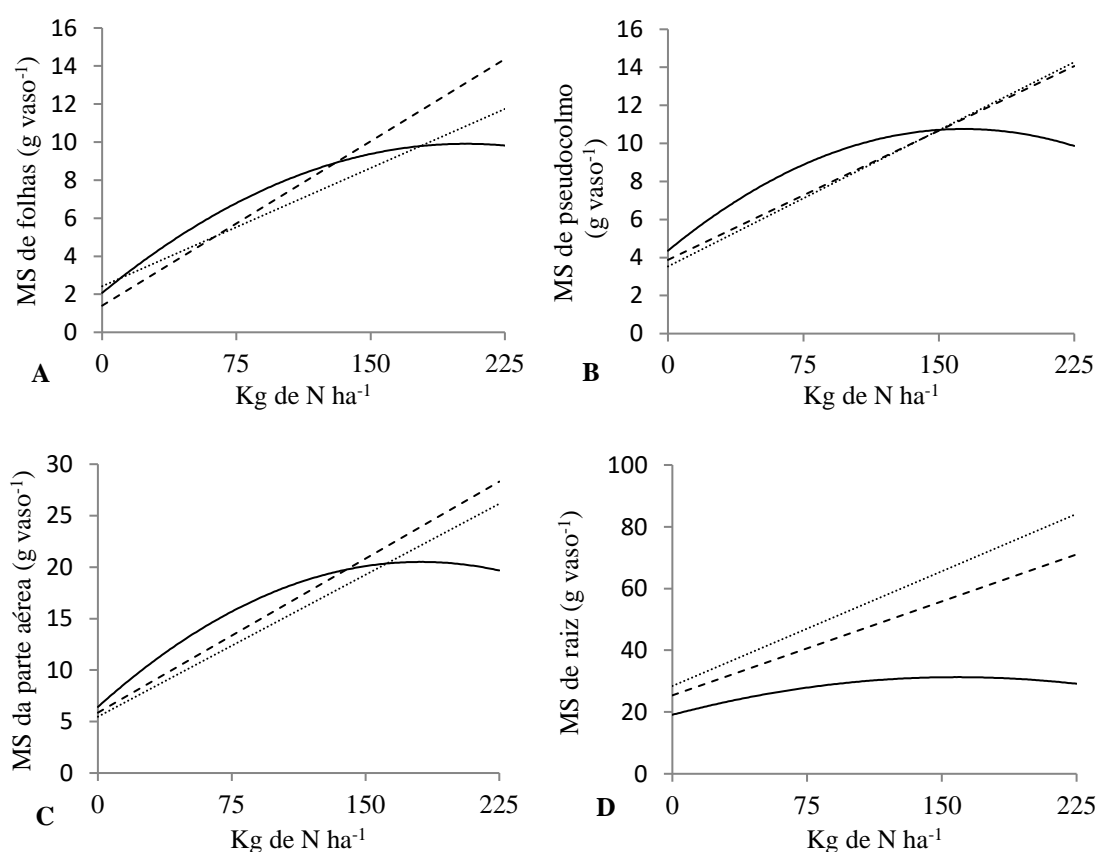


Figura 1. Produção de massa seca (MS) de folha (A), pseudocolmo (B), parte aérea (C) e raiz do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: MS de folha (A): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 2,07 + 0,0770x - 0,0002x^2$ ($R^2 = 98$); $\hat{Y}_2 \text{ cortes} = 2,26 + 0,0520x$ ($R^2 = 96$); $\hat{Y}_3 \text{ cortes} = 2,42 + 0,0414x$ ($R^2 = 99$); MS do pseudocolmo (B): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 4,45 + 0,0810x - 0,0003x^2$ ($R^2 = 95$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 3,88 + 0,0450x$ ($R^2 = 97$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 3,53 + 0,0477x$ ($R^2 = 99$); MS da parte aérea (C): $\hat{Y}_1 \text{ Corte} = 6,42 + 0,1560x - 0,0004x^2$ ($R^2 = 98$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 5,39 + 0,1030x$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 5,94 + 0,0890x$ ($R^2 = 99$); MS de raiz (D): $\hat{Y}_1 \text{ Corte} = 19,10 + 0,1538x - 0,0005x^2$ ($R^2 = 63$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 25,41 + 0,2028x$ ($R^2 = 94$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 28,43 + 0,2477x$ ($R^2 = 91$).

A resposta quadrática da adubação nitrogenada com 1 corte, ocorre porque a quantidade de nitrogênio absorvida varia durante o ciclo de desenvolvimento da planta em função da quantidade de raízes e da taxa de absorção por unidade de peso de raiz, limitando assim a absorção de elevadas quantidades de nitrogênio (Cregan & Berkum, 1984).

Para 2 e 3 cortes, o valor máximo estimado de massa seca foliar foi de 13,96 e 11,74 g vaso⁻¹, aumento de 517,70% e 385,12% com a dose de 225 kg de N ha⁻¹, respectivamente (Figura 1). O efeito positivo da adubação nitrogenada sobre o aumento da produção de massa seca de folhas e pseudocolmo do capim-marandu, já é bem difundido na literatura (Mesquita et al., 2010; Silva et al., 2013), principalmente, pelo efeito benéfico do nitrogênio sobre os processos de divisão e expansão celular, elevando as taxas de alongamento e aparecimento foliar, além de aumentar concentração de clorofilas e enzimas, aumentando assim a taxa fotossintética na planta (Pompeu et al., 2010; Cabrera-Bosquet et al., 2009).

O aumento da produção de massa seca foliar do capim-marandu neste trabalho foi superior aos encontrados por Silva et al. (2013), que observaram aumento de 212% com a dose de 300 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, em relação a não aplicação de nitrogênio, atribuída a manutenção eficiente do teor de umidade do solo, proporcionando melhor aproveitamento do nitrogênio pela planta. Todavia, a adubação nitrogenada foi realizada de forma única no início do período experimental, assim sendo, a alta produção de folhas verificadas com 2 e 3 cortes em resposta a adubação nitrogenada, se deve, essencialmente, pela interação entre utilização das reservas de nitrogênio dos órgãos de reserva, que neste trabalho reduziram em 50,81% e 51,18% nas raízes com 2 e 3 cortes, respectivamente em resposta a adubação nitrogenada. Segundo Gloser et al. (2007), gramíneas adubadas com nitrogênio antes da desfolha, apresentaram maiores taxas de crescimento durante a rebrota, devido a maior formação e mobilização das reservas proteicas.

A produção de massa seca de pseudocolmo apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) em resposta a adubação nitrogenada com 1 corte (Figuras 1B), com máximo valor estimado de 9,92 g vaso⁻¹ com a dose de 135 kg de N ha⁻¹, aumento de 122,92%. Para 2 e 3 cortes, a produção de massa seca de pseudocolmo apresentou efeito linear para a adubação nitrogenada com valores máximo estimados em 14,01 e 14,26 g vaso⁻¹,

aumento de 282,96% e 303,97%, respectivamente com a dose de 225 kg de N ha⁻¹. A produção de massa seca de pseudocolmo com 2 e 3 cortes foram maiores aos verificados por Silva et al. (2013), que encontraram aumento de 239% da massa seca, de colmo mais bainha, com a dose de 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, em relação a não aplicação de nitrogênio.

De acordo com Oliveira et al. (2007), em condição de alta disponibilidade de nitrogênio, ocorre aumento do crescimento da planta, acima de tudo, das folhas, que ao se tornarem totalmente expandidas elevam a formação do pseudocolmo. O elevado crescimento do pseudocolmo com 2 e 3 cortes, está relacionado as maiores taxas de crescimento da planta, proporcionadas pela utilização das reservas proteicas, que elevaram as taxas de crescimento foliar e, conseqüentemente do pseudocolmo.

A produção de massa seca da parte aérea do capim-marandu apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) em resposta a adubação nitrogenada com 1 corte (Figura 1C), com máximo valor estimado foi de 21,63 g vaso⁻¹ com a dose de 195 kg de N ha⁻¹, aumento de 236,92%. Com 2 e 3 cortes a produção de massa seca da parte aérea apresentou efeito linear positivo em resposta a adubação nitrogenada (Figura 1C), com valores máximos estimados de 28,57 e 25,97 g vaso⁻¹, aumento de 430,06% e 337,21%, respectivamente com a dose de 225 kg de N ha⁻¹.

A capacidade da adubação nitrogenada em elevar a produção da parte aérea do capim-marandu representa tendência semelhante, ao aumento da massa seca de folhas e pseudocolmo por ser somatório dessas duas variáveis. Porém, os aumentos observados neste trabalho foram superiores aos encontrados por Pariz et al. (2011), que verificaram aumento de 224% da produção de massa seca do capim-marandu adubado com a dose de 200 kg de N ha⁻¹. A adubação nitrogenada elevou a concentração de todos os tipos de proteínas nas folhas, pseudocolmo e raízes do capim-marandu, resposta verificada no primeiro corte. Essas proteínas, em particular, as presentes em maiores quantidades no pseudocolmo e raízes serviram de fonte de aminoácidos para as plantas com 2 e 3 cortes, elevando suas taxas de crescimento foliar e do pseudocolmo, proporcionando elevadas taxas de crescimento, comprovando a capacidade de aproveitamento do nitrogênio pela planta para sua recuperação após sucessivos ciclos de desfolha.

A produção de massa seca de raiz apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) em resposta a adubação nitrogenada com 1 corte (Figura 1D), com máximo valor estimado de 30,92 g vaso⁻¹ com a dose de 153,80 kg de N ha⁻¹, aumento de 61,88%. Com 2 e 3

cortes a produção de massa seca da parte aérea apresentou efeito linear em resposta a adubação nitrogenada (Figura 1D), com valores máximos estimado de 71,11 e 84,16 g vaso⁻¹, aumento de 179,85% e 196,03%, respectivamente com a dose de 225 kg de N ha⁻¹.

Estudos sobre o efeito da adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento do sistema radicular em gramíneas tem demonstrado a importância deste nutriente na elevação das taxas de crescimento radicular em gramíneas, principalmente, pelo aumento da produção de fotoassimilados pelas folhas que fornecem substrato para o crescimento do sistema radicular (Sarmiento et al., 2008; Silveira & Monteiro, 2011).

Além, de aumentar o crescimento radicular o nitrogênio favoreceu o aumento da formação e da atividade enzimática nas raízes, estimulando na elevação da capacidade de conversão de substâncias inorgânicas como o nitrogênio presente no solo (Taiz et al., 2017). Plantas adubadas com nitrogênio com 2 e 3 cortes, apresentaram maiores taxas de crescimento radicular, proporcionadas pela elevada capacidade de recuperação da área foliar, resultante do efeito positivo da maior concentração de reservas de proteína como fonte de aminoácidos prontamente disponíveis para a rebrota.

Para produção de massa seca de folha não foi encontrada diferença entre os cortes ($P < 0,05$) sem a adubação (Tabela 1). Na dose de 75 kg de N ha⁻¹ a maior produção de massa seca foliar (7,40 g vaso⁻¹) foi encontrada com 1 corte. Nas doses de 150 e 225 kg de N ha⁻¹, a produção de folhas foi maior com 2 cortes, com valor máximo 10,39 e 14,29 g vaso⁻¹, respectivamente, proporcionadas pela maior disponibilidade e mobilização de reservas proteicas.

Para a produção de massa seca de pseudocolmo somente foi observada diferença entre os cortes na dose de 225 kg de N ha⁻¹ (Tabela 1), com maior valor 13,53 e 14,30 g vaso⁻¹ com 2 e 3 cortes, respectivamente. A produção de massa seca da parte aérea foi maior com 1 (6,06 g vaso⁻¹) e 2 (5,53 g vaso⁻¹) cortes sem adubação (Tabela 1). Na dose de 75 kg de N ha⁻¹ a maior produção (16,57 g vaso⁻¹) foi observada com 1 corte. Com 150 kg de N ha⁻¹ a maior produção da parte aérea foi de 21,48 g vaso⁻¹ com 2 cortes. Na maior dose 225 kg de N ha⁻¹ a maior produção foi encontrada com 2 (27,81 g vaso⁻¹) e 3 (25,88 g vaso⁻¹) cortes (Tabela 1).

A maior produção de massa seca foliar e da parte aérea com 2 cortes nas maiores doses de nitrogênio, pode ser atribuída, a utilização dos aminoácidos provenientes das proteínas nos órgãos de reserva, para restabelecimento foliar, em vez de absorver e

converter o nitrogênio inorgânico, demandando menor gasto de energia (Volenc et al., 1996). A adubação nitrogenada aumenta a formação de proteínas de reserva em órgãos permanentes, que atuam aumentando a capacidade de restauração foliar após a planta ser submetida a desfolhas (Gloser et al., 2007).

Tabela 1. Produção de massa seca de folhas (PMSF), pseudocolmo (PMSPC), parte aérea (PMSPA) e da raiz (PMSR) do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada e diferentes cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
PMSF (g vaso ⁻¹)					
1	1,87 a	7,40 a	8,77 b	10,02 c	7,02
2	1,60 a	5,25 b	10,39 a	14,29 a	7,08
3	2,23 a	5,75 b	8,77 b	11,58 b	7,94
Médias	1,90	6,22	9,31	11,96	
CV (%)	8,36				
PMSPC (g vaso ⁻¹)					
1	4,20 a	9,35 a	10,24 a	10,02 b	8,45
2	3,24 a	8,01 a	11,10 a	13,53 a	8,97
3	3,30 a	7,60 a	10,41 a	14,30 a	8,9
Médias	3,58	8,32	10,58	12,61	
CV (%)	14,77				
PMSPA (g vaso ⁻¹)					
1	6,06 a	16,75 a	19,02 b	20,03 b	15,47
2	4,84 b	13,53 b	21,48 a	27,81 a	16,92
3	5,53 a	13,34 b	19,18 b	25,88 a	15,98
Médias	5,47	14,54	19,89	24,57	
CV (%)	9,82				
PMSR (g vaso ⁻¹)					
1	17,51 a	32,69 c	26,48 b	30,74 c	26,86
2	20,94 a	47,72 b	55,02 a	69,21 b	48,22
3	22,17 a	58,23 a	61,91 a	82,86 a	56,29
Médias	20,21	46,21	47,8	60,94	
CV (%)	19,17				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

Para a produção de massa seca de raiz não foi observada diferença entre os cortes sem a adubação nitrogenada (Tabela 1). Na dose de 75 kg de N ha⁻¹ a maior produção de raiz foi verificada com 3 cortes (58,25 g vaso⁻¹). Na dose de 150 kg de N ha⁻¹ os tratamentos com 2 (55,02 g vaso⁻¹) e 3 (61,91 g vaso⁻¹) cortes. Na maior dose

225 kg de N ha⁻¹, a produção de raiz foi maior com 3 cortes (82,86 g vaso⁻¹) (Tabela 1). Segundo Maranhão et al. (2009), a utilização da adubação nitrogenada em gramíneas do gênero *Brachiaria* promove aumento da produção de massa seca em raízes, precipuamente, pelo aumento no aporte de energia (carboidratos) produzido pelas folhas, sendo acrescidos pela adubação nitrogenada, elevando a disponibilidade de energia para os processos de crescimento radicular, que continuarão a se desenvolver, independente do número de cortes. Geralmente, com o passar do tempo as plantas apresentam maior desenvolvimento radicular, como verificados nas plantas com 3 cortes (84 dias após a adubação), com raízes mais desenvolvidas as plantas tem maior capacidade de suportarem maiores frequências de desfolha (Sarmiento et al., 2008), principalmente pela alta capacidade de absorção de nutrientes e armazenamento de reservas (Cecato et al., 2001).

5.3.2. Área foliar e índice de área foliar

A interação entre adubação nitrogenada e número de cortes foi significativa ($P < 0,05$) para área foliar e índice de área foliar (Figura 2).

A adubação nitrogenada promoveu efeito quadrático crescente ($P < 0,05$) para área foliar com 1 corte, além de efeito linear crescente para 2 e 3 cortes (Figura 2A). A área foliar máxima estimada com 1 corte foi de 2462,35 cm² com a dose de 194,80 kg ha⁻¹ de N, aumento de 331,06% (Figura 2A). Para 2 e 3 cortes o valor máximo estimado de massa seca foliar foi de 2880,67 e 1853,52 cm², aumento de 656,24% e 249,38%, respectivamente com a dose de 225 kg de N ha⁻¹. Para o índice de área foliar a adubação nitrogenada promoveu efeito quadrático crescente ($P < 0,05$) para 1 corte (Figura 2B), com valor máximo estimado foi de 5,17 com a dose de 201,50 kg de N ha⁻¹, aumento de 365,77%.

Com 2 e 3 cortes a adubação nitrogenada foliar proporcionou efeito linear ($P < 0,05$) para o índice de área foliar (Figura 2B), com valor máximo estimado de 5,65 e 3,63, com aumento de 443,27% e 249,04%, respectivamente com a dose de 225 kg de N ha⁻¹. A adubação nitrogenada mostrou-se favorável no aumento da formação de novas folhas em todos os cortes, aumentando sua área foliar e o índice de área foliar, mostrando assim a relação positiva entre a disponibilidade de nitrogênio e a formação de proteínas de reserva antes da desfolha sobre a capacidade de recuperação foliar após sucessivos ciclos de corte. Segundo Dierking et al. (2007), as reservas de proteínas são

uma das principais fontes de reserva relacionadas com a rápida recuperação foliar, e quanto maior sua formação, maior a recuperação da área foliar após a desfolha.

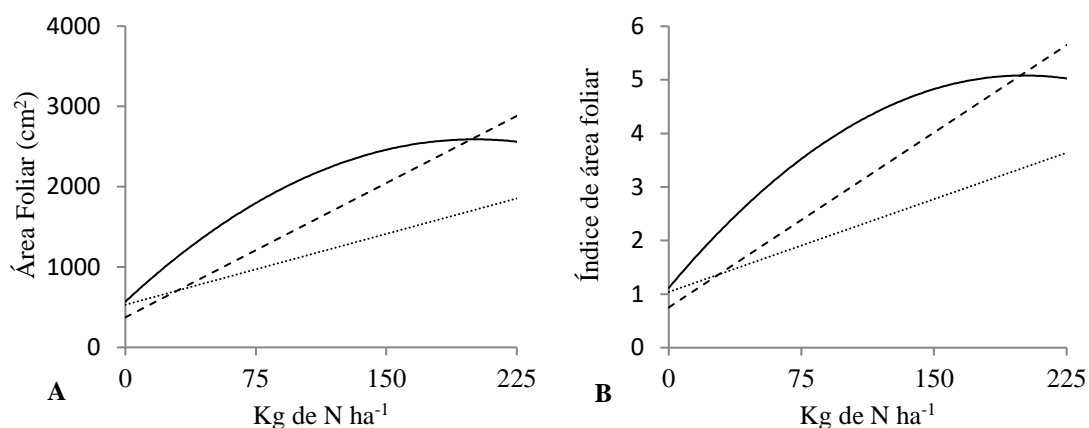


Figura 2. Área foliar (A) e índice de área foliar (B) do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: Área Foliar (A): $\hat{Y}_{1 \text{ corte}} = 571,23 + 19,84x - 0,05x^2$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_{2 \text{ cortes}} = 380,92 + 11,11x$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_{3 \text{ cortes}} = 530,52 + 5,88x$ ($R^2 = 99$); Índice de área foliar (B): $\hat{Y}_{1 \text{ corte}} = 1,11 + 0,0403x - 0,0001x^2$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_{2 \text{ Cortes}} = 1,04 + 0,0115x$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_{3 \text{ Cortes}} = 1,04 + 0,0115x$ ($R^2 = 99$).

As plantas submetidas a 1 e 3 corte apresentaram maiores áreas foliares (550,4 e 538,9 cm² vaso¹) e índices de área foliar (1,08 e 1,06) sem adubação nitrogenada (Tabela 2). Na dose de 75 e 150 kg de N ha⁻¹ a maior área foliar (1853,3 e 2404,5 cm² vaso¹) e índice de área foliar (3,63 e 4,72) foi encontrada com 1 corte. Porém, ao elevar a adubação nitrogenada para 225 kg de N ha⁻¹ o maior valor observado de área foliar e do índice de área foliar foi verificada com 2 cortes com 2835,00 cm² e 5,56, respectivamente. Resposta atribuída, a maior produção de massa seca foliar verificada com 2 cortes na maior dose de nitrogênio. Segundo Brougham (1956), a área foliar e o índice de área foliar são ferramentas utilizadas para definir a capacidade de interceptação luminosa pela planta, que podem ser elevadas em reposta a adubação nitrogenada devido ao aumento das taxas de crescimento foliar.

As plantas com 1 e 2 cortes adubadas com 150 kg de N ha⁻¹ apresentaram índice de área foliar (IAF) em torno de 4,0, definido como IAF crítico, onde 95% do fluxo de luz é interceptado, marcando o ponto ideal de utilização desta cultivar para ser pastejada (Souza Jr, 2007). As plantas adubadas 225 kg de N ha⁻¹ com 1 e 2 cortes apresentaram índices de área foliar acima dos descritos por Souza Jr. (2007) para a interceptação de 95% de luminosidade, proporcionadas pela elevada produção de folhas encontradas

nessas doses. As plantas adubadas com nitrogênio com 3 cortes apresentaram maior índice de área foliar em relação às aquelas não adubadas.

Tabela 2. Área foliar e índice de área foliar (IAF) do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada e diferentes cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Área Foliar (cm ²)					
1	550,4 a	1853,3 a	2404,5 a	2580,0 b	1847,1
2	354,1 b	1202,4 b	2121,0 b	2835,0 a	1630,6
3	538,9 a	955,6 c	1420,7 c	1855,1 c	1192,6
Médias	484,46	1337,1	1982,07	2423,38	
CV (%)	4,38				
Índice de área foliar					
1	1,08 a	3,63 a	4,72 a	5,06 b	3,62
2	0,72 b	2,36 b	4,16 b	5,56 a	3,2
3	1,06 a	1,87 c	2,79 c	3,64 c	2,34
Médias	0,95	2,62	3,89	4,75	
CV (%)	4,45				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

5.3.3. Taxa de crescimento foliar e do pseudocolmo

A taxa de crescimento foliar apresentou interação significativa ($P < 0,05$) entre a adubação nitrogenada e número de cortes (Figura 3A). A adubação nitrogenada promoveu efeito quadrático crescente ($P < 0,05$) para taxa de crescimento foliar com 1 corte, além de efeito linear crescente para 2 e 3 cortes (Figura 3A). Com 1 corte a taxa máxima estimada do crescimento foliar foi de 342,36 mg de MS vaso⁻¹ dia⁻¹ com a dose de 195 kg de N ha⁻¹, aumento de 78,16%. Para 2 e 3 cortes a taxa máxima de crescimento foliar estimada foi de 324,31 e 233,11 mg de MS vaso⁻¹ dia⁻¹, aumento de 626,99% e 486,59% com a dose de 225 kg de N ha⁻¹, respectivamente.

Para a taxa de crescimento do pseudocolmo (Figura 3B), não foi verificada interação significativa entre adubação nitrogenada e ciclos de cortes ($P > 0,05$). Contudo, independente do número de cortes, a adubação nitrogenada promoveu aumento de 185,96% na taxa de crescimento do pseudocolmo, com valor máximo estimado de 316,67 mg de MS vaso⁻¹ dia⁻¹ com a dose de 221,43 kg de N ha⁻¹.

A alta taxa de crescimento foliar está ligada, ao aumento das taxas de alongamento foliar, ocasionadas pela adubação nitrogenada. Plantas sem nitrogênio apresentaram taxas de alongamento foliar em média de 0,78 cm perfilho⁻¹ dia⁻¹, comparado a adubação nitrogenada, aonde as taxas chegaram a 2,88, 2,00 e 1,56 cm perfilho⁻¹ dia⁻¹ com 1, 2 e 3 cortes respectivamente. Segundo Dubeux Júnior et al. (2004), plantas adubadas com nitrogênio apresentam altas taxas de crescimento, proporcionadas pela elevação das taxas de alongamento foliar e área foliar.

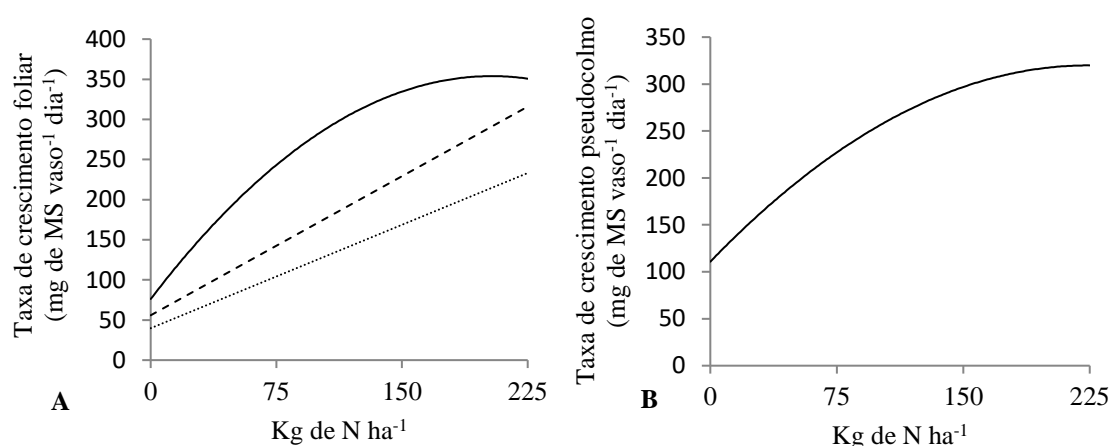


Figura 3. Taxa de crescimento foliar (A) e do pseudocolmo (B) do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes*.

*Equações de regressão: Taxa de crescimento foliar (A): $\hat{Y}_{1 \text{ corte}} = 76,19 + 2,73x - 0,007x^2$ ($R^2 = 97$); $\hat{Y}_{2 \text{ cortes}} = 44,61 + 1,2431x$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_{3 \text{ cortes}} = 39,74 + 0,8594x$ ($R^2 = 99$); Taxa de crescimento do pseudocolmo (B): $\hat{Y}_{\text{média}} = 110,74 + 1,86x - 0,0042x^2$ ($R^2 = 99$).

As altas taxas de crescimento foliar com 2 e 3 cortes em reposta a adubação nitrogenada, provavelmente estão relacionadas com o decréscimo de proteínas de reserva nos órgãos permanentes, proporcionando rápida recuperação do crescimento foliar. Deste modo, plantas com altas taxas de crescimento foliar apresentam altas taxa de assimilação líquida de CO₂ e de nitrogênio inorgânico por unidade de massa seca, o que sugere uma alta eficiência no uso de nitrogênio no processo de fixação de carbono (Poorter et al. 1990).

Sem a adubação nitrogenada as maiores taxas de crescimento foliar foram verificadas com 1 (69,17 mg vaso⁻¹ dia⁻¹) e 2 (65,48 mg vaso⁻¹ dia⁻¹) cortes (Tabela 3). Na dose de 75 e 150 kg de N ha⁻¹ a maior taxa de crescimento (264,17 e 313,59 mg vaso⁻¹ dia⁻¹) foi verificada com 1 corte. Não obstante, na dose de 225 kg de N ha⁻¹ as

maiores taxas de crescimento 357,80 e 318,91 mg de MS vaso⁻¹ dia⁻¹ foram verificadas com 1 e 2 cortes respectivamente, principalmente, por apresentarem as maiores taxas de alongamento foliar, gerando maior taxa de crescimento.

No pseudocolmo independente das doses de nitrogênio a maior taxa de crescimento foi verificada com 1 corte (Tabela 3).

Segundo Dierking et al. (2017), plantas adubadas com nitrogênio apresentam maiores concentrações de proteínas de reserva em órgãos de armazenamento como raízes, em relação aquelas que não foram adubadas com nitrogênio. As proteínas presentes nos órgãos de reserva reduziram durante o processo de rebrota, pois foram utilizadas como fonte de nitrogênio, promovendo aumento das taxas de crescimento foliar e de raízes.

Tabela 3. Taxa de crescimento foliar e do pseudocolmo do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada e diferentes cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Taxa de crescimento foliar (mg vaso ⁻¹ dia ⁻¹)					
1	69,17 a	264,17 a	313,59 a	357,80 a	251,18
2	65,48 a	126,25 b	232,71 b	318,91 a	185,84
3	35,92 b	108,06 b	172,42 c	229,31 b	136,42
Médias	56,85	166,16	239,57	302,01	
CV (%)	7,48				
Taxa de crescimento de pseudocolmo (mg vaso ⁻¹ dia ⁻¹) ¹⁾					
1	149,91	334,07	365,66	357,63	301,82 a
2	112,61	202,97	280,13	330,18	231,47 b
3	63,01	164,43	224,72	278,51	182,67 c
Médias	108,51	233,83	290,17	322,11	
CV (%)	15,70				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

5.3.4. Densidade populacional e taxa de aparecimento de perfilhos

A densidade populacional de perfilhos (DPP) e a taxa de aparecimento de perfilhos apresentaram interação significativa ($P < 0,05$) entre a adubação nitrogenada e número de cortes (Figura 4). A adubação nitrogenada promoveu efeito quadrático crescente ($P < 0,05$) para a densidade populacional de perfilhos em todos os cortes avaliados, com valores máximos estimados de 54,11, 57,23 e 70,21 perfilhos vaso⁻¹ com

as doses de 193,06, 211,29 e 243,79 kg de N ha⁻¹ aumento de 163,18, 120,28 e 145,49% para 1, 2 e 3 cortes, respectivamente (Figura 4A), devidos apresentarem maiores taxas de crescimento foliar. Para a taxa de aparecimento de perfilhos a adubação nitrogenada promoveu efeito quadrático crescente (P<0,05) em todos os cortes avaliados (Figura 4B), com máximos valores estimados de 55,23, 33,95 e 21,79% com as doses de 165,32, 172,79 e 196,33 kg de N ha⁻¹ aumento de 225,65, 160,15 e 113,21% para 1, 2 e 3 cortes, respectivamente.

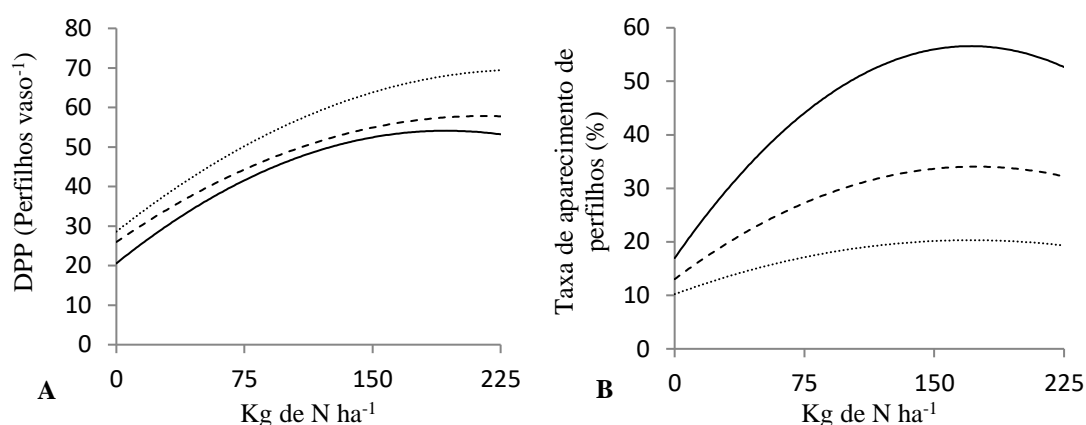


Figura 4. Densidade populacional de perfilhos (DPP) (A) e taxa de aparecimento de perfilhos (B) do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: DPP (A): $\hat{Y}_{1 \text{ corte}} = 20,56 + 0,3475x - 0,0009x^2$ ($R^2 = 95$); $\hat{Y}_{2 \text{ cortes}} = 25,98 + 0,2958x - 0,0007x^2$ ($R^2 = 98$); $\hat{Y}_{3 \text{ cortes}} = 28,60 + 0,3413x - 0,0007x^2$ ($R^2 = 99$); Taxa de aparecimento de perfilhos (B): $\hat{Y}_{1 \text{ corte}} = 16,96 + 0,4629x - 0,0014x^2$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_{2 \text{ cortes}} = 13,05 + 0,2419x - 0,0007x^2$ ($R^2 = 98$); $\hat{Y}_{3 \text{ cortes}} = 10,22 + 0,1178x - 0,0003x^2$ ($R^2 = 99$).

O aspecto positivo da adubação nitrogenada sobre o aumento do perfilhamento em gramíneas já e bem difundido na literatura (Martuscello et al., 2006; Pereira et al., 2011; Martuscello et al., 2015). Segundo Garcez Neto et al. (2002), o nitrogênio promove aumento da formação e ativação de gemas dormentes, acelerando os processos de aparecimento de perfilhos. O aumento da taxa de aparecimento de perfilho gera maior renovação, que favorece no aumento da densidade populacional, com maior proporção de perfilhos jovens no pasto, condição favorável ao aumento em produtividade.

A densidade populacional de perfilhos foi maior (P<0,05) com 2 e 3 cortes sem a adubação nitrogenada (Tabela 4), com taxas de 25,25 e 28,75 perfilhos vaso⁻¹,

respectivamente devido ao maior período de rebrota observado nestes cortes. Não foi verificada diferença entre os cortes para a dose de 75 kg de N ha⁻¹. Nas doses de 150 e 225 kg de N ha⁻¹ a maior densidade foi observada com 3 cortes (64,25 e 69,25 perfilhos vaso⁻¹). Para a taxa de aparecimento de perfilhos somente foi observada diferença entre os cortes nas doses de 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹ com maiores valores 47,52, 52,52 e 53,80%, respectivamente com 1 cortes (Tabela 4).

O perfilhamento do capim-marandu aumentou em reposta a elevação do número de cortes, principalmente, nas maiores doses de nitrogênio. Segundo Gomide (1988), o processo de desfolha estimula o perfilhamento a partir do desenvolvimento de gemas basilares ou laterais, dando origem a novos perfilhos. O perfilhamento é dependente de condições internas e externas à planta, sendo regulado principalmente pela disponibilidade de nutrientes como o nitrogênio (Langer, 1963).

Tabela 4. Densidade populacional de perfilhas (DPP) e taxa de aparecimento de perfilhos do capim-marandu submetido à adubação nitrogenada e diferentes cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
	DPP (perfilhos vaso ⁻¹)				
1	19,25 b	45,50 a	48,50 b	54,50 b	41,94
2	25,25 ab	46,50 a	52,70 b	58,50 b	45,75
3	28,75 a	49,75 a	64,25 a	69,25 a	53,00
Médias	24,42	47,25	55,17	60,75	
CV (%)	7,48				
	Taxa de aparecimento de perfilhos (%)				
1	15,81 a	47,52 a	52,52 a	53,80 a	42,41
2	12,50 a	28,83 b	32,08 b	32,75 b	26,54
3	10,23 a	17,09 c	20,18 c	19,30 c	16,70
Médias	12,84	31,15	34,93	35,28	
CV (%)	15,70				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

Logo, a alta formação de reservas proteicas constituídas durante a adubação facilitou no aumento do número de gemas, que aliadas à mobilização destas durante o crescimento, podem ter favorecido no aumento do perfilhamento do capim-marandu.

Segundo Junior & Monteiro (2003), o corte em gramíneas acaba promovendo a indução das gemas basais, originando novos perfilhos. Assim, plantas com maiores

concentração de proteínas de reservas nas raízes apresentam maiores taxas de perfilhamento durante o período de rebrota, principalmente, pela relação entre a redução da demanda de energia em reposta a alta disponibilidade de nitrogênio, utilizando aminoácidos de proteínas, aumentando assim a disponibilidade de energia, que favorece na síntese de novos tecidos (Gloser et al., 2007).

5.4. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada com 225 kg de N ha⁻¹ promove aumento das taxas de crescimento foliar, do pseudocolmo, das raízes, da produção e do perfilhamento do capim-marandu, mesmo após sucessivos cortes, indicando um efeito residual do nitrogênio sobre a recuperação da planta durante a rebrota.

5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVICE, J. C.; OURRY, A.; LEMAIRE, G.; BOUCAUD, J. Nitrogen and carbon flows estimated by ^{15}N and ^{13}C pulse-chase labeling during regrowth of alfalfa. **Plant Physiology**, v. 112, n. 1, p. 281-290, 1996.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1281-1288, 2006.

BROUGHAM, R. M. Effects of intensity of defoliation on regrowth of pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 5, p. 377-387, 1956.

CABRERA-BOSQUET, L.; ALBRIZIO, R.; ARAUS, J. L.; NOGUÉS, S. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. **Environmental and Experimental Botany**, v.67, n.1, p.145–152, 2009.

CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M. de; FONSECA, D. M. da; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. de. **Pastagens**. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de minas gerais (CFSMG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação, Viçosa, 1999, p.332-341.

CECATO, U.; CANO, C. C. P.; BORTOLO, M.; HERLING, V. R.; CANTO, M. W.; CASTRO, C. R. C. Teores de carboidratos não estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em Coastcross⁻¹ (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.644-650, 2001.

CREGAN, P. B.; BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. **Theoretical and Applied Genetics**, v.67, p.97-111, 1984.

DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. In: DAVIES, A. et al. (EDS.). **Sward measurement Handbook**. 2.ed..Reading: British Grassland Society, 1993. p.183-216.

DIERKING, R. M.; ALLEN, D. J.; CUNNINGHAM, S. M.; BROUDER, S. M.; VOLENEC, J. J. Nitrogen reserve pools in two *Miscanthus* × *giganteus* genotypes under contrasting N managements. **Frontier in Plant Science**, v. 8, n. p.1618, 2017.

DUBEUX JUNIOR, J. C.; SANTOS, H. Q.; SOLLENBERGER, L. E. Ciclagem de nutrientes: perspectivas de aumento da sustentabilidade da pastagem manejada intensivamente. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 357-400.

GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO JÚNIOR, 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**, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, 2002.

GLOSER, V.; KOŠVANCOVÁ, M.; GLOSER, J.; Regrowth dynamics of *Calamagrostis epigejos* after defoliation as affected by nitrogen availability. **Biologia Plantarum**, v. 51, n.3, 501–506, 2007.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C. Fotossíntese, Reservas Orgânicas e Rebrotas do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) sob Diferentes Intensidades de Desfolha do Perfilho Principal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2165-2175, 2002.

GOMIDE, J. A. Fisiologia das plantas forrageiras e manejo das pastagens. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 153/154, p. 11-18, 1988.

JUNIOR, J. L.; MONTEIRO, F. A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1068-1075, 2003.

LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grass. A review. **Herbage Abstracts**, v.33, p.141-148, 1963.

MARANHÃO, C. M. A.; SILVA, C. C. F.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V. Produção e composição químico-bromatológica de duas cultivares de braquiárias adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, v.31, n. 2, p. 117-122, 2009.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.665-671, 2006.

MARTUSCELLO, J. A.; SILVA L. P.; CUNHA, D. N. F. V.; BATISTA, A. C. S.; BRAZ, T. G. S.; FERREIRA, P. S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2015.

MESQUITA, P.; SILVA, S. C. da; PAIVA, A. J.; CAMINHA, F. O.; PEREIRA, L. E. T.; GUARDA, V. D.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do. Structural characteristics of marandu palisadegrass swards subjected to continuous stocking and contrasting rhythms of growth. **Scientia Agricola**, v.67, p.23-30, 2010.

OLIVEIRA, A. B.; PIRES, A. J. V.; MATOS NETO, U.; CARVALHO, G. P.; VELOSO, C.M.; SILVA, F. F. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1006-1013, 2007.

OURRY, A.; KIM, T. H.; BOUCAUD, J. Nitrogen reserve mobilization during growth of *Medicago sativa* L: relationships between availability and regrowth yield. **Plant Physiology**, v.105, p. 831-837, 1994.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZZETTI, S.; COSTA, N. R.; CAVALLINI, M. C. Produção, composição bromatológica e índice de clorofila de braquiárias após o consórcio com milho. **Archivos de zootecnia**, v. 60, p. 1041-1052, 2011.

PEREIRA, V. V.; FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.; BRAZ, T. G. S.; SANTOS, M. V.; CECON, P. R. Características morfogênicas e estruturais de capim-mombaça em três densidades de cultivo adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2681-2689, 2011.

POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M. N.; GOMES, F. H. T.; LACERDA, C. F. de; AQUINO, B. F.; MAGALHÃES, J. A. Características morfofisiológicas do capim-aruaana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.4, p.1187-1210, 2010.

POORTER, H.; REMKES, C.; LAMBERS, H. Carbon and nitrogen economy of 24 wild species differing in relative growth rate. **Plant Physiology**, v. 94, p. 621-627, 1990.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. A.; LUGÃO, M. B.; CRUZ, M. C. P.; CAMPOS, F. P.; FERREIRA, M. E.; OLIVEIRA, R. F. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, n.1, p.27-34, 2008.

SILVA, D. R. G.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; BERNARDES, T. F. Rates and sources of nitrogen in the recovery of the structural and productive characteristics of marandu grass. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 184-191. 2013.

SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Influência da adubação com nitrogênio e cálcio nas características morfológicas e produtivas das raízes de capim-tanzânia cultivado em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 47-52, 2011.

SMITH, D. **The nonstructural carbohydrates**. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W. Chemistry and biochemistry of herbage. London: Academic Press, 1973. p.105-155.

SOARES FILHO, C. V. **Variação sazonal de parâmetros bioquímicos-fisiológicos em *Brachiaria decumbens* estabelecida em pastagens**. Piracicaba, 1991. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

SOUZA JR., S. J. **Estrutura do dossel, interceptação de luz e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte**. 2007. 122f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

VOLENEC, J. J.; OURRY, A.; JOERN, B. C. A role to nitrogen reserves in the resprout of forages and tolerance for stress. **Physiologia Plantarum**, v. 97, p.185-193, 1996.

VI. CAPÍTULO IV

FRAÇÕES PROTEICAS DO CAPIM-MARANDU SUBMETIDO À ADUBAÇÃO NITROGENADA E A DESFOLHA.

Resumo: objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da desfolha sobre as frações proteicas do capim-marandu. O estudo foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, campus de Itapetinga – BA em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹) e três ciclos de corte com intervalos de 28 dias (1, 2 e 3 cortes), disposto em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 48 vasos plásticos com capacidade de 12 litros, os quais foram preenchidos com 9 dm⁻³ de solo. Foram utilizadas 4 plantas por vaso de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu produzidas a partir de sementes comerciais com valor cultural de 80%. Foram avaliados os teores de proteína bruta e frações proteicas (A, B1+B2, B3 e C) das folhas e pseudocolmo do capim-marandu. A adubação nitrogenada elevou o teor de proteína bruta nas folhas aumentou com a dose de 225 kg de N ha⁻¹ com 1 e 2 cortes, respectivamente. No pseudocolmo, a adubação nitrogenada aumentou o teor de proteína bruta com a dose de 225 kg de N ha⁻¹ com 1 e 2 cortes, respectivamente. Os maiores teores de proteína bruta nas folhas e pseudocolmo foram verificadas com 1 corte. Para a fração A nas folhas, a adubação nitrogenada reduziu com a dose de 146,92 kg de N ha⁻¹ com 1 corte. A adubação nitrogenada aumentou a fração A no pseudocolmo com 1 corte com a dose de 189,50 kg de N ha⁻¹. As folhas apresentaram maiores teores da fração A com 3 cortes. As frações B1+B2 nas folhas apresentaram aumento com 1 e 2 cortes com as doses de 225 e 151,3 kg de N ha⁻¹, respectivamente. No pseudocolmo a adubação nitrogenada com a dose de 147,68 kg de N ha⁻¹ promoveu redução da fração B1+B2 com 1 corte. Com 2 e 3 cortes a adubação nitrogenada promoveu aumento com as doses de 142,40 e 225 kg de N ha⁻¹, respectivamente. A fração B3 nas folhas aumentou com a dose de 120,09 kg de N ha⁻¹ com 1 corte. Com 2 cortes a adubação nitrogenada reduziu a fração B3 nas folhas com a dose de 183,33 kg de N ha⁻¹. No pseudocolmo, a adubação nitrogenada reduziu a fração B3 com 1 e 3 cortes. Com 2 cortes a adubação nitrogenada promoveu aumento nos teores da fração B3 no pseudocolmo. A adubação nitrogenada reduziu a fração C nas folhas com 1 corte com a dose de 192,25 kg de N ha⁻¹. No pseudocolmo, a adubação nitrogenada promoveu aumento da fração C com 1 e 2 cortes, respectivamente. A adubação nitrogenada até 225 kg de N ha⁻¹ elevou a formação da proteína bruta e das frações proteicas de rápida e intermediária degradação ruminal (B1+B2), além de reduzir a proporção de proteínas de lenta degradação ruminal (B3) e da proteína indigestível (C). O aumento para 3 cortes reduziu a concentração de proteína bruta e aumentou as frações A e C do capim-marandu.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, cortes, nitrogênio, proteína, rebrota

PROTEIN FRACTIONS OF MARANDU GRASS SUBMITTED TO NITROGENATED FERTILIZATION AND DEFOLIATION.

Abstract: The Purpose of this work was to evaluate the effect of nitrogen fertilization and defoliation on the protein fractions of marandu grass. The study was conducted at the State University of Southwest Bahia - UESB, campus of Itapetinga – BA was conducted in a 4 x 3 factorial scheme, with four doses of nitrogen (0.75 , 150 and 225 kg of N ha⁻¹) and three cutting cycles with 28-day intervals (1, 2 and 3 cuts), arranged in a completely randomized design, with four replications, totaling 48 plastic pots with a capacity of 12 liters, which were filled with 9 dm³ of soil. Four plants were used per pot of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu produced from commercial seeds with a cultural value of 80%. The crude protein content and protein fractions (A, B1 + B2, B3 and C) of the leaves and pseudoholm of marandu grass were evaluated. Nitrogen fertilization increased the crude protein content in the leaves increased with the dose of 225 kg of N ha⁻¹ with 1 and 2 cuts, respectively. In pseudo-Stockholm, nitrogen fertilization increased the crude protein content with the dose of 225 kg of N ha⁻¹ with 1 and 2 cuts, respectively. The highest levels of crude protein in the leaves and pseudo-Stockholm were verified with 1 cut. For fraction A in the leaves, nitrogen fertilization decreased with the dose of 146.92 kg of N ha⁻¹ with 1 cut. Nitrogen fertilization increased fraction A in pseudo-Stockholm with 1 cut with the dose of 189.50 kg of N ha⁻¹. The leaves showed higher levels of fraction A with 3 cuts. The B1 + B2 fractions in the leaves showed an increase with 1 and 2 cuts with the doses of 225 and 151.3 kg of N ha⁻¹, respectively. In pseudoholm, nitrogen fertilization with a dose of 147.68 kg of N ha⁻¹ promoted a reduction in the fraction B1 + B2 with 1 cut. With 2 and 3 cuts, nitrogen fertilization increased with doses of 142.40 and 225 kg of N ha⁻¹, respectively. The B3 fraction in the leaves increased with a dose of 120.09 kg of N ha⁻¹ with 1 cut. With 2 cuts, nitrogen fertilization reduced the B3 fraction in the leaves with a dose of 183.33 kg of N ha⁻¹. In pseudoholm, nitrogen fertilization reduced the B3 fraction with 1 and 3 cuts. With 2 cuts, nitrogen fertilization increased the contents of the B3 fraction in the pseudo-Stockholm. Nitrogen fertilization reduced fraction C in leaves with 1 cut with the dose of 192.25 kg of N ha⁻¹. In pseudo-Stockholm, nitrogen fertilization promoted an increase in fraction C with 1 and 2 cuts, respectively. Nitrogen fertilization up to 225 kg of N ha⁻¹ increased the formation of crude protein and protein fractions with rapid and intermediate ruminal degradation (B1 + B2), in addition to reducing the proportion of proteins with slow ruminal degradation (B3) and protein indigestible (C). The increase to 3 cuts reduced the concentration of crude protein and increase fractions A and C of marandu grass.

Keywords: *Brachiaria Brizantha*, cuts, nitrogen, protein, regrowth

6.1. INTRODUÇÃO

As plantas têm em sua constituição compostos formados por proteínas, carboidratos, lipídios e minerais (Taiz et al., 2017). Na alimentação de ruminantes, as proteínas e os carboidratos são subdivididos por suas características químicas, físicas e pela taxa de degradação ruminal e sua digestão pós-ruminal (Sniffen et al., 1992). Este modelo foi definido com objetivo de adequar a dieta animal, visando o máximo desempenho e aproveitamento de proteínas e carboidratos pelos microrganismos ruminais (Sniffen et al., 1992).

As proteínas são subdivididas em frações A, B1, B2, B3 e C conforme definido por Sniffen et al. (1992). A fração A é formada por compostos nitrogenados não-proteicos, constituído por aminoácidos e pequenos peptídeos livres, a fração B1 e B2 são formadas por proteínas citoplasmáticas de rápida e intermediária degradação no rúmen, a fração B3 é formada por proteínas associadas aos constituintes da parede celular de lenta degradação no rúmen e a fração C é caracterizada por proteínas associadas à lignina e complexos tanino-proteína, altamente resistentes à ação das enzimas microbianas (Sniffen et al., 1992).

A concentração destas frações em gramíneas tem sido amplamente estudada ao longo dos anos, devido ao efeito de fatores bióticos e abióticos sobre a concentração de proteína nas plantas (Barreto et al., 2001; Lopes et al., 2017). A disponibilidade de nutrientes, em especial, o nitrogênio, tem sido associada à variação nas frações nitrogenadas em gramíneas (Silva et al., 2009). Segundo Silva et al. (2009), a adubação nitrogenada promove alteração nas frações nitrogenadas do em gramíneas, com influência em todas as frações nitrogenadas.

Contudo, o processo de desfolha e/ou pastejo promove remoção da área foliar, ocasionando perda de parte dessas proteínas, resultando em mudanças fisiológicas na planta, promovendo variações nas frações nitrogenadas. Segundo Gloser et al. (2007), a adubação nitrogenada eleva a formação de proteínas em todos os tecidos da planta, que após ser submetido a desfolha são perdidas, resultando em mobilização de fontes de nitrogênio de órgãos permanentes como raízes, para a formação de novas estruturas proteicas na planta.

Balsalobre et al. (2003), verificaram que o processo de desfolha também promove variação nas frações nitrogenadas. Segundo Volenec et al. (1996), a desfolha estimula o aumento da atividade de enzimas proteolíticas, proporcionado pela

mobilização de proteínas de reserva em órgãos permanentes, fornecendo aminoácidos que auxiliam na recuperação foliar e na formação de novas proteínas. Contudo, poucos trabalhos evidenciam o efeito das proteínas de reserva sobre as frações proteicas em gramíneas tropicais, visto que, estas frações interferem diretamente na alimentação animal.

Assim, objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da desfolha sobre as diferentes frações proteicas das folhas e do pseudocolmo do capim-marandu.

6.2. MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1. Instalação do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao setor de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, *Campus* “Juvino Oliveira”, Itapetinga-BA. O ensaio foi conduzido em esquema fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia) e três ciclos de corte em intervalos de 28 dias (1, 2 e 3 cortes), disposto em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 48 vasos plásticos com capacidade de 12 litros, os quais foram preenchidos com 9 dm³ de solo.

O solo utilizado é considerado segundo o protocolo de análise de textura Franco arenosa, coletado no *Campus* da UESB. Esse foi coletado na camada arável (0 a 20 cm), destorroado e passado em peneira com malha de 4 mm e posto para secar ao ar. A análise química do solo, realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UESB apresentou os seguintes resultados: pH em água = 5,3; P = 6 mg/dm³, em extrator Mehlich; K = 0,08 cmolc/dm³; Ca²⁺ = 2,4 cmolc/dm³; Mg²⁺ = 1,8 cmolc/dm³; Al³⁺ = 0,2 cmolc/dm³; H⁺ = 3,6 cmolc/dm³; SB = 4,3 cmolc/dm³; t = 4,5 cmolc/dm³; T = 8,1 cmolc/dm³; V = 53% e M.O = 10 g/dm³.

De acordo com Cantarutti et al., (1999) e com base na análise de solo não houve necessidade de calagem. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é recomendada como médio nível tecnológico, de forma que os valores de fósforo (P) e potássio (K) se apresentaram inferiores aos exigidos, havendo, assim, necessidade de correção. Portanto, foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples (18% de P₂O₅), correspondendo a 1,25g vaso⁻¹ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio (58% de K₂O), correspondendo a 0,23 g vaso⁻¹.

Para determinação da capacidade de retenção de água do solo, os vasos com solo seco foram pesados, encharcados e, após escoamento total da água os vasos foram pesados novamente. Pela diferença de peso seco e úmido após o escoamento total, foi determinada a máxima capacidade de retenção de água do solo. Este valor foi utilizado para calcular a reposição diária de água em cada vaso.

Fora utilizadas 4 plantas por vaso de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu produzidas a partir de sementes comerciais com valor cultural de 80%. O desbaste foi feito, quando as plantas apresentavam em torno de 10 cm de altura (desfolha severa),

mantendo-se apenas 4 plantas por vaso. Quando as plantas atingiram 30 cm de altura foi realizado o corte de uniformização a 10 cm do solo, e, em seguida, foram aplicado às doses de nitrogênio de 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹, correspondendo a 0,77, 1,53 e 2,30 g de ureia vaso⁻¹ de acordo com cada tratamento, sendo aplicados de forma única.

Os cortes foram feitos da seguinte forma: aos 28 dias após a adubação nitrogenada, os vasos com o tratamento de apenas um corte foram desmontados e os demais foram cortados a altura de 10 cm do solo. Após mais 28 dias de rebrota, totalizando 56 dias após a adubação (2 ciclos de 28 dias), os tratamentos com 2 cortes foram desmontados e os demais foram cortados a 10 cm do solo. Após mais 28 dias, o último tratamento com 3 cortes foram desmontados, totalizando 84 dias após a adubação (3 ciclos de 28 dias). As temperaturas mínima, máxima e média foram registradas no período e apresentaram valores médios de 12,2°C, 37,2°C e 26,1°C, respectivamente, durante todo período experimental.

Ao final de cada período experimental o material dissecado (folha e pseudocolmo) foi pesado para a determinação de massa fresca (MF) e, em seguida, seco em estufa a 60°C por 72 horas, e pesados novamente para obtenção da massa seca (MS) de folha e pseudocolmo. Após a secagem, amostras de folha e pseudocolmo foram moídas em moinho de facas com peneira de malha de 1 mm para serem amostrados 2 g de massa seca e levado à estufa a 105° C, por 12 horas para se quantificar massa seca definitiva de folha e pseudocolmo.

6.2.2. *Proteína bruta (PB) e frações proteicas*

Os teores de proteína bruta, compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN) e ácido (NIDA) na folha e pseudocolmo foram determinados conforme descrito por Detmann et al. (2012). O teor de nitrogênio não-protéico (fração A) na folha e no pseudocolmo foi determinado como a diferença entre o percentual do nitrogênio total na amostra e o valor de nitrogênio protéico contido no resíduo após o tratamento com ácido tricloroacético (TCA) conforme descrito por Detmann et al. (2012). A fração B1+B2 da folha e pseudocolmo foi obtida pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em ácido tricloroacético (TCA) e o NIDN. A fração B3 da proteína foi obtida pela diferença entre NIDN e NIDA. E a fração C formada pelo NIDA.

As frações protéicas foram estimadas da seguinte maneira: Fração A = Nt - Nr
Frações B1+B2 = NR - NIDN; Fração B3 = NIDN - NIDA; Fração C = NIDA em que:

Nt = teor de nitrogênio total da amostra; Nr = teor de nitrogênio insolúvel após o tratamento com solução de TCA.

6.2.3. *Estatística*

Os dados foram submetidos à análise de variância, considerando como fontes de variação as doses de nitrogênio (N), cortes (C) e a interação de N x C. A interação foi desdobrada, ou não, de acordo com a significância, e os efeitos da adubação nitrogenada foram avaliados por análise de regressão simples, utilizando-se uma decomposição ortogonal do efeito de nitrogênio, cujos coeficientes foram avaliados pelo teste F, e a comparação entre cortes foi realizada pelo teste de Tukey, adotando-se $\alpha = 0,05$.

6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1. Proteína Bruta

O teor de proteína bruta (PB) na folha e pseudocolmo do capim-marandu, apresentou interação significativa entre adubação nitrogenada e cortes (Figura 1). A adubação nitrogenada promoveu aumento do teor de proteína bruta nas folhas, com efeito linear para 1 e 2 cortes (Figura 1A), com aumento de 196,8% e 63,1%, respectivamente. Não foi verificada influência da adubação nitrogenada no teor de proteína bruta para 3 cortes, apresentando teor médio de 6,78%. No pseudocolmo a adubação nitrogenada promoveu efeito linear crescente para 1 e 2 cortes (Figura 1B), com aumento de 336,3% e 106,5%, respectivamente. Com 3 cortes não foi verificado efeito da adubação nitrogenada sobre o teor de proteína bruta no pseudocolmo, apresentando teor médio de 2,90%.

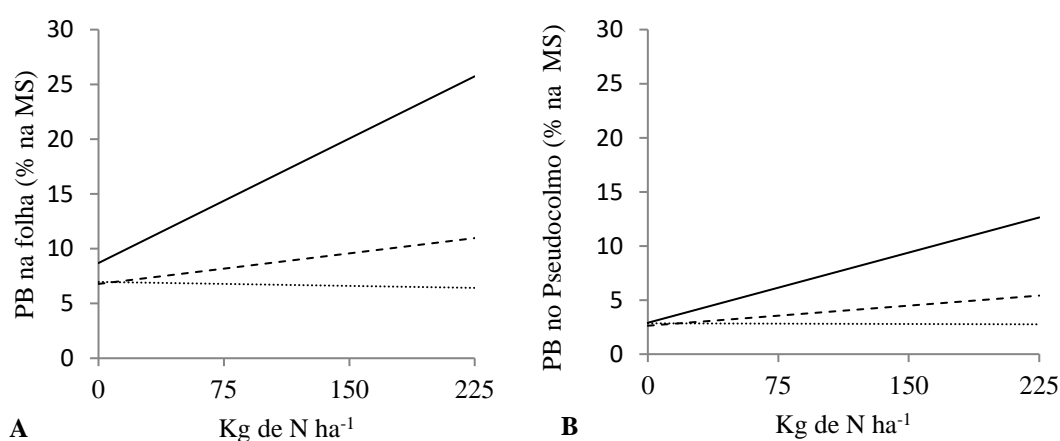


Figura 1. Teor de proteína bruta (PB) na folha e pseudocolmo do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: PB na folha (A): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 8,69 + 0,076x$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_2 \text{ cortes} = 6,78 + 0,019x$ ($R^2 = 95$); $\bar{Y}_3 \text{ cortes} = 6,70$; PB no pseudocolmo (B): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 2,85 + 0,0426x$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 2,62 + 0,0124x$ ($R^2 = 95$); $\bar{Y}_3 \text{ Cortes} = 2,90$.

O efeito positivo da adubação nitrogenada sobre o teor de proteína bruta em folhas de gramíneas já é considerado bem difundido na literatura (Ribeiro et al., 1999; Magalhães et al., 2007; Magalhães et al., 2012). O alto teor de proteína bruta nas folhas com 1 corte em resposta a adubação nitrogenada se deve a alta taxa de absorção e conversão do nitrogênio inorgânico, principalmente, nas folhas, aumentando assim a

formação de aminoácidos, que são utilizados para a síntese de clorofila, enzimas e outras proteínas, favorecendo no aumento dos teores de proteína nas folhas (Taiz et al., 2017).

Ainda assim, o teor de proteína bruta nas folhas e no pseudocolmo do capim-marandu na maior dose de nitrogênio (225 kg de N ha⁻¹), foram relativamente maiores que os encontrados por Magalhães et al. (2007), que encontraram valores entre 15% de proteína bruta nas folhas e 8,3% no colmo com a dose de 300 kg de N ha⁻¹, provavelmente pela maior eficiência do processo de adubação em casa de vegetação, resultando em menores perdas e maiores taxas de absorção de nitrogênio inorgânico.

O aumento dos teores de proteína bruta das folhas com 2 cortes em reposta a adubação nitrogenada, provavelmente está ligada, a mobilização de proteínas de reservas. Plantas adubadas com nitrogênio apresentaram maiores concentrações de proteínas de reserva nas raízes e pseudocolmo que reduziram após serem submetidas a 2 cortes. Segundo Galindo et al. (2018), gramíneas adubadas com nitrogênio apresentam maiores teores de proteína bruta após ser submetido a desfolha em relação aquelas sem nitrogênio.

O teor médio de proteína bruta com 3 cortes (6,78%) se mostrou inferior aos definidos por Van Soest (1994), no qual, segundo o autor, teores de proteína bruta inferiores a 7% em plantas forrageiras reduzem a digestão das proteínas, devido aos baixos níveis de nitrogênio para desenvolvimento dos microrganismos do rúmen, causando redução da sua população e, conseqüentemente, redução da digestibilidade e da ingestão da massa seca.

O maior teor de proteína bruta nas folhas do capim-marandu foi observado quando se realizou o primeiro corte independente da dose de nitrogênio, com maior valor (25,44%) alcançado na dose de 225 kg de N ha⁻¹ (Tabela 1). Para o pseudocolmo os maiores teores de proteína bruta foram verificados com 1 corte, em reposta a adubação nitrogenada, com maior valor (12,57%) na dose de 225 kg de N ha⁻¹ (Tabela 1).

Como a adubação foi realizada de forma única, era esperado que as plantas adubadas com nitrogênio apresentassem maiores teores de proteínas com 1 corte. Porém, verifica-se que plantas adubadas com nitrogênio apresentaram maiores teores de proteína quando se realizou o segundo corte, provavelmente devido utilização das proteínas de reservas dos órgãos permanentes como as raízes, resultando em maior

substrato formação de novas proteínas até o segundo corte (Volenec et al., 1996; Gloser et al., 2007).

Tabela 1. Proteína bruta (% na MS) de folhas e pseudocolmo do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
PB (% da MS) na folha					
1	8,47 a	14,52 a	20,42 a	25,44 a	17,21
2	6,65 b	8,62 b	9,09 b	11,14 b	8,88
3	6,78 b	7,07 c	6,60 c	6,33 c	6,70
Médias	7,30	10,07	12,04	14,30	
CV (%)					
PB (% na MS) no pseudocolmo					
1	3,24 a	5,40 a	9,86 a	12,57 a	7,77
2	2,81 a	3,46 b	4,13 b	5,68 b	4,02
3	3,05 a	2,62 b	2,58 c	2,96 c	2,80
Médias	3,03	3,82	5,52	7,07	
CV (%)					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

6.3.2. Fração A

A fração A nas folhas e pseudocolmo do capim-marandu apresentou interação significativa entre adubação nitrogenada e cortes (Figura 2). Para as folhas, apenas foi verificado efeito da adubação nitrogenada com 1 corte, com efeito quadrático decrescente (Figura 2A), com redução de 38,45% com a dose de 146,92 kg de N ha⁻¹. Com 2 e 3 cortes os teores médios da fração A foi 23,36% e 48,31%, respectivamente. A redução da fração A em gramíneas em resposta a adubação nitrogenada também foi verificada por Henriques et al. (2007), ao avaliarem o teor de nitrogênio não-proteico (fração A) do capim-hemarthria (*Hemarthria altissima* [Poir] Stapf. & Hubbard) aos 28 dias em reposta a adubação nitrogenada, os autores encontraram redução de 40,5% da fração A com aumento de 0 para 400 kg de N ha⁻¹. Segundo os autores essa redução se deu, em principal, pela maior proporção de folhas das plantas adubadas com nitrogênio em relação ao pseudocolmo.

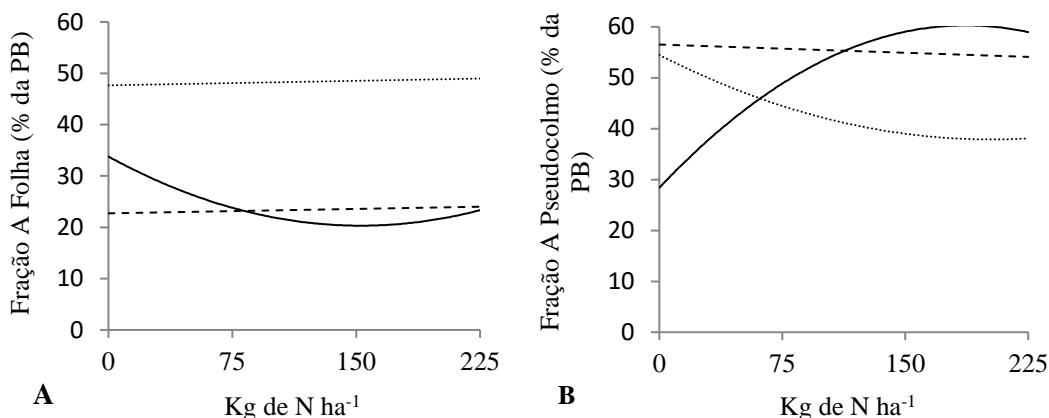


Figura 2. Fração A (% da PB) na folha e pseudocolmo do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes*.

*Equações de regressão: Fração A na folha (A): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 33,77 - 0,1763x + 0,0006x^2$ ($R^2 = 94$); $\bar{Y}_2 \text{ cortes} = 23,36$; $\bar{Y}_3 \text{ cortes} = 48,31$; Fração A no pseudocolmo (B): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 28,39 + 0,3411x - 0,0009x^2$ ($R^2 = 99$); $\bar{Y}_2 \text{ Cortes} = 55,31$; $\bar{Y}_3 \text{ Cortes} = 54,47 - 0,1629x + 0,0004x^2$.

A fração A em plantas forrageiras é constituída basicamente de compostos nitrogenados não-protéicos, sendo compostos que possuem nitrogênio não estando sob a forma de proteínas, ou seja, não constituem cadeias peptídicas, sendo em sua maioria formados por aminoácidos livres e pequenos peptídeos (Sniffen et al., 1992). A redução da fração A nas folhas em reposta a adubação nitrogenada com 1 corte, pode estar relacionada, ao fato de que, os aminoácidos e peptídeos em excesso formados em resposta ao aumento da disponibilidade de nitrogênio nas folhas, são ali mesmo utilizados para síntese de clorofila, enzimas e outras proteínas essenciais aos processos fotossintéticos (Imsande & Touraine, 1994), o que resultou em aumento dos teores de nitrogênio proteicos.

No pseudocolmo a adubação nitrogenada proporcionou efeito quadrático crescente para a fração A com 1 corte (Figura 2B), com aumento de 113,8% com a dose de 189,50 kg de N ha⁻¹, com valor máximo estimado de 60,71%. Não se verificou efeito da adubação nitrogenada para a fração A com 2 cortes no pseudocolmo, apresentando valor médio de 55,31%. Com 3 cortes a adubação nitrogenada proporcionou efeito quadrático decrescente para a fração A (Figura 2B), com redução de 30,5% com a dose de 203,63 kg de N ha⁻¹.

O aumento da fração A no pseudocolmo com 1 corte em reposta a adubação nitrogenada, pode ser atribuída, ao transporte de amônio do xilema para as folhas para serem convertidos em aminoácidos nos cloroplastos, pela ação da enzima sintetase da

glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT). Após a conversão do nitrogênio inorgânico em aminoácidos na folha, o excesso pode ser exportado via floema para as raízes, o que pode ter gerado elevado os teores de nitrogênio não-proteico (fração A) no pseudocolmo (Imsande & Touraine, 1994). Paris et al. (2004), ao avaliarem a concentração da fração A do capim-coastcross (*Cynodon Dactylon* (L.) Pers), observaram que o colmo apresentava em média 18,8% a mais de nitrogênio não-proteico (fração A) em relação as folhas.

Segundo Russell et al. (1992), as fontes de nitrogênio não proteico (NNP) são fundamentais para o bom funcionamento ruminal, pois são rapidamente degradadas no rúmen, sendo utilizadas como fonte de nitrogênio pelos microrganismos ruminais, que atuam fermentando os carboidratos estruturais. Todavia, altas proporções de NNP podem resultar em perdas nitrogenadas e/ou intoxicação, se houver a falta do esqueleto de carbono prontamente disponível para a síntese de proteína microbiana.

As plantas submetidas a 3 cortes apresentaram maiores teores da fração A nas folhas independente das doses de nitrogênio (Tabela 2).

Tabela 2. Fração A (% da PB) do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Fração A (%) na folha					
1	34,36 b	22,05 b	22,07 c	22,75 c	25,31
2	23,17 c	22,23 b	24,04 b	24,00 b	23,36
3	48,03 a	47,76 a	48,05 a	49,40 a	48,31
Médias	35,19	30,68	31,39	31,71	
CV (%)					
Fração A (%) no pseudocolmo					
1	28,10 c	49,72 b	58,17 a	59,27 a	48,81
2	58,30 a	53,89 a	53,23 b	55,83 b	55,31
3	54,59 b	44,18 c	39,28 c	38,00 c	44,04
Médias	46,99	49,26	50,26	51,04	
CV (%)					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

Este aumento, pode ter ocorrido, devido à redução da formação e/ou concentração de estruturas proteicas como clorofila, enzimas e proteínas de membrana, que reduziram em reposta a 3 cortes. Segundo Volenec et al. (1996), plantas submetidas

à desfolha frequente, apresentam aumento significativo na atividade de enzimas proteolíticas (proteases), reduzindo os teores de proteínas solúveis em órgãos de reserva e elevando a concentração de aminoácidos livres na planta, atuando como fonte de nitrogênio para o crescimento foliar. Resposta verificada por Balsalobre et al. (2003), que ao avaliarem o fracionamento de nitrogênio em plantas de capim-tanzânia, verificaram aumento da fração A de 18,23 para 28,77% da proteína bruta, com o aumento do número de ciclos de pastejo.

No pseudocolmo os maiores teores da fração A foram verificadas com 2 cortes, com 58,30% e 53,88% nas doses 0 e 75 kg de N ha⁻¹, respectivamente (Tabela 2), provavelmente ocasionada pela degradação de proteínas de reserva em órgãos como raízes, sendo transportados pelo xilema para a parte aérea para o crescimento foliar. Nas doses de 150 e 225 de N ha⁻¹ os maiores teores da fração A (58,17% e 59,27%) foram observadas com 1 corte (Tabela 2), atribuídas as maiores taxas de assimilação e conversão do nitrogênio inorgânico, com seu excesso sendo transportado pelo xilema para as folhas, gerando aumento dos teores de nitrogênio não-proteico (Imsande & Touraine, 1994).

6.3.3. Fração B1+B2

A fração B1+B2 nas folhas e pseudocolmo do capim-marandu apresentou interação significativa entre adubação nitrogenada e cortes (Figura 3). A adubação nitrogenada promoveu aumento da fração B1+B2 nas folhas, com efeito linear para 1 corte (Figura 3A), com aumento de 67,1% com a dose de 225 kg de N ha⁻¹. Com 2 cortes a adubação nitrogenada promoveu efeito quadrático (Figura 3A), com maior valor estimado de 47,88% com a dose de 151,13 kg de N ha⁻¹, aumento de 23,6%. Não foi verificada influência da adubação nitrogenada para a fração B1+B2 com 3 cortes, apresentando teor médio de 25,78%, presumivelmente, devido a redução das reservas proteicas, reduzindo a disponibilidade de aminoácidos para a síntese de novas proteínas.

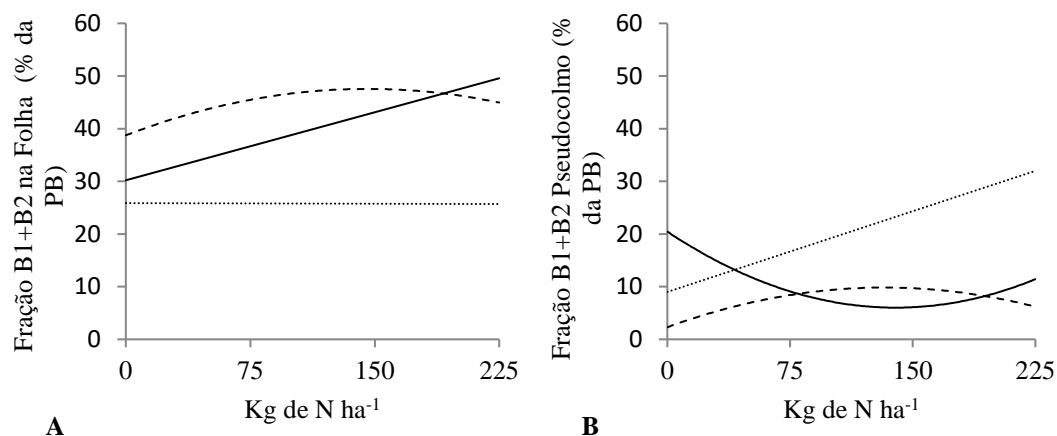


Figura 3. Fração B1+B2 (% da PB) na folha e pseudocolmo do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (·····) cortes*.

*Equações de regressão: Fração B1+B2 na folha (A): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 30,20 + 0,09x$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_2 \text{ cortes} = 38,75 + 0,1209x - 0,0004x^2$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_3 \text{ cortes} = 25,78$; Fração B1+B2 no pseudocolmo (B): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 20,46 - 0,21x + 0,0007x^2$ ($R^2 = 93$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 2,29 + 0,1140x - 0,0004x^2$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 9,00 + 0,1022x$ ($R^2 = 93$).

O incremento da fração B1+B2 nas folhas em resposta a adubação nitrogenada, se deve, ao efeito do nitrogênio em aumentar a formação de proteínas. A fração B1+B2 é formada por proteínas citoplasmáticas, que são classificadas como proteínas verdadeiras de rápida e intermediária degradação no rúmen. As proteínas citoplasmáticas são compostas por enzimas e demais organelas presentes no citoplasma. Nas folhas a maior concentração de proteínas citoplasmáticas, se deve a maior concentração de organelas, principalmente cloroplastos, sendo acrescidas pelo efeito da adubação nitrogenada (Taiz et al., 2017).

No pseudocolmo a adubação nitrogenada promoveu efeito quadrático decrescente para fração B1+B2 com 1 corte (Figura 3B), com redução de 74,8% com a dose de 147,68 kg de N ha⁻¹. Com 2 cortes a adubação nitrogenada promoveu efeito quadrático crescente para a fração B1+B2 (Figura 3B), com aumento de 355% com a dose de 142,40 kg de N ha⁻¹. Com 3 cortes a fração B1+B2 apresentou efeito linear positivo em resposta a adubação nitrogenada (Figura 3B), com aumento de 255,5% com a dose de 225 kg de N ha⁻¹. A redução em resposta a adubação ocorre, supostamente, devido a maior presença de fontes de nitrogênio não-proteico, em relação a fontes proteicas, devido a maior mobilização de aminoácidos para atender as taxas elevadas de crescimento foliar imposta pela adubação nitrogenada.

As maiores frações de B1+B2 nas doses de 0, 75 e 150 kg de N ha⁻¹ foram verificadas com 2 cortes, com valores de 38,79%, 45,35% e 47,68%, respectivamente (Tabela 3). Na dose de 225 kg de N ha⁻¹ o maior teor da fração B1+B2 foi verificada com 1 corte, com valor de 50,22% (Tabela 3). Valores superiores ao verificados por Paris et al. (2004), que ao avaliarem os teores de B1+B2 da lâmina foliar do capim-coastcross em reposta a diferentes ciclos de pastejo, encontraram teor médio de 28,54%. Plantas submetidas a 3 cortes apresentaram menor teor da fração B1+B2 nas folhas, principalmente pelo aumento da fração A.

Os altos teores de B1+B2 em plantas com 1 e 2 cortes pode se mostrar um ponto positivo, pois em sua maioria são proteínas do conteúdo celular, que apresentam rápida e intermediária degradação no rúmen, contribuindo para o atendimento dos requisitos de nitrogênio para os microrganismos ruminais (Sniffen et al., 1992). Contudo, reduções na fração B1+B2 como verificados com 3 cortes, reduzindo o fornecimento de proteínas que são digeridas no intestino delgado (Waters et al., 1992).

Tabela 3. Fração B1+B2 (% da PB) do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Fração B1+B2 (%) na folha					
1	30,87 b	35,97 b	42,49 b	50,22 a	39,89
2	38,79 a	45,35 a	47,68 a	44,90 b	44,17
3	24,78 c	27,47 c	25,70 c	25,18	25,78
Médias	31,48	36,26	38,62	40,10	
CV (%)					
Fração B1+B2 (%) no pseudocolmo					
1	21,11 a	7,16 b	8,05 b	10,77 c	11,77
2	2,18 c	8,78 b	9,33 b	6,32 b	6,65
3	6,86 b	19,80 a	24,50 a	30,83 a	20,50
Médias	10,04	11,91	13,96	15,97	
CV (%)					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

No pseudocolmo sem a adubação nitrogenada, o maior teor da fração B1+B2 foi verificada com 1 corte, com 21,11% (Tabela 3). Nas doses de 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹ o maior teor de B1+B2 foram encontradas com 3 cortes, com 19,80%, 24,50% e 30,83%, respectivamente (Tabela 3). Henriques et al. (2007), ao avaliarem o teor da

fração B1+B2 do capim-hemarthria (*Hemarthria altissima* [Poir] Stapf. & Hubbard) verificaram que, plantas com 56 dias apresentavam maior teor da fração B1+B2 em relação as plantas com 28 dias. Provavelmente por apresentarem menores teores da fração A, favorecendo no aumento de proporção de proteínas citoplasmáticas em relação à concentração de aminoácidos e peptídeos livres devido a maior idade das plantas.

6.3.4. Fração B3

A fração B3 na folha e pseudocolmo do capim-marandu, apresentou interação significativa entre adubação nitrogenada e cortes (Figura 4).

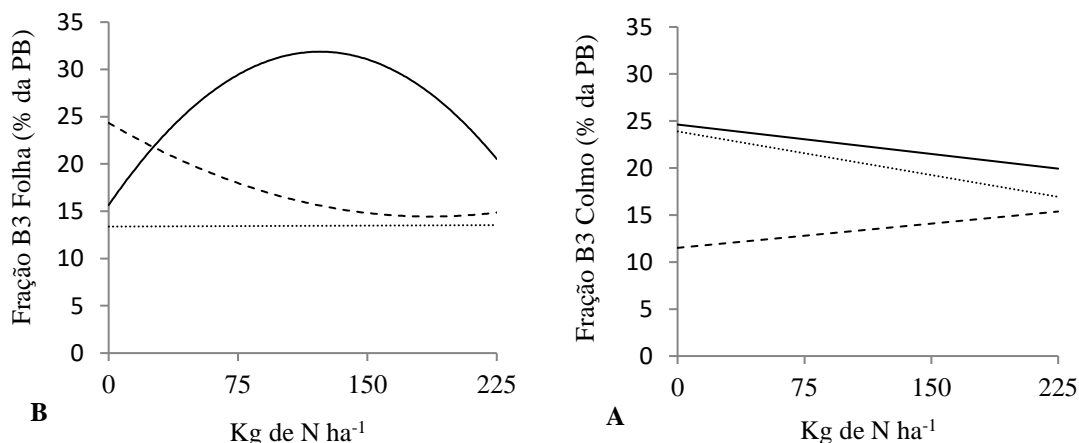


Figura 4. Fração B3 (% da PB) na folha e pseudocolmo do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: Fração B3 na folha (A): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 15,69 + 0,2642x - 0,0011x^2$ ($R^2 = 98$); $\hat{Y}_2 \text{ cortes} = 24,35 - 0,11x + 0,0003x^2$ ($R^2 = 99$); $\hat{Y}_3 \text{ cortes} = 13,45$; Fração B3 no pseudocolmo (B): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 24,62 - 0,021x$ ($R^2 = 90$); $\hat{Y}_2 \text{ Cortes} = 11,51 + 0,0170x$ ($R^2 = 84$); $\hat{Y}_3 \text{ Cortes} = 23,89 - 0,031x$ ($R^2 = 80$).

A adubação nitrogenada promoveu aumento da fração B3 nas folhas, com efeito quadrático crescente para 1 corte (Figura 4A), com aumento de 101,2% até a dose de 120,09 kg de N ha⁻¹, com maior valor estimado de 31,56%. Para 2 cortes a adubação nitrogenada promoveu efeito quadrático decrescente (Figura 4A), com redução de 41,4% até a dose de 183,33 kg de N ha⁻¹. Não foi verificado influência da adubação nitrogenada sobre a fração B3 com 3 cortes, apresentando teor médio de 13,45%. No pseudocolmo, a adubação nitrogenada promoveu efeito linear decrescente para 1 e 3

cortes (Figura 4B), com redução de 19,2% e 29,2%, respectivamente. Para 2 cortes a adubação nitrogenada promoveu efeito linear (Figura 4B), com aumento de 33,3%.

A fração B3 apresenta taxa de degradação muito lenta, pois está associada à parede celular da planta. As folhas com 1 corte adubadas com nitrogênio apresentaram maiores teores da fração B3, visto que, a adubação nitrogenada proporciona aumento na divisão e formação de novos tecidos acelerando o desenvolvimento da planta. Tendência verificada por Silva et al. (2009), que observaram aumento de 23,67% na fração B3 do capim-mombaça adubado com até 400 kg de N ha⁻¹. Henrique et al. (2007), encontraram aumento de 48,72% do teor da fração B3 do capim-hemarthria (*Hemarthria altissima* [Poir] Stapf. & Hubbard) aos 28 dias adubado com 400 kg de N ha⁻¹.

Paris et al. (2002), ao avaliarem o teor da fração B3 em folhas e pseudocolmo do capim-coastcross verificaram que as folhas chegaram a representar cerca de 37,08% da proteína bruta, enquanto que, o pseudocolmo representava apenas 17,60%. Os altos teores da fração B3 nas folhas são considerados de degradação mais lenta no rúmen, portanto, apresenta elevada taxa de escape, fornecendo aminoácidos para o intestino delgado (Sniffen et al., 1992).

Com a redução da disponibilidade de nitrogênio no solo, plantas submetidas a 2 cortes apresentaram redução da fração B3 nas folhas e no pseudocolmo, provavelmente ligada à mudança de prioridade na utilização de fontes proteicas para a formação de novas folhas, principalmente, aquelas submetidas a adubação nitrogenada que apresentaram alta produção de massa foliar, reduzindo a participação da fração B3 e elevando a formação das frações B1+B2.

A fração B3 foi maior com 2 cortes sem a adubação nitrogenada com 24,22% (Tabela 4). Com a adubação nitrogenada os maiores teores da fração B3 foram verificados com 1 corte, com valores de 30,70%, 29,79% e 20,95% nas doses de 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4). No pseudocolmo sem adubação nitrogenada o maior teor da fração B3 foi observada com 1 (24,14%) e 3 (24,14%) cortes (Tabela 4). Nas doses de 75 e 225 kg de N ha⁻¹ os maiores teores da fração B3 foram encontradas com 1 corte, com 24,03% e 19,94%, respectivamente. Na dose de 150 kg de N ha⁻¹ os maiores teores foram verificados com 1 (21,00%) e 3 (21,29%) cortes.

A redução da fração B3 com o aumento do número de cortes nos órgãos do capim-marandu, pode está ligada a demanda de reservas proteicas para recuperação da área foliar, resultando em maior disponibilidade de aminoácidos e peptídeos para formação de novas estruturas, em relação ao investimento na formação de proteínas da fração B.

Tabela 4. Fração B3 (% da PB) do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Fração B3 (%) na folha					
1	15,27 b	30,70 a	29,79 a	20,95 a	24,18
2	24,22 a	18,35 b	14,44 b	14,99 b	18,00
3	13,86 b	13,01 c	12,87 b	14,08 b	13,45
Médias	17,78	20,68	19,03	16,67	
CV (%)					
Fração B3 (%) no pseudocolmo					
1	24,14 a	24,03 a	21,00 a	19,94 a	22,28
2	11,66 b	13,09 c	13,04 b	15,97 b	13,44
3	24,14 a	20,18 b	21,29 a	16,04 b	19,76
Médias	19,12	19,10	18,44	17,32	
CV (%)					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

Segundo Henriques et al. (2007), gramíneas com maiores taxas de crescimento e idade apresentam efeito de diluição da fração B3 na sua composição. Mas, segundo os autores, os efeitos da adubação nitrogenada sobre a fração B3 em gramíneas ainda são inconsistentes. Todavia, parece haver uma tendência de aumento das frações B1+B2 e B3 em resposta a adubação nitrogenada, maiormente, nas folhas, que reduzem com o processo da desfolha, aumentando principalmente, a fração A.

6.3.5. Fração C

O teor da fração C na folha e pseudocolmo do capim-marandu, apresentou interação significativa entre adubação nitrogenada e cortes (Figura 5). A adubação nitrogenada promoveu efeito quadrático decrescente para a fração C nas folhas com 1 corte (Figura 5A), com redução de 75% com a dose de 192,25 kg de N ha⁻¹.

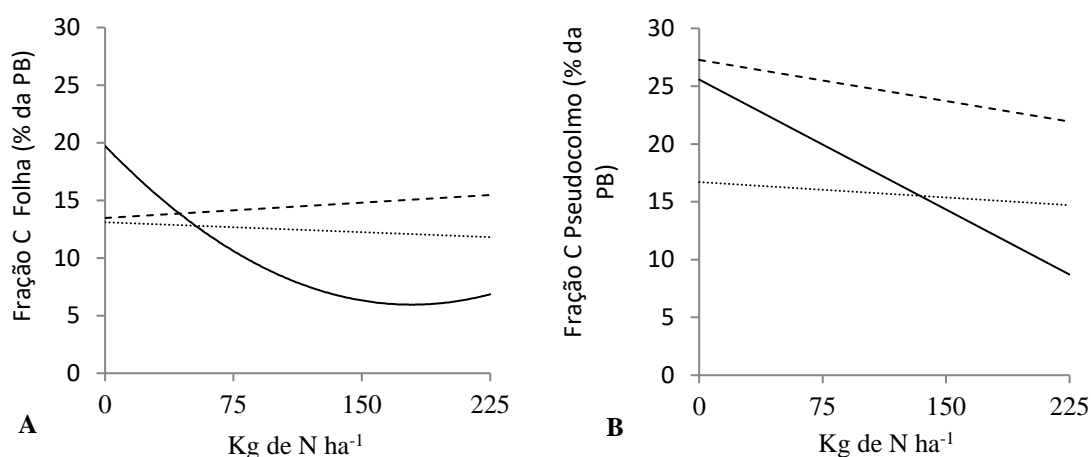


Figura 5. Fração C (% da PB) na folha e pseudocolmo do capim-marandu em função da adubação nitrogenada com 1 (—), 2 (- - -) e 3 (.....) cortes*.

*Equações de regressão: Fração C na folha (A): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 19,73 - 0,1538x - 0,0004x^2$ ($R^2 = 99$); $\bar{Y}_2 \text{ cortes} = 14,47$; $\bar{Y}_3 \text{ cortes} = 12,46$; Fração C no pseudocolmo (B): $\hat{Y}_1 \text{ corte} = 25,57 - 0,075x$ ($R^2 = 96$); $\bar{Y}_2 \text{ Cortes} = 27,27 - 0,024x$ ($R^2 = 87$); $\bar{Y}_3 \text{ Cortes} = 15,71$.

Não foi verificada influência da adubação nitrogenada na fração C nas folhas para 2 e 3 cortes, apresentando teor médio de 14,47% e 12,46%, respectivamente. No pseudocolmo a adubação nitrogenada promoveu efeito linear decrescente para 1 e 2 cortes (Figura 5B), com redução de 66% e 19,9%, respectivamente. Não foi verificado efeito da adubação nitrogenada para a fração C no pseudocolmo com 3 cortes, apresentando teor médio de 15,71%.

Dentro do fracionamento de proteínas a fração C é considerada proteínas e compostos nitrogenados, que estão associados à lignina, aos taninos e aos produtos da reação de Maillard, que são resistentes ao ataque dos microrganismos ruminais, tornando-a indisponível (Sniffen et al., 1992; Van Soest, 1994).

A redução da fração A em resposta à adubação nitrogenada nas folhas está atribuída ao efeito da adubação nitrogenada em elevar a formação de proteínas citoplasmáticas (Frações B1+B2) de rápida e intermediária degradação no rúmen e de proteínas ligadas à parede celular (Fração B3) de degradação lenta no rúmen. No pseudocolmo a redução da fração C em resposta à adubação nitrogenada, se deve, ao aumento do teor das frações A. Característica importante, principalmente, por fornecerem fontes de aminoácidos para os microrganismos no rúmen e para absorção intestinal, juntamente com as frações B1, B2 e B3 (Sniffen et al., 1992). A redução da

fração C em reposta adubação nitrogenada também foi observada por Leal et al. (2017), ao avaliarem o teor da fração C do capim-mulato II em reposta a adubação nitrogenada, verificaram redução de 19,3% com adubação até 150 kg de N ha⁻¹.

O pseudocolmo apresentou maiores teores da fração C em relação às folhas. Segundo Paris et al. (2004), ao avaliarem o teor da fração C em lâminas foliares e bainha+colmo do capim coastcross verificaram teor médio de 8,23% nas folhas e 15,38% na bainha+colmo, sobretudo, pelo fato de que o pseudocolmo é considerado um órgão de sustentação, que apresenta em sua constituição altos teores de tecidos lignificados, favorecendo no maior teor da fração C. Segundo Water et al. (1992) a fração C está associada a lignina, os quais resistem ao ataque das enzimas microbianas, dificultando seu aproveitamento pelo animal. Todavia, a adubação nitrogenada foi eficaz na redução da fração indigestível, além de aumentar o teor de proteínas de melhor aproveitamento pelo animal.

A fração C na folha apresentou maior teor com 1 corte (19,50%) sem adubação nitrogenada (Tabela 5).

Tabela 5. Fração C (% da PB) do capim-marandu adubado com nitrogênio em função dos ciclos de cortes.

Cortes	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Médias
	0	75	150	225	
Fração C (%) na folha					
1	19,50 a	11,28 b	5,64 b	7,08 c	10,88
2	13,83 b	14,08 a	13,85 a	16,12 a	14,47
3	13,32 b	11,77 b	13,38 a	11,35 b	12,46
Médias	15,55	12,38	10,96	11,52	
CV (%)					
Fração C (%) no pseudocolmo					
1	24,14 a	24,03 a	21,00 a	19,94 a	22,28
2	11,66 b	13,09 c	13,04 b	15,97 b	13,44
3	24,14 a	20,18 b	21,29 a	16,04 b	19,76
Médias	19,12	19,10	18,44	17,32	
CV (%)					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = coeficiente de variação.

Resultado, esse semelhante ao verificado por Paris et al. (2004), que constataram redução da fração C do capim-coastcross de 10,20% com 1 corte para 6,95% com 3 cortes, principalmente, devido o aumento da fração A. Nas doses de 75 e 225 kg de N

ha⁻¹ o maior teor da fração C na folhas foi verificado com 2 cortes com 14,08% e 16,12%, respectivamente. Na dose de 150 kg de N ha⁻¹ o maior teor foi encontrado com 2 (13,85%) e 3 (13,38%) cortes (Tabela 5). No entanto, apresentaram maiores teores da fração B1+B2. Resultado atribuído às altas taxas de crescimento foliar com 2 em reposta a adubação nitrogenada, preponderantemente, devido a redução da fração A, no qual as plantas priorizaram a utilização de aminoácidos e peptídeos para restabelecer o crescimento foliar, aumentando assim a participação da fração A.

Os valores da fração A nas folhas com o aumento do número de cortes se mostraram elevados em relação aos verificados por Paris et al. (2004), que encontraram teor médio de 8,23% nas folhas do capim-coastcross. Segundo Queiroz et al. (2011), a proporção da fração C em gramíneas tende a aumentar, à medida que a planta se torna mais velha.

No pseudocolmo a fração C foi maior com 1 (24,14%) e 3 (24,14%) cortes sem adubação nitrogenada (Tabela 5). Na dose de 75 e 225 kg de N ha⁻¹ o maior teor da fração C foi encontrada com 1 corte. Na dose de 150 kg de N ha⁻¹ o maior teor da fração C foi verificado com 1 (21,00%) e 3 (21,29%) cortes. Os altos valores da fração C com 1 corte, provavelmente estão ligadas as elevadas taxas de crescimento do pseudocolmo, resultando em maior composição de tecidos de sustentação que apresentam alto teor de lignina. Segundo Paris et al. (2004), ao avaliarem o teor da fração C em lâminas foliares e pseudocolmo do capim-coastcross observaram que o pseudocolmo apresenta em média 86,9% a mais da fração C se comparado as folhas, com teor médio de 15,38%.

Apesar disto, plantas adubadas com nitrogênio mostram maior valor do somatório das frações A e B1+B2 em relação ao somatório das frações B3 e C. Segundo Malafaia (1997), quando o somatório das frações A, B1+B2 forem maiores que as demais, demonstrando que grande parte do nitrogênio solúvel está na forma de proteínas que podem ser utilizadas pelo animal. Os valores da fração C são indicadores do quanto o nitrogênio da pastagem está indisponível para utilização pelo animal, quanto maior seu teor, pior será sua utilização (Sniffen et al., 1992).

6.4. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada com 225 kg de N ha⁻¹ eleva a concentração de proteína bruta, das fontes de nitrogênio não proteico (A) e das frações de rápida e intermediária degradação ruminal (B1+B2), além de reduzir a proporção de proteínas de lenta degradação ruminal (B3) e da proteína indigestível (C).

O aumento para 3 cortes reduziu a concentração de proteína bruta e se mostrou favorável no aumento das frações A e C do capim-marandu.

6.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M.; SANTOS, P. M.; VIEIRA, I.; CÁRDENAS, R. R. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim-tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 519-528, 2003.

BARRETO, G. L.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. Avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de um híbrido com o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) submetidos a estresse hídrico. 2. Valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.7-11, 2001.

CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M. de; FONSECA, D. M. da; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. de. **Pastagens**. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais (CFSMG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação, Viçosa, 1999, p.332-341.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A. de; VALADARES FILHO, S. de C.; QUEIROZ, A. C. de; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. de O.S.; CABRAL, L. da S.; PINA, D. dos S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J. A. G. (Ed.). **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.

GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; CARVALHO, F. D. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 900-913, 2018.

GLOSER, V.; KOŠVANCOVÁ, M.; GLOSER, J.; Regrowth dynamics of *Calamagrostis epigejos* after defoliation as affected by nitrogen availability. **Biologia Plantarum**. v. 51, n.3, 501–506, 2007.

HENRIQUES, L. T.; COELHO DA SILVA, J. F.; DETMANN, E.; VÁSQUEZ, H. M.; PEREIRA, O. G. Frações dos compostos nitrogenados de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 3, p. 740-748, 2007.

IMSANDE, J.; TOURAINE, B. N. Demand and regulation of nitrate uptake. **Plant Physiology**, Lancaster, v.105, p.3-7, 1994.

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. C.; GOMIDE, C. A. M.; MORENZ, M. J. F.; VILLELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, p.225-233, 2017.

MAGALHÃES, A. F.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. F.; SOUSA, R.S.; VELOSO, C. M. Influência do nitrogênio e do fósforo na produção do capim-braquiária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1240-1246, 2007.

MAGALHÃES, J. A.; CARNEIRO, M. S. de S.; ANDRADE, A. C.; PEREIRA, E. S.; SOUTO, J. S.; PINTO, M. S. de C.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. de L.;

MOCHEL FILHO, W. J. E. Eficiência do nitrogênio, produtividade e composição do capim-andropogon sob irrigação e adubação. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 236, p. 577-588, 2012.

MALAFIA, P. A. M. Determinação e cinética ruminal das frações protéicas de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p. 1243-1251. 1997.

PARIS, W.; BRANCO, A.F.; PROHMANN, P. E. F.; MOURO, G. F. Características químicas e produtivas da gramínea coastcross (*Cynodon Dactylon* (L.) Pers) pastejada por novilhos no verão. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n. 4, p. 483-491, 2004.

QUEIROZ, M. F. S.; BERCHIELLI, T. T.; MORAIS, J. A. S.; MESSANA, J. D.; MALHEIROS, E. B.; RUGGIERI, A. C. Digestibilidade e parâmetros ruminais de bovinos consumindo *Brachiaria brizanta* cv. Marandu. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 997-1008, 2011.

RIBEIRO, K. G.; GOMIDE, J. A.; PACIULLO, D. S. C. Adubação nitrogenada do capim-elefante cv. Mott. 2. Valor nutritivo ao atingir 80 e 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1194-1202, 1999.

RUSSELL, B. J.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. J.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: ruminal fermentation. **Journal Animal Science**, v.70, p.3551-3581, 1992.

SILVA, A. G.; FRANÇA, A. F. S.; MIYAGI, E. S.; MELLO, S. Q. S.; FERREIRA, J. L.; CARVALHO, E. R. Frações proteicas do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio em duas alturas de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 5, p. 1148-1155, 2009.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v.70, n.10, p.3562-3577, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutrition ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

VOLENEC, J. J.; OURRY, A.; JOERN, B.C. A role to nitrogen reserves in the resprout of forages and tolerance for stress. **Physiologia Plantarum**, v. 97, p.185-193, 1996.

WATERS, C. J.; KITCHERSIDE, M. A.; WEBSTER, A. J. F. Problems associated with estimating the digestibility of undergrated dietary nitrogen from acid detergent insoluble nitrogen. **Animal Feed Science & Technology**, v. 39, n.3-4, p. 279-291. 1992.