



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PATO BRANCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



LAÉRCIO RICARDO SARTOR

**EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E
POTÁSSIO POR PLANTAS DE PAPUÃ SUBMETIDAS A
DIFERENTES INTENSIDADES DE PASTEJO E NÍVEIS DE
NITROGÊNIO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

LAÉRCIO RICARDO SARTOR

**EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E
POTÁSSIO POR PLANTAS DE PAPUÃ SUBMETIDAS A
DIFERENTES INTENSIDADES DE PASTEJO E NÍVEIS DE
NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Integração lavoura-pecuária.

Orientador (a): Dr^a. Tangriani Simioni Assmann

PATO BRANCO

2009

S251e

Sartor, Laércio Ricardo

Eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio por plantas de papuã submetidas a diferentes intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio / Laércio Ricardo Sartor.

Pato Branco. UTFPR, 2009

XI, 115 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Tangriani Simioni Assmann

Co-orientador: Prof. Dr. André Brugnara Soares

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2009.

Bibliografia: f. xxx - xxy

1. PalavraChave1. 2. PalavraChave2. I. Assmann, Tangriani Simioni, orient. II. Soares, André Brugnara, co-orient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Mestrado.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Gerência de Ensino e Pesquisa
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 012

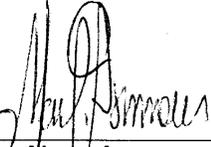
Dinâmica do nitrogênio no solo e na planta de *Brachiaria Plantaginea* sob diferentes intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio

por

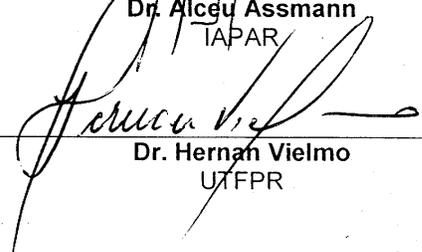
Laércio Ricardo Sartor

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia dois de março de dois mil e nove, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Integração Lavoura-Pecuária, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho. *Aprovado*.....

Banca examinadora:



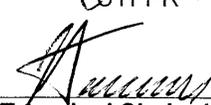
Dr. Alceu Assmann
TAPAR



Dr. Hernán Vielmo
UTFPR

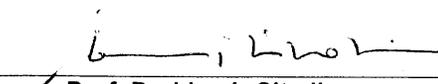


Dr. André Brugnara Soares
UTFPR



Dra. Tangriani Simioni Assmann
UTFPR
Orientador

Visto da Coordenação:



Prof. Dr. Idemir Citadin
Coordenador do PPGA

Ao meu pai Leocir, À minha mãe Ivete, Minha irmã Carla e a minha namorada Claudia.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e pela oportunidade de “viver”, trabalhar, pensar, raciocinar e ter me destinado conhecer pessoas e caminhos agradáveis.

Aos pais por serem os mediadores da minha vida, pelo amor, exemplo e apoio.

À Claudia Cara por toda compreensão, apoio, ajuda, amizade e amor que demonstrou ter nesse caminho que juntos começamos a construir e por fazer parte de minha vida.

À professora Tangriani Simioni Assmann pela orientação durante o mestrado, amizade e por ter destinado vários momentos a esse trabalho.

Ao professor e grande amigo André Brugnara Soares pela co-orientação no mestrado e companheirismo desde a graduação, pela força, incentivo e contribuição, agradeço.

A UTFPR pela disponibilidade do curso de mestrado em agronomia e a todos os professores do programa.

Ao IAPAR, na pessoa do professor Alceu Luiz Assmann e aos colaboradores da instituição, pela disponibilidade da área, instalações, pessoal e a possibilidade da realização do experimento.

À CAPEs pela concessão da bolsa.

Aos amigos e “companheiros” Paulo Adami, Christiano Pitta, Francisco Migliorini onde juntos mantivemos nosso objetivo de seguir em frente “peitando meio por vício”, mesmo perante adversidades.

Meus amigos, nunca digam que há plantas más ou homens maus. O que há são maus cultivadores (Vitor Hugo).

RESUMO

SARTOR, Laércio Ricardo. Eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio por plantas de papuã submetidas a diferentes intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio. 115 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2009.

A adubação nitrogenada é freqüentemente observada como um eficiente fator nutricional fornecido a planta visando melhorar a produção de espécies forrageiras, necessitando ser entendido o comportamento do nitrogênio (N) no sistema. O experimento foi conduzido na área do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) na estação experimental de Pato Branco, com objetivo de avaliar a dinâmica do N no sistema solo-planta em pastagem de *Brachiaria plantaginea*. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com duas repetições. Os tratamentos foram arrançados em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocados os períodos e nas sub-parcelas a combinação das três doses de N e duas intensidades de pastejo (Massa Alta e Massa Baixa), perfazendo seis tratamentos em esquema fatorial. As doses de N foram compostas de 0, 200 e 400 kg.ha⁻¹ de N e as intensidades de pastejo preconizadas em massa baixa (MB), com 1.500 kg de MS.ha⁻¹, e massa alta (MA) com 3.000 kg de MS.ha⁻¹ em pastejo com lotação contínua e taxa de lotação variável. Utilizaram-se caprinos, meio sangue Bôer, com cinco meses de idade e peso médio de 21 Kg de peso vivo (PV), para definir as massas de forragem (MF) preconizadas. Avaliou-se a produção acumulada e total de biomassa aérea de papuã nos períodos experimentais, os índices nutricionais de nitrogênio, fósforo e potássio, também a curva de diluição, eficiência e recuperação do nitrogênio e o comportamento do nitrogênio no solo. A produção de forragem de *B. plantaginea* foi maior na dose intermediária de N (200 kg de N.ha⁻¹), atingindo uma produção de 19.834 kg de MS.ha⁻¹, 31% a mais que no tratamento que não recebeu adubação nitrogenada. Os teores de N encontrados nas plantas que receberam adubação nitrogenada apresentaram valores superiores aos preconizados como críticos, resultando em conteúdos adequados deste elemento na planta, e, ao contrário, as plantas cultivadas sem adubação nitrogenadas apresentaram teores inferiores ao crítico, apontando desta forma que a curva de diluição de N é uma ferramenta adequada para diagnose de nutrição nitrogenada em pastagens. A máxima produtividade foi limitada pela falta de fósforo indicada pelo baixo índice de fósforo obtido conforme os teores do elemento na pastagem e a absorção de K aumentou com a adubação nitrogenada apresentando índices satisfatórios do elemento. A dose de 200 kg de N.ha⁻¹ demonstrou-se a mais eficiente com taxas de recuperação de N superiores em 63% em relação a dose de 400 kg de N.ha⁻¹. Não foi observada lixiviação das formas de nitrogênio inorgânicas estudadas (nitrato e amônio) no perfil do solo e observou-se maior quantidade de nitrato e N-Mineral na menor massa de forragem após completada a quantidade de N proposta.

Palavras-chave: *Brachiaria plantaginea*, curva de diluição, índice nutricional, nitrogênio no solo, produção de forragem.

ABSTRACT

SARTOR, Laércio Ricardo. Nitrogen, phosphorous and potassium efficiency of use of papuã under different grazing intensities and nitrogen levels. 115 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2009.

Nitrogen fertilization is usually noticed as an efficient nutritional factor offered to the plant with the aim to improve its production, being necessary to understand the nitrogen behave (N) in the system. The experiment was carried out at the Agronomist institute of Paraná (IAPAR), experimental unit of Pato Branco with the aim to evaluate the dynamic of N in the soil-plant system of a *Brachiaria plantaginea*. The experiment was laid out as random block design with two replications. The treatments were arranged in a split-plot model. At the plots were allocated the periods and at the sub-plots the combination of three levels of nitrogen and two grazing intensities (High mass and Low Mass), making six treatments in a factorial scheme. The levels of nitrogen used were composed of 0, 200 and 400 kg of N.ha⁻¹ and the grazing intensities characterized by the low forage mass (LM) with 1.500 kg of DM.ha⁻¹ and high forage mass (HM) with 3000 kg of DM.ha⁻¹ in a continuous stocking rate. Were used goats half blood Boer with five months old and average life weight of 21 kg of live weight (LW) at the beginning of the experiment with the aim to adjust the forage mass (FM) wanted. Was evaluated the accumulate and total forage production of the papuã aerial biomass at the experimental periods, the nutritional indices of nitrogen, phosphorous and potassium and also the dilution curve, efficiency of N recovery and behave of nitrogen in the soil. The *Brachiaria plantaginea* forage production was higher at the nitrogen intermediate level (200 kg of N.ha⁻¹), reaching an production of 19.834 kg of DM.ha⁻¹, 31% more then treatment without nitrogen. The N levels found in the plants that received nitrogen fertilization showed higher values than the ones recognized as deficient, resulting in adequate contents of this element in the plant and, in the other hand, the plants cultivated without nitrogen showed levels below the one recognized as sufficient, showing with that the dilution curve of N is an adequate tool to diagnose the forage nitrogen nutrition. The highest production was limited by the lack of phosphorous showed by the phosphorous indices obtained according to the pasture element levels and the absorption of K increased with the nitrogen application, showing satisfactory level of the element. The 200 level of N.ha⁻¹ showed to be the most efficient with recovery N levels 63% higher than the 400 kg.N.ha⁻¹. There was no inorganic (NO₃⁻ e NH₄⁺) N leaching found in the soil profile and was noticed higher quantities of NO₃⁻ and mineral-N at the lower forage mass after finishing the total N applied.

Keywords: *Brachiaria plantaginea*, dilution curve, forage production, nutritional indices.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Dados meteorológicos históricos (1979-2007) e observados durante o período experimental (2007/2008). Fonte: Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2008).35
- Figura 2 – Croqui da área experimental, Pato Branco, PR, 2007/2008.....37
- Figura 3 – Produção de matéria seca acumulada (kg de MS.ha⁻¹) de *Brachiaria plantaginea* em função dos períodos experimentais. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2008.47
- Figura 4 – Produção total de massa seca aérea (kg de MS.ha⁻¹) de *Brachiaria plantaginea* em função de três doses de adubação nitrogenada, 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.....49
- Figura 5 – Taxa de acúmulo de forragem diária (kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹) de *Brachiaria plantaginea* em função de três doses de adubação nitrogenada, 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.....51
- Figura 6 – Massa de forragem (kg de MS.ha⁻¹) de *Brachiaria plantaginea* formadas a partir de duas intensidades de pastejo, alta e baixa, no período experimental de 13/12/2007 a 01/04/2008. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade para intensidade de pastejo dentro de cada período e períodos dentro de cada intensidade de pastejo. UTFPR, *Campus* de Pato Branco.53
- Figura 7 - Teores de nitrogênio (N) na pastagem de papuã (*Brachiaria plantaginea*) submetida a três doses de adubação nitrogenada e duas intensidades de pastejo. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.58
- Figura 8 - Índice nutricional de nitrogênio (INN) de pastagem de *Brachiaria plantaginea* submetida a doses de adubação nitrogenada e períodos, tidos como satisfatórios (S) e insatisfatórios (In) ao crescimento da planta. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro para dose de N dentro de cada período e para períodos dentro de cada dose de N. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.....60
- Figura 9 - Concentração da porcentagem de nitrogênio na planta em relação ao teor de nitrogênio calculado e expresso na curva de diluição proposto por Lemaire (1997) conforme o acúmulo de biomassa de *Brachiaria plantaginea* em função de três doses de nitrogênio e duas intensidades de pastejo. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2008.62
- Figura 10 - Teores de Nitrogênio calculado como satisfatório (%N Lemaire, 1997) e o obtido na planta (%N Planta) de *Brachiaria plantaginea* submetida a três

- doses de adubação nitrogenada. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade entre os teores de N dentro de cada dose. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.64
- Figura 11 – Curva crítica de nitrogênio relacionado ao nitrogênio absorvido em função do aumento da produção de matéria seca de *Brachiaria plantaginea* submetida a 0, 200 e 400 kg de N.ha e duas intensidades de pastejo. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2007/2008¹66
- Figura 12 – Desdobramento da interação Intensidade de Pastejo *versus* Períodos para a quantidade de N (kg de N.ha⁻¹) absorvida pela pastagem de papuã (*Brachiaria plantaginea*). Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro para intensidade de pastejo dentro de cada período e para períodos dentro de cada intensidade de pastejo. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.67
- Figura 13 – Desdobramento da interação Dose de N *versus* Períodos para a quantidade de N (kg de N.ha⁻¹) absorvido pela pastagem de *Brachiaria plantaginea* submetida a três doses de adubação nitrogenada, 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey para dose de N dentro de cada período e para períodos dentro de cada dose de N. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.....69
- Figura 14 - Teores de potássio (g.kg⁻¹ de MS) na pastagem *Brachiaria plantaginea* submetida a 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.74
- Figura 15 - Teores de potássio (K) na pastagem de papuã (*Brachiaria plantaginea*) em seis períodos de avaliação. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.....76
- Figura 16 – Produção acumulada de potássio (kg.ha⁻¹) de *Brachiaria plantaginea* submetida a 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ e duas intensidades de pastejo em seis períodos de avaliação. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste a 5% de probabilidade para dose de N dentro de cada período e para período dentro de cada dose de N. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.77
- Figura 17 - Teores de Potássio (%K) não limitantes (esquerda) e observados na planta (direita) de *Brachiaria plantaginea*, submetida a três doses de adubação nitrogenada. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.78
- Figura 18 - Índice de potássio (iK) na pastagem *Brachiaria plantaginea* em função dos períodos de avaliação (esquerda) e a 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ (direita). Médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.....80
- Figura 19 – Produção acumulada de Fósforo (kg.ha⁻¹) de papuã (*Brachiaria plantaginea*) nos períodos (esquerda) e total (direita) submetida a três doses de adubação nitrogenada e duas intensidades de pastejo em seis

- períodos de avaliação. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.81
- Figura 20 - Teores de fósforo (%P), não limitantes (esquerda) e observados na planta (direita) de *Brachiaria plantaginea* submetida a três doses de adubação nitrogenada. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.83
- Figura 21 - Índice de fósforo (iP) na pastagem *Brachiaria plantaginea* em função dos períodos de avaliação (esquerda) e a 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ (direita). Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.84
- Figura 22 – Desdobramento da interação tripla entre período *versus* dose de N *versus* intensidade de pastejo para os teores de N-NO₃⁻ no solo. Comparação feita entre doses de N dentro de cada intensidade de pastejo para cada data. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2008.86
- Figura 23 – Desdobramento da interação tripla entre período *versus* dose de N *versus* intensidade de pastejo para os teores de N-NO₃⁻ no solo. Comparação feita entre intensidades de pastejo dentro de cada data e entre datas dentro de cada intensidade de pastejo para cada dose de N. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2008.87
- Figura 24 – Teores de N-NO₃⁻ (mg.dm³) no solo em função da profundidade (cm) em pastagem de papuã (*Brachiaria plantaginea*). Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem (P<0,05) pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.90
- Figura 25 – Teores de N-NH₄⁺ no solo em função da dose de nitrogênio em pastagem de *Brachiaria plantaginea*. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.91
- Figura 26 – Desdobramento da interação tripla entre período *versus* dose de N *versus* intensidade de pastejo para os teores de N-Mineral no solo. Comparação feita entre doses de N dentro de cada intensidade de pastejo para cada data. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2008.92
- Figura 27 – Desdobramento da interação tripla entre período *versus* dose de N *versus* intensidade de pastejo para os teores de N-Mineral no solo. Comparação feita entre intensidades de pastejo dentro de cada data e entre datas dentro de cada intensidade de pastejo para cada dose de N. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2008.94

Figura 28 – Teores de N-Mineral ($\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$) no solo em função da profundidade em pastagem de papuã (*Brachiaria plantaginea*). Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.....95

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Atributos químicos do solo (análise de rotina) na profundidade de 0 a 20 cm antes da instalação do experimento (12/11/2007). UTFPR, *Campus* de Pato Branco.....36
- Tabela 2** – Atributos químicos do solo, micronutrientes, nitrato, amônio e CTC, na profundidade de 0 a 20 cm antes da instalação do experimento (12/11/2007). UTFPR, *Campus* de Pato Branco.36
- Tabela 3** - Interpretação dos índices nutricionais de nitrogênio (INN) seguindo modelo proposto por Lemaire et al. (1989) e de fósforo (iP) e potássio (iK) conforme modelo proposto por Théliier-Huché et al. (1999).44
- Tabela 4** – Desdobramento da interação Intensidade de Pastejo *versus* Períodos para os teores de nitrogênio (N) da pastagem de *Brachiaria plantaginea*. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.....55
- Tabela 5** – Eficiência da utilização de nitrogênio (kg de MS produzida.kg⁻¹ de N aplicado na pastagem de *Brachiaria plantaginea* submetida a doses de nitrogênio. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2007/2008.71
- Tabela 6** – Produção total de MS, produção de N e recuperação de nitrogênio na pastagem de *Brachiaria plantaginea* submetida a doses de nitrogênio. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2007/2008.....72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Caracterização do sistema de INTEGRAÇÃO lavoura-pecuária	18
2.2 papuã visto como espécie forrageira	20
2.3 influência da Intensidade de pastejo sob a disponibilidade de nitrogênio	21
2.4 Importância do nitrogênio na produção vegetal	22
2.5 Índice Nutricional Nitrogenado (INN)	25
2.6 Relação entre o teor de nitrogênio e o teor de fósforo e potássio na planta	29
2.7 Comportamento do nitrogênio no solo	31
3 MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 Local e época	35
3.2 Clima e solo	35
3.3 Área experimental	36
3.4 Estabelecimento da pastagem	38
3.5 Delineamento experimental	38
3.6 Avaliação da pastagem	39
3.6.1 Produção total de matéria seca, produção acumulada de MS e taxa de acúmulo diária	39
3.6.2 Preparo das amostras para análises bromatológicas	41
3.6.3 Curva de diluição de nitrogênio, fósforo e potássio absorvido pela planta	42
3.6.4 Eficiência vegetal e recuperação no uso do nitrogênio	44
3.6.5 Comportamento do nitrogênio no perfil do solo	45
3.6.6 Análises estatísticas	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1 Produção de matéria seca acumulada	46
4.2 Produção total de matéria seca (MS)	48
4.3 Teores de Nitrogênio na biomassa aérea de papuã	54
4.4 Índice nutricional nitrogenado	59
4.5 Curva de diluição	61
4.6 Quantidade de nitrogênio absorvido	65
4.7 Eficiência de uso e recuperação de nitrogênio	69
4.8 Teores de Potássio na planta	73
4.9 Índices de potássio limitantes ao desenvolvimento da planta	78
4.10 Teores de fósforo na planta	80

4.11 Índices de fósforo limitantes ao desenvolvimento da planta.....	82
4.12 Nitrogênio no solo	85
4.12.1 Nitrato (NO_3^-)	85
4.12.2 Amônio (NH_4^+)	90
4.12.3 Nitrogênio mineral ($\text{N NO}_3^- + \text{N NH}_4^+$)	92
5 CONCLUSÕES	97
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
REFERÊNCIAS.....	99
ANEXOS	108

1 INTRODUÇÃO

A necessidade da produção de alimentos é cada vez mais discutida e atribuída a agricultura. Dentro disso, a eficiência no manejo da produção deve ser buscada, especialmente em pequenas propriedades onde a potencialidade de concorrência com grandes latifúndios é baixa. Têm-se então, a necessidade de produzir alimentos eficientemente e manter as pequenas propriedades trabalhando, as quais são responsáveis por grande parte da produção agrícola e de forma diversificada. Ainda, têm-se vastas áreas improdutivas e degradadas, onde a forma mais eficiente de recuperação é a produção vegetal consciente e permanente.

A constante produção de forragem nas propriedades rurais é uma necessidade para tornar esses sistemas de produção viáveis e competitivos economicamente, diminuindo a entrada de insumos alimentícios para o rebanho de fora da propriedade, o que torna os custos elevados. Em sistemas de integração lavoura-pecuária essa questão é ainda mais dinâmica, pois é necessário conciliar duas atividades, a produção de grãos e a de animais, em uma mesma área e/ou propriedade rural, distribuídas em diferentes épocas do ano. O que abre demanda de técnicas e estratégias de planejamento forrageiro e das áreas de lavoura.

A eficiência na produção vegetal pode ser resolvida, em um sistema de integração lavoura-pecuária, englobando a produção vegetal (grãos e forragem) e a animal, maximizando a utilização das áreas agricultáveis, fazendo com que a produção vegetal seja a mais constante possível. Ou ainda, encurtar os espaços entre uma cultura e outra. Como exemplo de alguns sistemas desenvolvidos no Brasil, onde antes da atual cultura terminar seu ciclo outra já está sendo implantada. Nesses casos, após a cultura de verão (milho, soja, etc.) utilizam-se as áreas para produção animal com forrageiras de clima tropical como brachiarias e panicuns.

Nesse contexto, a utilização de *Brachiaria planaginea* pode ser uma grande alternativa, por ser uma espécie altamente produtiva e potencializada pela característica de ressemeadura natural, não sendo necessária a implantação da pastagem quando com banco de sementes satisfatório, ou seja, logo após a cultura de lavoura no verão tem-se alimento já disponível aos animais, diminuindo muitos problemas tidos com vazios forrageiros, que pode ser devido à falta de forragem entre uma cultura e outra. Contudo, o planejamento de espécies vegetais para

alternância entre lavoura e pecuária fica totalmente prejudicado se o manejo com adubação e forma de utilização das forrageiras (pastejo) não é adequado. Problema esse evidenciado em muitas propriedades locais, onde pouco se tem a cultura de adubar pastagens e menos ainda em manejar corretamente, com pastejo, as pastagens. Dessa forma, justifica-se estudar manejos que envolvam conceitos de integração lavoura pecuária nas propriedades agropecuaristas e o manejo, nesse caso, sobre a pastagem envolvendo questões nutricionais.

Dentre os manejos sobre a pastagem está inserida a condição nutricional que é disponibilizada às pastagens, onde pode ser citado como principais fertilizantes o nitrogênio, o fósforo e o potássio. É comum a prática de baixo investimento em adubação de pastagens, ainda existe cultura e muitos produtores preconizam que o melhor a fazer é escolher a melhor espécie, enquanto que isso leva uma escala de ilusão (Corsi, 1988) onde ao invés de manejar a pastagem busca-se espécies menos exigentes e com isso caminha-se no processo de degradação das pastagens. O que não é uma generalidade, uma vez que o sudoeste do Paraná já uma das maiores bacias leiteiras do Brasil (SEAB/DERAL, 2007) e isso se deve muito a tecnificação dos produtores, os quais buscam atualizar-se junto a meios científicos.

Nesse contexto, ainda estão envolvidos altos custos de produção e uma forma de torná-los menos expressivos é a utilização de pastagem de alta qualidade e que produzam satisfatoriamente utilizando eficientemente os recursos nutricionais disponibilizados. A análise de solo e recomendações de correções segundo a cultura preconizada é uma prática indispensável na agropecuária, contudo parece muitas vezes não ser suficiente devido a possibilidade de erros de amostragem de solo. A diagnose da pastagem após estabelecida pode ser uma ótima alternativa por ser uma forma rápida e concreta do estado nutricional das plantas a fim da recuperação das pastagens e suprimento da necessidade da planta para que possa produzir satisfatoriamente ou explicar eventos ocorridos em experimentos que avaliam a condição nutricional de plantas.

Sendo assim, formas de interpretação de análise foliar de forrageiras são sugeridas. Uma delas seria através de utilização de modelos matemáticos que visam verificar o nível nutricional da planta através de cálculos de índices que indicam o estado nutricional em que a planta se encontra e com isso proceder às

recomendações de adubação. Essa técnica é preconizada nesse trabalho, englobando os elementos nitrogênio, fósforo e potássio.

Sendo assim, deseja-se maximizar a produção de forragem com menores custos e otimizar a eficiência de utilização do nitrogênio, fósforo e potássio. Nesse ponto, altas doses de nitrogênio podem apresentar resposta na produção de forragem sem serem eficientes. A eficiência de utilização dos nutrientes é então um diagnóstico essencial em trabalhos com diferentes doses de nitrogênio, bem como a verificação das perdas de nitrogênio.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a interferência da adubação nitrogenada e da intensidade de pastejo na produção de forragem e condição nutricional das plantas através de modelos matemáticos, bem como a eficiência de uso e recuperação do nitrogênio atrelado ao comportamento do nitrogênio mineral no solo. Visualizando a hipótese de que o nitrogênio afeta a produção de forragem, os conteúdos do elemento na biomassa aérea de plantas e sua concentração mineral no solo, além disso, supõe-se que a maior disponibilidade de nitrogênio às plantas interfere na absorção de outros nutrientes como fósforo e potássio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

A diversificação de ramos produtivos em uma propriedade agrícola vem sendo buscada a fim de evitar problemas já acontecidos como degradação de áreas, sazonalidade na produção e de preços de produtos, permanência do agricultor no campo de forma competitiva e acompanhar a demanda na produção de alimentos. Bem como assegurar produções sustentáveis e estáveis economicamente no futuro. Visualizando isso a pesquisa busca alternativas tecnológicas para inserir nos sistemas produtivos onde a produção vegetal e seus estudos tem significativa importância. Dentre os ramos envolvendo a produção vegetal, destacam-se os sistemas de integração lavoura-pecuária.

A integração lavoura pecuária pode ser definida como a distribuição de culturas vegetais e produção animal em uma mesma área na propriedade dentro de um período de tempo. Pode ser exemplificada como quando se utiliza no verão as

áreas como lavoura para produção de grãos (milho, soja, feijão, etc.) e no inverno essas mesmas áreas destinadas a produção animal com cultivo de espécies forrageiras (aveias, azevém, trigo, etc.), ou mesmo ocorrer o inverso, pecuária no verão cultivando-se forrageiras (papuã, sorgo, milheto, panicuns, penicetuns, cynoduns, etc.) e lavoura no inverno (trigo, cevada, etc.). Outras sugestões podem ser estudadas e serem integradas a esse sistema. Onde, segundo Neumann & Lupatini (2002), esse sistema envolve práticas dinâmicas e versáteis de planejamento, organização e execução das atividades operacionais e financeiras no decorrer do ciclo produtivo. Então agrega uma gama variada de sistemas integrados com formas de manejo entre lavoura e pecuária que podem ser dimensionados conforme a região edafoclimática, característica econômica da região, cultura e prioridade de cultivo.

Uma das alternativas é integrar a pecuária ao sistema no período estival e/ou diminuir os espaços entre uma cultura e outra. Como exemplo de alguns sistemas desenvolvidos no Brasil central, onde antes da atual cultura terminar seu ciclo outra já está sendo implantada. Nesses casos, após a cultura de verão (milho, soja, etc.) utilizam-se as áreas para produção animal com forrageiras de clima tropical como espécies do gênero *Brachiaria* sp. Esse sistema é bastante praticado no Brasil Central e denominado de sistema Santa Fé, que sugere semear uma espécie forrageira junto com a semeadura da cultura de verão ou quando a lavoura já estiver estabelecida (Moreira & Carvalho, 2003) e após o ciclo da lavoura a pastagem já está estabelecida, momento que se inicia a utilização da pastagem para produção animal. Normalmente, no Brasil Central, nesse sistema Santa Fé a pastagem é utilizada por dois ou três anos e depois disso volta-se a ter lavoura. Seria um excelente sistema se fosse mantida a adubação em todos os casos em que é utilizado, ou seja, muitos dos produtores que praticam tal manejo na propriedade visam produzir pasto com resíduos dos nutrientes que restaram da lavoura. Vale ressaltar que a não adubação da pastagem também gera o processo de degradação e baixas na produtividade de forragem e conseqüências disso poderão ser observadas nos cultivos subseqüentes.

Portanto, o processo dinâmico que envolve a integração lavoura-pecuária citado anteriormente, envolve entre outros a escolha de como será desenvolvido o sistema dentro da propriedade com o planejamento e distribuição das áreas conforme utilização; escolha das culturas e espécies; viabilidade

econômica; questões sustentáveis e permanentes; manutenção da renda; e manejo do sistema escolhido através da fertilização dos solos e manutenção de um sistema produtivo.

2.2 PAPUÃ VISTO COMO ESPÉCIE FORRAGEIRA

A espécie *Brachiaria plantaginea*, denominada popularmente como capim marmelada ou também como papuã, embora seja amplamente difundida, tem pouco estudo e utilização intensiva na produção animal na região sudoeste do Paraná. Caracteriza-se como espécie forrageira nativa, de ciclo anual, com hábito decumbente radicante, encontrada desde o sul do Brasil até o sul dos Estados Unidos, nascendo espontaneamente, como invasora, em lavouras de verão, com produção durante o verão e início do outono, florescendo e desaparecendo com o frio (Araújo, 1967).

Trata-se de uma espécie de excelentes características para ser utilizada em sistemas de produções agropecuários, pois tem ressemeadura natural e longo período vegetativo se bem manejada. Com essas características, visualiza-se sua utilização após cultivo de lavoura no inverno (trigo, por exemplo) ou mesmo após lavoura no verão como milho ou soja, sendo utilizada em propriedades que necessitam de alimento para os animais nos períodos de outono, época caracterizada pela falta de forragem, uma vez que a pastagem de inverno ainda não foi estabelecida e a de verão está em declínio. Pensando economicamente, se bem manejada e o banco de sementes do solo for satisfatório, essa espécie não necessita de sementeira anual e terá custo somente de fertilizantes. Desde que a semente seja exposta a luminosidade, por ser uma espécie fotoblástica positiva.

O papuã apresenta altos índices produtivos de forragem e boa qualidade se manejada e adubada corretamente (Lançanova, et al. 1988). Comparado a outras espécies forrageiras, Restle (2002) não encontrou diferença significativa no ganho de peso vivo, que foi de 668, 570 e 640 kg de PV.ha⁻¹, respectivamente para papuã, sorgo e milheto em 98 dias de pastejo com 300 Kg de N.ha⁻¹. Ao avaliar o ganho de peso vivo diário de novilhos de sobreano mantidos em

pastagem de capim papuã, Aita (1995) verificou ganhos de 1,054 kg de PV.dia⁻¹ e produção de 668,5 kg.ha⁻¹ de peso vivo.

Contudo, seguindo as pressuposições de qualquer outra espécie forrageira de alta produção e qualidade, a adubação nitrogenada, em condições ideais de precipitação, é limitante, fato comprovado por Martins et al. (2000), onde a produção de capim papuã foi de 4.657 e 8.700 kg de MS.ha⁻¹, com 0 e 200 kg de N.ha⁻¹, respectivamente, 53% a mais com adubação nitrogenada. Nesse sentido outros trabalhos demonstram resposta do papuã ao nitrogênio e viabilidade da utilização da forrageira (Lançanova 1988a; Lançanova et al.; 1988b ; Restle et al., 2002, Aita, 1995, Petrucci et al., 1989; Martins et al., 2000; Restle et al., 2004).

2.3 INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE DE PASTEJO SOB A DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO

Para Silva et al. (1996), o potencial produtivo das forrageiras pode variar conforme a espécie, o cultivar, a frequência e altura de corte, a disponibilidade de água, luz e temperatura, a eliminação do meristema apical e a área foliar residual, entre outros. Outro fator que pode ser levado em consideração é a interceptação luminosa que está relacionada com a intensidade de pastejo imposta ou massa de forragem (Barbosa et al., 2007). Segundo Fulkerson & Slack, 1994 as estratégias do pastejo que respeitem a fenologia e fisiologia de cada espécie forrageira, incluindo questões nutricionais, podem promover aumentos na produtividade e longevidade das pastagens. Para Hodgson (1990) a essência do manejo do pastejo consiste em encontrar o balanço eficiente entre o crescimento da planta, o seu consumo e a produção animal para manter o sistema de produção estável.

O crescimento da pastagem está também associado ao resíduo deixado após desfolha e frequência de pastejo (Hodgson, 1990) e com isso Martha Junior (2003) afirma que esses fatores repercutem em diferentes ritmos de absorção de nutrientes pela planta forrageira. Tal efeito se deve em partes à redução na quantidade de raízes com maior intensidade da desfolha (Corsi et al., 2001). Thornton & Millard (1993) observaram que a maior severidade na desfolha de azevém perene provocou diminuição da massa de raízes e a isso esteve associado

redução na absorção de N de 0,54 para 0,14 mg N/semana/planta quando a forrageira foi cortada a 8 e a 4 cm respectivamente. Com pastejo intenso e desfolha freqüente a renovação do sistema radicular é mais lento e por conta disso a absorção de nutrientes, além de água, é prejudicada (Pagotto, 2001). Portanto, a intensidade de pastejo está intimamente ligada a capacidade de absorção de nutrientes da planta o que irá impor a concentração de nutrientes nos tecidos da planta, especialmente nitrogênio, fósforo e potássio.

2.4 IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO VEGETAL

Em condições satisfatórias de clima e precipitação, a fertilidade é o fator determinante na produção e qualidade de forragem de poaceas (Martins et al. 2000). Outros autores afirmam que a disponibilidade de nitrogênio é um desses fatores que mais influencia na produtividade das pastagens (Carambula, 1977; Malavolta, 1980), tornando necessário o estudo do potencial de resposta desse elemento, nesse caso para espécie *B. plantaginea*. Lemaire (1997) afirma que após a disponibilidade hídrica, o nitrogênio é o fator mais limitante para produção de biomassa em um ecossistema natural. Contudo a demanda por esse nutriente às plantas não é suprida pelo solo e se faz necessário a adição de nitrogênio através de fertilizantes minerais. Por mais que seja o nutriente mais abundante na atmosfera, no caso de poaceas, esse elemento deve ser fornecido através de alguma fonte nitrogenada, diferente de espécies fabaceas que conseguem através de simbiose com bactérias extraírem do ar o nitrogênio (Hungria et al., 1994).

Resta então a adição de fertilizantes nitrogenados que apresenta custo elevado e é consumido em grande escala (Soares, 1999; Lemaire, 1997). E nesse ponto, o estudo do comportamento desse elemento no sistema solo-planta e suas respostas a determinadas espécies vegetais pode determinar a eficiência na produção, economica e produtivamente.

O nitrogênio participa no metabolismo das plantas como compostos de aminoácidos, proteínas, amins, amidas, aminoaçucars, purinas, pirimidinas, alcalóides, coenzimas, vitaminas e pigmentos (Malavolta, 1980), interferindo diretamente na fotossíntese (Corsi, 1986). O mesmo autor ainda relata que o nitrogênio é classificado como macronutriente e é absorvido em grandes

quantidades pelas plantas, principalmente por fluxo de massa junto com a solução do solo.

Como a produção de forragem de gramíneas forrageiras está em função da fertilidade do solo, respondendo consideravelmente com uso de adubações nitrogenadas, o estudo da dinâmica do nitrogênio também se faz necessário a fim de verificar a influência de diferentes doses na produção de forragem, na eficiência de uso pela planta e possível perda por lixiviação e volatilização. O conhecimento do comportamento do N no solo é de fundamental importância na tomada de decisão a respeito da adubação nitrogenada (nível, fonte, época, parcelamento, etc) (Soares, 1999) que por muitos é recomendada conforme o teor de matéria orgânica no solo ou exigência da espécie.

É um elemento de extrema importância na produção vegetal de gramíneas é também facilmente perdido no sistema. As perdas por volatilização do N da uréia aplicada ao solo dependem dos seguintes fatores: velocidade com que ocorre a hidrólise, temperatura, tempo, umidade, teor de matéria orgânica, dose de N aplicada, pH e CTC do solo (Mello, 1987). As perdas podem ocorrer por volatilização que está relacionada a forma de aplicação e fonte de N utilizada, e por lixiviação do nitrato após reações de nitrificação.

O nitrogênio constitui cerca de 78% dos gases na atmosfera, porém como foi discutido não está diretamente disponível à planta (Malavolta, 1980) e precisa ser fornecido. Além disso, a acumulação desse elemento no solo para atender as necessidades das gramíneas é muito baixa uma vez que nas formas minerais que contém o nitrogênio são muito solúveis em água e esse elemento torna-se muito suscetível às perdas (Mello et al., 1989) seja por lixiviação ou mesmo devido a volatilização. No solo, o nitrogênio encontra-se, na sua grande parte, em combinações orgânicas e na forma mineral (inorgânica), em menores quantidades, em que pode ser citado nitrato e amônio (Malavolta, 1980) que estão prontamente disponíveis às plantas (Sá, 1999). A matéria orgânica é o principal reservatório de nitrogênio no solo, porém não está prontamente disponível às plantas (Urquiaga & Zapata, 2000), mesmo que represente a maior porção de N no solo. A manutenção de matéria orgânica no solo contribui para uma constante permanência do N no solo, o qual está imobilizado temporariamente pelos microorganismos decompositores no material vegetal morto e se tornará disponível às plantas posteriormente (Korndörfer et al., 1997).

Essa relação com a matéria orgânica leva à recomendações para adubação nitrogenada baseando-se no teor de matéria orgânica no solo procurando estimar a disponibilidade de nitrogênio às plantas (Mello et al., 1989). Contudo essa recomendação pode ser imprecisa, pois a disponibilidade de N, nesse caso, não é estável e depende muito da relação carbono:nitrogênio (C/N) da matéria orgânica. Uma relação C/N alta demandaria muito nitrogênio do solo e a disponibilização de N às plantas é mais lenta, pois o elemento passa pelo processo de imobilização. Com isso, novas formas de recomendações de adubação nitrogenadas são sugeridas, dessas incluem-se análises da parte aérea da planta, assunto em que se baseia o presente trabalho (Lemaire, 1997; Théliier-Huché et al., 1999).

A uréia é uma das principais fontes de fertilizantes nitrogenados usados na agricultura (Van Raij, 1991) devido a maior concentração e geralmente menores preço por quilograma do nutriente (Corsi, 1984).

A uréia é produzida pela reação de amônia e gás carbônico, em altas temperaturas e pressão, com um catalisador, tem composição de aproximadamente 45% de N, solubilidade de 119 g.100⁻¹ ml de água (Malavolta, 1981).

Assim que é aplicada a uréia é hidrolisada pela ação da uréase e sofre amonificação, o que eleva o pH do solo próximo aos locais da reação e podendo ocorrer perdas de nitrogênio por volatilização da amônia. Após, o nitrogênio, se transforma na forma amoniacal (Mello, 1987). O cátion amônio fica retido temporariamente e na superfície do complexo coloidal, passando depois para a solução do solo, onde poderá ser absorvido pela planta ou sofrer nitrificação (Malavolta, 1981; Van Raij, 1991). A transformação do amônio em nitrito é feita por bactérias dos gêneros Nitrosomonas e Nitrosococcus, e depois em nitrato pelas bactérias do gênero Nitrobacter (Mello, 1987). Esse processo ocorre em velocidade relativamente rápida no solo, dentro de cinco semanas cerca de 60 a 70% do nitrogênio aplicado sofre nitrificação (Malavolta, 1981).

Portanto, o nitrogênio além de ter elevado custo precisa ser eficientemente aproveitado na absorção pelas plantas, devido à facilidade de perdas do elemento. É importante o estudo da melhor dose com diagnósticos precisos, visando atender as necessidades reais da planta no momento em que está sendo cultivada.

2.5 ÍNDICE NUTRICIONAL NITROGENADO (INN)

Dentre as formas de recomendação de adubações nitrogenadas está a que considera o teor de matéria orgânica do solo, a qual é obtida através da análise do solo, podendo seguir o Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (2004). A análise de solo apresenta algumas limitações quanto a real disponibilidade de nutrientes às plantas no momento exato a análise, pois depende da condição que os elementos estão disponíveis às plantas na solução do solo (Thélier-Huché et al., 1999), por exemplo, algum nutriente pode estar presente na solução do solo mas não está disponível à planta. Para tanto análises de uma amostra da biomassa aérea reflete, segundo Thélier-Huché et al. (1999), a absorção insuficiente ou excessiva de P e K, possibilitando diagnosticar o *status* da nutrição da pastagem sendo possível definir, quando em cultivo, necessidade de fertilização, por exemplo, de elementos essenciais como N, P e K.

Tal recomendação, através de análises de solo, podem ser sub ou superestimada conforme a relação C/N da matéria orgânica e pode ser feita anterior a implantação da cultura ou mesmo a qualquer momento durante o cultivo da pastagem, contudo sujeito a erros de amostragem e tendendo a ser menos representativa que observações e análises foliares. Não se trata de descartar as análises de solo, pois se obtém com essas os teores de macro e micronutrientes do solo e necessidade de calagem bem como as bases da condição química do solo. Contudo, novas técnicas devem ser buscadas a fim da verificação das necessidades de N pela planta, dentre essas, alguns autores sugerem a verificação do estado nutricional da planta através de análises foliares e modelos matemáticos que propõem níveis limitantes de nutrientes para a planta, especialmente para nitrogênio, fósforo e potássio (Lemaire et al., 1984; Thélier-Huché, et al., 1999, Lemaire, 1997).

Em condições de crescimento satisfatório (clima, nutrição e solo), a composição do tecido vegetal apresenta certo equilíbrio entre os elementos N, P e K (Thélier-Huché et al., 1999). Este equilíbrio e seu progresso durante a rebrota caracterizam o comportamento produtivo durante o crescimento da planta (Salette & Huché, 1991). Com isso pode-se diagnosticar se está ocorrendo absorção excessiva ou insuficiente de determinado nutriente, caso esteja em desequilíbrio.

A cada ciclo de rebrota da pastagem o teor de nitrogênio da forragem diminui a medida que a quantidade de biomassa produzida aumenta (Thélier-Huché

et al., 1999). Este fenômeno dito “diluição” (Lemaire, 1997) é variável conforme sua dinâmica em relação ao fornecimento de nitrogênio do solo e da velocidade de crescimento da planta conforme o clima. Contudo em condições de nitrogênio não limitante e não excessivo, o teor crítico de N, ou seja, o conteúdo mínimo de N necessário o crescimento satisfatório pela planta pode ser determinado pela equação:

Este modelo da curva de diluição foi desenvolvido e validado por ampla gama de espécies de gramíneas e leguminosas (Duru, 1992; Duru & Théliér-Huché, 1997). Não podendo ser aplicada a pastagens contendo 25% de trevo branco (Théliér-Huché et al., 1999). A relação entre o teor de nitrogênio medido e o teor crítico permite definir um índice de nutrição nitrogenada (INN) da pastagem no momento do diagnóstico através da equação: $INN = 100N\% / (4,8 MS^{-0,32})$ sugerida por Lemaire et al. (1989). Este índice de nutrição nitrogenada exige a mensuração da quantidade de biomassa presente acima de $1,5 \text{ t.ha}^{-1}$ e deve ser a parte aérea acima de 5 cm do solo. O INN varia durante o ciclo de crescimento da planta em função da disponibilidade de nitrogênio no solo (Théliér-Huché et al., 1999).

O nitrogênio em suas formas comporta-se de maneira móvel no solo e é considerado um nutriente não conservativo em muitas circunstâncias (Jarvis, 1999). Torna-se, então, difícil de ser determinado com exatidão. Para isso alguns autores sugerem diagnósticos. O teor de N na planta tende a diminuir com os ciclos de rebrota e conseqüente aumento da biomassa, valor que é variável conforme a disponibilidade de nitrogênio e condições edafoclimáticas. Esse fenômeno de diluição é interpretado como o resultado do envelhecimento da planta. Lemaire et al (1984) demonstraram que para gramíneas crescendo em situações não limitantes de suprimento de N, a concentração de N na forragem pode ser relacionada ao acúmulo de massa seca (MS) pela simples equação:

$$N\% = a(MS)^{-b}$$

sendo o coeficiente “a” a percentagem de N contida na parte aérea das plantas em uma massa conhecida; MS é a quantidade de massa seca acumulada da parte aérea da planta em uma pastagem e expressa em t.ha^{-1} . O coeficiente “b” caracteriza o comportamento da diluição da percentagem de N durante o rebrote.

Esses conceitos e métodos foram estudados e sugeridos por Lemaire & Salette (1984) quando estudaram a absorção de nitrogênio por plantas de festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.) em diferentes anos, na primavera quando a planta estava rebrotando e depois de uma adubação nitrogenada não limitante, feita no inverno. Os autores observaram diferenças na absorção de N pela planta durante vários períodos do ano, contudo a porcentagem de N na planta diminuía a medida que aumentava a quantidade de biomassa produzida e esse comportamento era similar em todos os anos experimentais. Com isso concluiu-se que a diferença entre a absorção de N ao longo dos anos poderia ser devido a diferença na dinâmica de crescimento da parte aérea da pastagem determinado pelas condições climáticas.

Lemaire & Salette (1984) propuseram valor estável para os coeficientes “a” e “b” e que poderiam ser usados em diferentes condições edafológicas, períodos e cultivares que recebiam quantidade de N satisfatórios ao desenvolvimento da planta, sendo que esse não fosse limitante. O coeficiente “a” difere-se entre espécies de vegetais C3 e C4, sendo o valor do coeficiente respectivamente 4,8 e 3,6, respectivamente. Diferenças que refletem nos caminhos para assimilação de gás carbônico, as quais estão associadas a diferenças na anatomia das folhas das espécies vegetais (Brown, 1985, Lemaire, 1997). As equações são:

$$C3 - N\% = 4,8(MS)^{-0,32}$$

$$C4 - N\% = 3,4(MS)^{-0,37}$$

Quando o valor encontrado na análise bromatológica de uma planta ou porção da pastagem estiver acima do valor calculado pela equação proposta por Lemaire et al. (1984) está acontecendo um consumo de “luxo” de N pela planta e essa está sendo bem nutrida quanto a esse elemento e armazenando reservas. Do contrário, se a porcentagem de N da planta estiver abaixo do calculado e exposto na curva de diluição, por algum motivo, está sendo limitante o N à planta.

À medida que ocorre o acúmulo de forragem o teor de N diminui, fenômeno dito como diluição de N (Thélier-Huché, et al., 1999). Ou seja, uma mesma pastagem quando em estágio inicial, mas pouco produtiva pode conter mesma quantidade de N que quando estiver no estágio mais avançado de crescimento, mas com maior produção de biomassa. Segundo Lemaire (1984) o N

está mais concentrado no estágio inicial e mais diluído no estágio avançado de produção ou a medida que acumula biomassa.

Esse fenômeno, dito como diluição, relaciona-se com o teor de nitrogênio no solo e condições de clima (Thélier-Huché et al., 1999). Isso acontece, segundo Lemaire (1997), devido ao envelhecimento da planta, ou seja, em estágios iniciais de crescimento a biomassa total da planta é composta basicamente de compostos metabólicos e a medida que ocorre o crescimento da planta e o acúmulo de biomassa, esses componentes vão sendo utilizados para formação dos componentes das plantas como, parede celular que são estruturas lignificadas. Portanto, a quantidade de metabólitos que eram livres na planta, o que conferia os teores altos de N, exerce alguma função, como estrutural, dentro da planta e diminui a porcentagem de N. Ainda segundo Lemaire (1997), a atividade metabólica da planta é determinada através da proporção da biomassa da planta, que está associada com a interceptação da luz e sua posterior conversão, e que a demanda de N para o máximo crescimento da planta corresponde à necessidade mínima de N pra alcançar máxima expansão de área foliar. A competição por luz por plantas em pastagens muito densas proporciona mudança na morfologia da planta, diminuindo a área foliar, a qual é paralela ao declínio da porcentagem de N. Para muitas culturas o índice de área foliar tende ao incremento igual em relação à massa da cultura (Lemaire, 1997).

No caso de sistemas contínuos em que ocorre remoção constante de partes aéreas das plantas recomenda-se o uso de gaiolas de exclusão para curtos períodos que permitam acúmulo de cobertura vegetal suficiente na ausência da desfoliação, considera-se então que o INN medido nas gaiolas seria representativo do estado nitrogenado nutricional da área pastejada durante o mesmo período. Uma vez que em pastejo contínuo o acúmulo de biomassa é resultante de um processo dinâmico entre o crescimento, senescência e o consumo da parte aérea da planta (Assmann, 2002), já com uso de gaiolas têm-se um período sem desfoliação e conseqüente acúmulo de biomassa.

2.6 RELAÇÃO ENTRE O TEOR DE NITROGÊNIO E O TEOR DE FÓSFORO E POTÁSSIO NA PLANTA

Este fenômeno observado para nitrogênio pode estender-se para fósforo e potássio, mas os teores de P e K dependem da disponibilidade de N na pastagem (Thélier-Huché, et al., 1999). Ou seja, em condições satisfatórias de nutrição mineral, quanto maior a disponibilidade de N à planta mais a planta tende a absorver P e K, se esses estiverem disponíveis no solo, fato comprovado em trabalho realizado por Salette (1982). A absorção de elementos minerais pelos vegetais ajusta-se a velocidade de desenvolvimento de novos tecidos vegetais, de forma dinâmica a absorção e metabolismo do nitrogênio e carbono (Salette et al., 1973; Salette & Huché, 1991).

As equações para determinar os teores de P e K não limitantes para o crescimento da planta, conforme a quantidade de nitrogênio disponível, são (Salette & Thélier-Huché, 1991):

$$P\% = 0,15 + 0,065 N\%$$

$$K\% = 1,6 + 0,525 N\%$$

Nesse caso calculam-se as quantidades (%) de fósforo e potássio necessárias para que ocorra satisfatório equilíbrio entre nutrientes, ou seja, se teores de P e K encontrados na biomassa de qualquer pastagem (exceto para pastagem que tem em sua composição mais que 25% de trevo branco) estiverem abaixo do calculado acima, o P e K no solo está sendo limitante e a planta não está sendo suprida suficientemente quanto a esses elementos. Isso vai depender do teor de N encontrado na biomassa dessas plantas, que é variável conforme a disponibilidade do mesmo às plantas como demonstram trabalhos realizados com papuã (Lançanova et al., 1988a, Martins et al, 2000, Ainta, 1995).

Seguindo a necessidade estimada pela equação sugerida por Salette & Huché (1991), a fim de determinar os teores de P e K da biomassa limitantes para o crescimento da pastagem, Duru & Thélier-Huché (1997) sugerem o cálculo de índices de P e K que referem-se a condição nutricional da pastagem. Para tal aplicam-se as seguintes equações para índice de P e de K (iP e iK), respectivamente:

$$iP = \frac{100P\%}{(0,15 + 0,065N\%)}$$

$$iK = \frac{100K\%}{(1,6 + 0,525N\%)}$$

Considerando a disponibilidade de N, P e K, para os elementos P e K, quando os índices encontrados de iP e iK forem acima de 120, considera-se como excedente e a planta não está sendo eficiente tecnicamente na utilização de P e K, ocorrendo sobra desse nutrientes no solo. Quando os valores se encontrarem entre 80 e 120 consideram-se como satisfatório o índice nutricional da planta quanto a esses elementos. E, para índices entre 60 e 80 conclui-se como insuficiente e os problemas de produção serão devido principalmente a condições climáticas e que ocorreu problema na absorção de P e K estando atrelado a possível consumo de luxo de N e falta de P e K no solo. Já para índices abaixo de 60 pode-se considerar muito insuficiente e os um argumento que pode ser usado para baixas produções é a insuficiência de P e K absorvido pela planta (Thélier-Huché, et al., 1999) e que essa insuficiência é devida a limitação de N.

Considera-se que planta bem nutrida com nitrogênio tende a absorver com maior eficiência outros elementos como P e K (Thélier-Huché et al., 1999) desde que esses elementos estejam disponíveis em quantidades satisfatórias. A composição do tecido vegetal de uma planta apresenta certo equilíbrio entre os elementos N, P e K (Thélier-Huché et al., 1999), este equilíbrio e sua manutenção caracteriza o comportamento de crescimento da planta (Salette & Thélier-Huché, 1991). Em condições normais de nutrição mineral no solo a absorção de minerais pela planta ajusta-se com a velocidade de crescimento dos novos tecidos do vegetal de forma dinâmica a absorção para uma determinada oferta de P e K no solo, elementos que estão em função da quantidade de nitrogênio disponível à planta (Thélier-Huché et al., 1999).

2.7 COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO NO SOLO

O nitrogênio no solo normalmente está presente, em sua fase sólida, na forma orgânica e inorgânica, sendo que pode estar ou não prontamente disponível à planta (Urquiaga & Zapata, 2000). Quando na forma orgânica o principal reservatório de N nos solos é a matéria orgânica advinda de restos de vegetais que, embora seja a maior porção no N no solo, o elemento não está prontamente disponível às plantas por estar participando do processo de decomposição da matéria orgânica e está imobilizado pelos microorganismos nesse processo. Segundo Sá (1999) a quantidade de nitrogênio total no solo, forma orgânica e inorgânica, varia de 0,05 a 0,5% e que dessa quantidade apenas 5% o N está na forma inorgânica, que é prontamente disponível às plantas. Essa quantidade de N no solo e suas formas dependem basicamente do cultivo que é feito, em condições de grande quantidade de MO, por exemplo, a condição nitrogenada do solo pode ser elevada, contudo pode não estar disponível se essa MO apresentar alta relação carbono:nitrogênio (C/N), o que destina maior quantidade de N a ser imobilizado e mineralização (Santi et al., 2003) para decomposição dessa matéria vegetal e não estar disponível às plantas.

Outros autores (Camargo et al. 1997; Tisdale et al. 1993) afirmam que 98% do N presente no solo está na forma orgânica e que pode ser mineralizada por meio de hidrólise enzimática produzida pela atividade microbiota do solo. Nesta mineralização liberam-se íons inorgânicos de N dos constituintes nitrogenados para a solução do solo (principalmente NO_3^- e NH_4^+), esses que podem advir de adubos nitrogenados como uréia e sulfato de amônio e completaram os outros 2% do total do N no solo, podendo chegar até cerca de 5% de N na forma inorgânica.

Entre essas duas formas inorgânicas citadas e que são estudadas nesse trabalho, o nitrato (NO_3^-) é predominante em solos sem restrição de oxigênio, já em outras condições tem-se maiores possibilidades de formação de amônio (NH_4^+) (Sangoi et al., 2003; Bissani et al., 2004). O NO_3^- no solo resulta então basicamente da adição de algum fertilizante nitrogenado ou da mineralização da matéria orgânica e quando está na solução do solo pode ser absorvido pelas plantas ou imobilizado pela microbiota do solo e facilmente pode sofrer lixiviação, uma vez que possui cargas negativas e não é adsorvido nos colóides do solo justamente por esses também possuir mesmas cargas (Ceretta & Fries, 1997).

Quanto às perdas por lixiviação do nitrogênio, geralmente na forma de nitrato, os principais fatores envolvidos são textura do solo e quantidade de matéria orgânica presente no solo. Como ocorreu no trabalho realizado por Bergström & Johansson (1991), onde as maiores perdas ocorreram em solos arenosos que continham pequena quantidade de matéria orgânica, do contrário, observaram-se menores perdas em solos argilosos e ricos em matéria orgânica.

Para ser absorvido pelas plantas, além de presente no solo, o NO_3^- precisa ser reduzido antes de ser incorporado para a síntese de proteínas, diferente do NH_4^+ que é a fonte de preferência pelas plantas devido a um menor gasto de energia, pois não necessita ser reduzido para ser absorvido.

A utilização do nitrogênio via fertilizante tornou-se lucrativo ao ponto de vista produtivo, pois como já mencionado, esse elemento é determinante na produção de forragem (Carambula, 1977; Malavolta, 1980), especialmente para gramíneas, diferentemente de leguminosas que, em simbiose com bactérias, conseguem se auto-suprir quanto a necessidade de N. Muitos estudos são feitos a respeito do cultivo consorciado entre gramíneas e leguminosas (Assmann, 2001).

A aplicação de fertilizantes nitrogenadas é então importante para que se possam alcançar altos índices produtivos, mas acarreta prejuízos ambientais, e mesmo econômicos, quando adicionado em doses excessivas ou sem as devidas recomendações devido à alta mobilidade do nitrato no solo que pode sofrer lixiviação e contaminar o lençol freático (Ceretta & Fries, 1997). Com altos índices de precipitação a lixiviação do nitrato é favorecida (Magdoff, 1991). Avaliando-se a quantidade de nitrato presente no solo pode-se diagnosticar como está distribuído o nitrogênio no solo em profundidade e indicar a necessidade de melhoria do manejo da pastagem, sendo o valor crítico de NO_3^- no solo está de 20 a 30 mg.kg^{-1} (Bobato, 2006).

Em trabalho realizado por Bobato et al. (2003) observou-se maiores concentrações de nitrato nas camadas superficiais e valores constantes de amônio, sendo que foram observadas influências das doses aplicadas de 0 a 240 kg de N.ha^{-1} na forma de uréia. O fato foi atribuído a fatores químicos do solo como o pH ser maior nas camadas superficiais o que proporcionou a nitrificação, precipitação pluviométrica homogênea durante o período experimental não excedendo a capacidade de campo e a lixiviação foi limitada e, também à alta produtividade da cultura que absorveu significativamente o nitrato.

Em sistemas onde a uréia é aplicada superficialmente o risco de perdas gasosas por volatilização da uréia é alto (Bremmer, 1985), pois a rápida atividade da urease da palhada em relação ao solo deve facilitar a rápida hidrólise do N-amídico, favorecendo a volatilização (Eckert et al., 1986). No caso de pastagens, as perdas por volatilização parecem ser menores, Jarvis et al. (1989) observou volatilização de 6% do nitrogênio aplicado quando em estudos com gramíneas pastejadas recebendo 420 kg de N.ha⁻¹ durante o ano.

O problema ligado a perdas de nitrogênio é preocupação mundial e as causas são basicamente advindas do excesso de uso de adubos nitrogenados e/ou o precário manejo quanto a esses fertilizantes. Também outras fontes de contaminações podem ser consideradas como o mau uso de adubos orgânicos como dejetos de suínos. Felizmente tem-se adotado equipamentos e práticas que venham a resolver esses problemas, como é o caso de biodigestores usados para evitar contato direto do dejetos com o meio ambiente e assim diminuir contaminações. No Brasil discute-se muito a baixa quantidade de adubos nitrogenados usados especialmente em pastagens. Do ponto de vista ambiental não deixa de ser um problema, pois sem o devido manejo das pastagens, incluindo adubação e manejo de solo, as áreas entram em processo de degradação em consequência da baixa cobertura de vegetal e matéria orgânica no solo, advinda de altas taxas de lotação animal e pouca fertilização. Em pastagens grande parte do nitrogênio lixiviado via nitrato se deve ao excesso da quantidade de N que entrou no sistema e não foi aproveitado pela planta (Primavesi et al, 2006).

Mello et al. (1989) aponta a possibilidade de lixiviação do nitrato e contaminação do lençol freático especialmente em regiões de clima úmido com período de precipitação intensa, também deve-se levar em consideração questões ligadas a textura do solo e condição de matéria orgânica do solo, como solos arenosos que tem tendência de possuírem baixa capacidade de troca catiônica. Primavesi et al. (2006) discute pontos importantes ligados às perdas de nitrato ou mesmo de N-mineral como a própria perda de nitrogênio presente no solo disponível à planta, perdas via volatilização que trás problemas também em contribuir para o efeito estufa e a própria contaminação de águas subterrâneas ou mesmo rios.

A pesquisa já vem trabalhando a algum tempo com fertilizantes nitrogenados a fim de encontrar a melhor dose de determinado fertilizante para alguma espécie forrageira, pouco seria benéfico do ponto de vista ambiental

encontrar recomendações que fossem ideais às altas produtividades se as perdas de nitrogênio são elevadas. E isso não se trata apenas de questões ambientais, mas de econômicas, pois esses tipos de fertilizantes passaram a ter maiores custos para o produtor.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL E ÉPOCA

O experimento foi desenvolvido em área do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) na estação experimental de Pato Branco, PR, na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto paranaense, coordenadas 26°07' S, 52°41' W, com altitude média de 700 m acima do nível do mar. A condução do experimento foi no período de novembro de 2007 a maio de 2008.

3.2 CLIMA E SOLO

O clima da região é Cfa, subtropical úmido, segundo classificação de Köppen (Maak, 1968). A precipitação pluviométrica apresenta variação, na média dos últimos 10 anos, de 1.578 a 3.101 mm por ano, com temperatura máxima de 25°C e mínima de 14,2°C. Os dados meteorológicos referentes ao período experimental estão especificados na Figura 1.

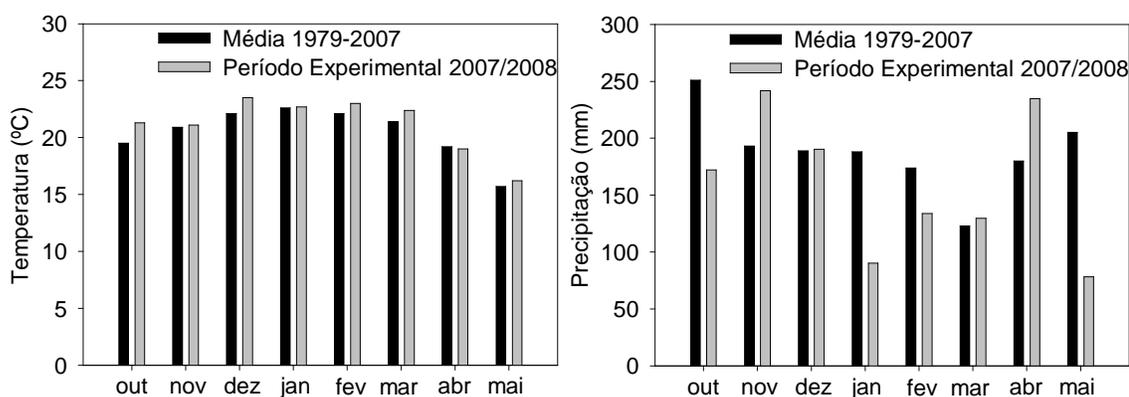


Figura 1 – Dados meteorológicos históricos (1979-2007) e observados durante o período experimental (2007/2008). Fonte: Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2008).

O solo é classificado Latossolo Vermelho distroférico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) apresentando

relevo ondulado de textura argilosa. Foi realizada coleta de solo na profundidade de 0 a 20 cm antes da realização do experimento para caracterização química da área (Tabela 1 e 2).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo (análise de rotina) na profundidade de 0 a 20 cm antes da instalação do experimento (12/11/2007). UTFPR, *Campus* de Pato Branco.

Profundidade	pH	MO	Al ⁺³	H+Al	Ca	Mg	K	P	V
	CaCl ₂	mg.dm ⁻³cmol _c .dm ⁻³					mg.dm ⁻³	%
	5,70	57,63	0,00	3,84	8,70	4,20	0,75	10,07	78,04

MO = Matéria orgânica V = Saturação de bases

Tabela 2 – Atributos químicos do solo, micronutrientes, nitrato, amônio e CTC, na profundidade de 0 a 20 cm antes da instalação do experimento (12/11/2007). UTFPR, *Campus* de Pato Branco.

Profundidade	Cu	Fe	Zn	Mn	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	CTC
mg.dm ⁻³						cmol _c .dm ⁻³
	5,47	49,37	7,36	137,19	26,69	6,75	17,49

CTC = Capacidade de troca de Cátions NO₃⁻ = Nitrato NH₄⁺ = Amônio

3.3 ÁREA EXPERIMENTAL

A área experimental utilizada correspondia a 1,3 hectares, com 12 subdivisões e outra área próxima ao experimento foi destinada à permanência dos animais reguladores, cujo croqui com dimensões e tamanho da área está na Figura 2. Essa área vinha sendo utilizada com plantio direto por 10 anos com cultivo alternado de milho e soja no verão e no inverno feito rotação de cultura com cereais (aveia, trigo). Até 2003 essa área vinha sendo utilizada para experimentos com suínos em Sistema de Criação ao Ar Livre (SISCAL). Toda área apresentava características semelhantes de utilização.

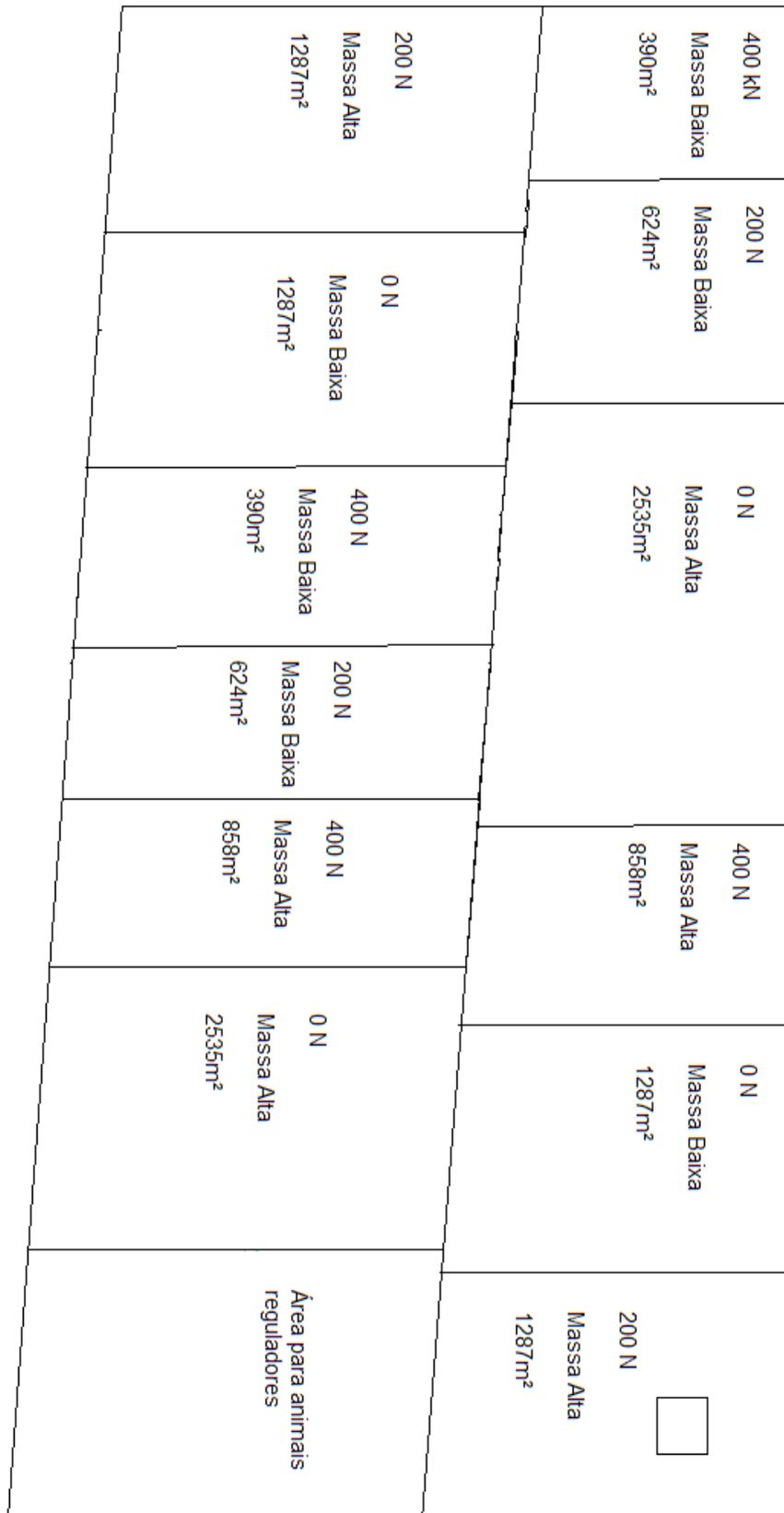


Figura 2 – Croqui da área experimental, Pato Branco, PR, 2007/2008.

3.4 ESTABELECIMENTO DA PASTAGEM

A área experimental possuía elevado banco de sementes no solo da espécie forrageira *Brachiaria plantaginea*, em decorrência ao diferimento feito no ano anterior a implantação desse trabalho em que foi priorizado a produção de sementes de *B. plantaginea*.

Para o estabelecimento da pastagem, nesse experimento, realizou-se uma roçada a fim de diminuir a cobertura vegetal sobre o solo e proporcionar a melhor germinação de sementes de *B. plantaginea*.

Para adubação, de acordo com a análise de solo e recomendações dadas pela Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (2004) para gramíneas de estação quente, foram aplicados 60 kg.ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de superfosfato triplo, aplicado a lanço e não incorporado. A adubação nitrogenada foi aplicada conforme tratamentos preconizados.

3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com duas repetições. Os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocados os períodos e nas sub-parcelas a combinação das três doses de N (0, 200 e $400 \text{ kg de N.ha}^{-1}$) e duas intensidades de pastejo (Massa Alta e Massa Baixa), perfazendo seis tratamentos em esquema fatorial.

Os níveis de nitrogênio em cobertura foram aplicados na forma de uréia na concentração de 45% de N, fracionadas em quatro aplicações correspondentes as doses testadas, a lanço nas seguintes datas: 12/12/07, 11/01/08, 29/01/08 e 20/02/08, observando as condições de clima e umidade favoráveis ao máximo aproveitamento do N no sistema. A primeira aplicação foi feita durante a fase de perfilhamento, 30 dias após emergência das plântulas de *B. plantaginea*, cada aplicação correspondia 25% da dose total de N de cada tratamento, sendo que a representação dos níveis de N ficou assim definida:

T0 = Sem adubação nitrogenada;

T200 = $200 \text{ kg de N.ha}^{-1}$;

T400 = $400 \text{ kg de N.ha}^{-1}$.

As intensidades de pastejo, preconizadas em Massa Alta (MA) e Massa Baixa (MB), foram mantidas por meio de pastejo com lotação contínua e taxa de lotação variável. O critério adotado para a entrada dos animais para o primeiro pastejo foi a existência de massa de forragem (MF) com valor aproximado de 3.000 kg de MS.ha⁻¹, mantendo essa massa de forragem para o tratamento massa alta e, por meio do aumento da taxa de lotação, alcançar a massa de forragem preconizada para massa baixa (1.500 kg de MS.ha⁻¹).

Foram utilizados caprinos machos inteiros meio sangue Bôer com seis meses de idade e peso médio de 21 Kg de PV no início de experimento, dezembro de 2007. Para atingir o valor da carga animal em cada intensidade estudada, foi usado um número variável de caprinos com uso de animais reguladores.

3.6 AVALIAÇÃO DA PASTAGEM

Foram avaliadas a produção de forragem total, produção de forragem acumulada, taxa de acúmulo da pastagem, teores de nitrogênio, fósforo e potássio das plantas, curva de diluição de N na planta conforme produção de forragem, eficiência e recuperação de nitrogênio (N), comportamento do N mineral, nitrato e amônio, no perfil do solo em pastagem de *Brachiaria plantaginea*, sob duas intensidades de pastejo e três doses de nitrogênio.

3.6.1 Produção total de matéria seca, produção acumulada de MS e taxa de acúmulo diária

A produção de MS de cada período foi obtida através da multiplicação da taxa de acúmulo diária e o número de dias de cada período. Através da somatória da produção de MS de cada período calculou-se a produção total de MS. A produção de forragem acumulada a cada período obteve por meio da soma do primeiro com o segundo período e assim sucessivamente até o último período, encontrando a produção de MS acumulada a cada período. Essa produção de forragem acumulada foi utilizada para cálculos e discussões dos índices nutricionais de N, P e K propostos por Lemaire (1997) e Duru & Théliier-Huché (1997).

A taxa de acúmulo de massa seca (MS) nas diferentes unidades experimentais da pastagem foi avaliada a cada período distinto, com o uso de duas gaiolas de exclusão por piquete, segundo a técnica das gaiolas com triplo emparelhamento (Moraes et al., 1990). As gaiolas apresentavam 1 m² de área de base, 90 cm de altura e, nas laterais e na parte superior, fechada com tela de arame malha 6 cm. As amostras de forragem foram coletadas em área de 0,25 m² com auxílio de um quadro de ferro e uma tesoura de esquilar no centro na gaiola de exclusão e na área escolhida como uniforme a nova alocação da gaiola. As gaiolas de exclusão foram distribuídas em dois pontos por piquete. Na escolha das áreas foram levadas em consideração as topografia, composição botânica e resíduo da massa seca da pastagem. Após cortadas, as amostras de forragem de cada gaiola e fora da gaiola foram secas e pesadas.

Através da equação sugerida por Campbell (1966) foi estimada a taxa de acúmulo diária de matéria seca:

$$T_j = \frac{G_i - F_g(i-1)}{n}, \text{ onde:}$$

TJ = Taxa de acúmulo de matéria seca diária (kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹), no período j;

Gi = Média da quantidade de MS.ha⁻¹ das duas gaiolas de exclusão ao pastejo na avaliação i;

Fg = Média da quantidade de MS.ha⁻¹ nos dois pontos na avaliação i-1;

n = número de dias do período j.

A taxa de acúmulo diária antes da entrada dos animais para pastejo foi obtida dividindo-se a massa de forragem inicial avaliada por ocasião da entrada dos animais, pelo número de dias compreendido entre a emergência e a entrada dos animais.

A determinação da massa de forragem foi realizada periodicamente a fim de manter as intensidades de pastejo determinadas conforme massa de forragem preconizada. Assim, quando se observava a necessidade de realocar animais para manter a massa de forragem preconizada em MA e MB era feita uma nova avaliação da massa de forragem. Bem como na entrada dos animais nos

piquetes fez-se a avaliação da massa de forragem a fim de determinar o momento exato para o início do pastejo assim como proposto.

A massa de forragem foi avaliada a cada 12 dias aproximadamente através do método da dupla amostragem (Wilm et al., 1949), através de avaliações estimadas e destrutivas da forragem presente naquele momento, adotando-se dez amostras (unidade amostral de 0,25 m²) estimadas visualmente por piquete, sendo que destas, cinco foram cortadas rente ao solo. As estimativas visuais da massa de forragem foram feitas por dois avaliadores treinados. As amostras cortadas eram embaladas em papel e, em laboratório, foram pesadas em balança de precisão de um grama. Com os valores das amostras estimadas visualmente e posteriormente cortadas foram feitas equações de regressões lineares para cada avaliador nos tratamentos. As médias das dez estimativas visuais por piquete da MF foram utilizadas nas equações de regressão do tratamento e, com isso, obteve-se a massa de forragem estimada do piquete para o avaliador em que o coeficiente de determinação fosse acima de 0,75 (Thomson, 1986).

Das amostras cortadas foi extraída uma pequena amostra de massa verde de forragem, a qual foi pesada e posteriormente seca em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até peso constante, para ajuste da MF com a real porcentagem de MS da forragem.

3.6.2 Preparo das amostras para análises bromatológicas

As amostras obtidas na avaliação para obtenção da taxa de acúmulo diária de dentro das gaiolas, após secas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm e determinado o teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na planta pelo método sugerido por Tedesco et al (1995) no laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* de Pato Branco. O teor de proteína bruta (PB) foi calculado multiplicando a porcentagem de nitrogênio da parte área da planta por 6,25 considerando que a proteína possui em média 16% de N.

3.6.3 Curva de diluição de nitrogênio, fósforo e potássio absorvido pela planta

Os teores de nitrogênio encontrados na parte aérea das plantas foram contrastados com a curva de diluição proposta por Lemaire (1997). O cálculo da curva de diluição foi feito através da seguinte equação, que é específica para espécies C4:

$$N\% = 3,4(MS)^{-0,37}$$

Onde:

N% = Porcentagem de nitrogênio (%) não limitante ao crescimento da planta. O coeficiente 3,4 é a porcentagem de N contida na parte aérea das plantas em uma massa conhecida; MS é a quantidade de massa seca produzida pela parte aérea da planta em uma pastagem e expressa em $t\cdot ha^{-1}$ sendo observado, para o cálculo, produções de MS acima de $1,5 t\cdot ha^{-1}$ e a forragem cortada a 5 cm do solo. MS refere-se a quantidade de MS acumulada que varia de $1,5 t\cdot ha^{-1}$ a máxima produção de MS da espécie forrageira. O coeficiente -0,37 caracteriza o comportamento exponencial negativo da diluição da porcentagem de N durante o rebrote.

Seguindo esse raciocínio determinou-se a relação entre a absorção de N pela planta e produção de biomassa pela cultura (Lemaire, 1997), seguindo a equação:

$$Nc = 34(MS)^{0,63}$$

Onde Nc é o nitrogênio crítico a quantidade de N absorvida em kg de $MS\cdot ha^{-1}$ de N, 34 corresponde a quantidade (kg) de N necessária para a produção de $1 t\cdot ha^{-1}$ de biomassa, MS = a matéria seca de forragem estimada de $1,5 t\cdot ha^{-1}$ ao máximo da produção de MS encontrada e 0,63 referente ao coeficiente entre a quantidade de N absorvida e a taxa de crescimento de biomassa da cultura.

Em ambas as equações pode-se usar a quantidade de MS produzida em cada tratamento ou período e obter-se a quantidade de N que deveria estar na parte aérea das plantas para crescimento satisfatório e não limitante quanto a esse elemento. Obtendo-se os teores de N na planta, em porcentagem, e quantidade de

N absorvida pela planta (multiplicação da produção de MS com a porcentagem de N na amostra de referidas plantas) contrasta-se com os teores calculados segundo os modelos matemáticos e verifica-se se a planta está sendo bem nutrida ou está sendo limitante quando a disponibilidade de N, ou seja, quando os valores encontrados na planta estiverem acima do calculado (Lemaire 1997), em ambos os casos, a planta está sendo bem nutrida e pode até estar tendo um consumo de luxo de N, contudo quando estiver abaixo da curva de diluição o N está sendo limitante para possibilitar o máximo desenvolvimento da planta caso outras condições de clima, solo e fertilidade sejam satisfatórios.

Seguindo os mesmos propósitos determinou-se os teores de P e K não limitantes ao desenvolvimento das plantas conforme a quantidade de N encontrada na parte aérea da planta, considerando que a absorção de P e K é relativa a disponibilidade de N à planta. Para tal foram usadas as equações sugeridas por Salette & Huché (1991):

$$P\% = 0,15 + 0,065 N\%$$

$$K\% = 1,6 + 0,525 N\%$$

Onde P% é a quantidade de fósforo que a ser encontrada da parte aérea da planta para que não esteja sendo limitante a disponibilidade do elemento à planta e N% a porcentagem de N encontrada na parte aérea das plantas.

Para facilitar o diagnóstico da falta ou não de N, P e K para a planta sugere-se cálculos de índices nutricionais e as equações para determinar os índices nutricionais de nitrogênio (Lemaire et al., 1989), fósforo e potássio (Duru & Théliér-Huché, 1997), respectivamente, INN, iP e iK, foram as seguintes:

$$INN = \frac{100 N\%}{(3,4MS^{-0,37})}$$

$$iP = \frac{100 P\%}{(0,15 + 0,065 N\%)}$$

$$iK = \frac{100 K \%}{(1,6 + 0,525 N \%)}$$

Onde INN, iP e iK são os índices a serem calculados e que são interpretados segundo a Tabela 3. N%, P% e K% as porcentagem dos referidos elementos encontrados após análise bromatológica da parte aérea das plantas. E, MS a quantidade de MS, acima de 1,5 t.ha⁻¹, acumulada até máxima produção da espécie.

Tabela 3 - Interpretação dos índices nutricionais de nitrogênio (INN) seguindo modelo proposto por Lemaire et al. (1989) e de fósforo (iP) e potássio (iK) conforme modelo proposto por Thélier-Huché et al. (1999).

<i>INN</i>	<i>iP e iK</i>	Interpretação
> 100	> 120	Excedente
-	100 – 120	Muito satisfatório
80 – 100	80 – 100	Satisfatório
60 – 80	60 – 80	Insuficiente
> 60	> 60	Muito insuficiente

3.6.4 Eficiência vegetal e recuperação no uso do nitrogênio

A eficiência de adubação nitrogenada na produção de MS (kg de MS.kg⁻¹ de N aplicado) foi calculada admitindo-se que a contribuição do N no solo foi uniforme nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada e nos que não receberam, subtraindo então, dos tratamentos que receberam adubação nitrogenada a produção da testemunha (0 de N). O resultado da subtração foi dividido pela quantidade de N aplicado em cobertura. Também foi calculada a eficiência de adubação nitrogenada sem descontar a produção obtida no tratamento sem nitrogênio considerando o N contido no solo.

O cálculo do N absorvido pela pastagem foi feito por meio da multiplicação da produção de MS pelo teor de nitrogênio analisado na forragem correspondente a cada período e tratamento. A quantidade acumulada e total de N absorvido pela parte aérea das plantas foi obtida pelos somatórios analisados em cada período.

A recuperação do nitrogênio foi calculada conforme a seguinte equação:

$$RN(\%) = \frac{(NCT - NST)}{DN} \times 100$$

Onde:

RN (%) = Recuperação do nitrogênio;

NCT = N total absorvido com aplicação de N ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$);

NST = N total absorvido sem aplicação nitrogenada ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$);

DN = Dose de N usado ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Nesse caso também foram calculadas a recuperação de N pela pastagens descontando a produção de N da testemunha e sem descontar, visando observar prováveis variações na absorção de N pelas plantas conforme tratamento imposto.

3.6.5 Comportamento do nitrogênio no perfil do solo

Para estimativa do comportamento do nitrogênio mineral no perfil do solo foi medida a concentração de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) em diferentes profundidades, sendo elas: 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20, 20 a 30 e 30 a 40 cm. Os três primeiros estratos foram coletados com uso de uma pá de corte e nas profundidades 20 a 30 e 30 a 40 cm utilizou-se um trado holandês. Em cada piquete coletou-se três amostras que somadas constituíram uma amostra composta da respectiva unidade experimental. Foram coletadas amostras 10 dias após cada aplicação de uréia. As datas das coletas foram: 17/12/07, 21/01/08, 08/02/08 e 04/03/08. As amostras foram secas a temperatura de 55°C por 72 horas e determinou-se os conteúdos de NO_3^- e NH_4^+ no solo usando o método descrito por Tedesco et al. (1995).

O nitrogênio mineral é resultante da soma do nitrogênio na forma amoniacal e na forma nítrica.

3.6.6 Análises estatísticas

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância. As variâncias foram avaliadas pelo teste F. Quando os resultados revelaram

significância a 5% ou 1% de probabilidade as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA ACUMULADA

Para estudo da curva de diluição proposta por Lemaire (1984) e índices nutricionais da pastagem faz-se necessária a avaliação da produção de matéria seca acumulada durante os períodos de avaliação desde a emergência total das plântulas de papuã. Constatou-se influência significativa da aplicação de N ($P=0,001$), da intensidade de pastejo ($P=0,0163$) e, com maior destaque às discussões desse trabalho, dos períodos experimentais ($P=0,001$) sobre a produção de MS acumulada, contudo sem serem encontradas interações significativas entre os fatores períodos, dose de N e intensidade de pastejo, o que indica mesmo comportamento de produção de forragem, considerando doses de nitrogênio e intensidades de pastejo, em todos os períodos. Apresentando então, baixa sazonalidade na produção de forragem de papuã no decorrer do experimento, o que vem a diminuir problemas no manejo da pastagem como a necessidade de entrada e saída de animais do pasto para manutenção de determinada massa de forragem não limitante ao crescimento da planta, diminuindo a necessidade do manejo conhecido como “put and take”, técnica sugerida por Mott & Lucas (1952).

Seguindo os conceitos de Lemaire (1997) calculou-se a produção de forragem acumulada durante os períodos de avaliação (Figura 3). Esses dados foram obtidos pela soma da produção de forragem do primeiro com o segundo período e assim sucessivamente até o último período. Observou-se diferença significativa para produção de forragem acumulada entre todos os períodos experimentais e as produções foram de 2.816, 5.568, 8.584, 11.260, 14.401 e 17.104 kg de MS.ha⁻¹, respectivamente para a produção de forragem acumulada do primeiro ao sexto período.

O pastejo iniciou no dia 13 de dezembro de 2007 e findou-se em 01 de maio de 2008, totalizando 107 dias de utilização da pastagem de papuã. O primeiro período considerado foi da emergência de plântulas de papuã a entrada dos animais

para o pastejo, compreendido entre 12/11/2007 a 13/12/2007 e os subsequentes encerrados em 03/01/2008, 21/01/2008, 12/02/2008, 11/03/2008 e 01/04/2008. Essa produção de forragem acumulada é utilizada para que em função dos teores de N na planta, os valores sejam contrastados com os valores propostos por Lemaire (1997) caracterizando dessa forma a curva de diluição do nitrogênio.

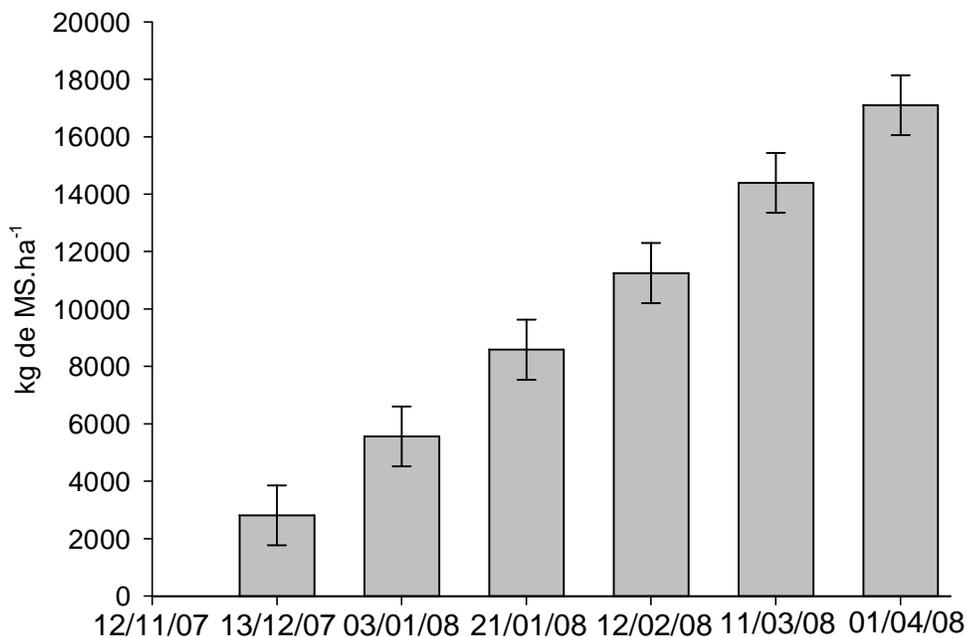


Figura 3 – Produção de matéria seca acumulada (kg de MS.ha⁻¹) de *Brachiaria plantaginea* em função dos períodos experimentais. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2008.

Em condições normais de precipitação e clima o fator fertilidade do solo é limitante a produção de forragem de gramíneas e entre os nutrientes o nitrogênio é o mais importante no aumento da produção e melhoria da qualidade da forragem (Martins et al., 2000). Em papuã alguns trabalhos mostram tal efeito do nitrogênio (Martins et al., 2000; Lançanova et al., 1988; Aita, 1995), bem como, é conhecido uma grande quantidade de trabalhos que encontram respostas de nitrogênio na produção de gramíneas (Lupatini, 1996, Coser & Maraschin, 1983).

4.2 PRODUÇÃO TOTAL DE MATÉRIA SECA (MS)

Com a produção de MS acumulada no sexto período obteve-se, conseqüentemente, a produção total de MS, a qual foi influenciada significativamente ($P=0,0098$) pela dose de nitrogênio. Nesse caso a produção total de MS foi 13.659, 19.834 e 17.820 kg de MS.ha⁻¹ para 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹, respectivamente (Figura 4). A produção total de MS foi significativamente ($P<0,05$) superior nas doses de nitrogênio aplicadas, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹, quando comparadas à produção sem adubação nitrogenada (Figura 4) e, embora não se tenha observado diferença significativa entre elas, a produção de forragem foi menor na dose mais alta em 10% e nesse caso a planta não apresentou resposta na produtividade quando submetida a dose de 400 kg de N.ha⁻¹ mostrando melhores resultados com 200 kg de N.ha⁻¹.

Sem a adição de fertilizante nitrogenado a produção total de MS pode ser considerada elevada com 13.659 kg de MS.ha⁻¹. Lançanova et al. (1988b) obteve com papuã produção de 10.800 kg de MS.ha⁻¹ de papuã obtida em regime de corte com 100 kg de N.ha⁻¹, sem nitrogênio produziu-se apenas 3.100 kg de MS.ha⁻¹. As condições de fertilidade do solo do presente experimento eram satisfatórias com saturação de bases de 78%, altos índices de matéria orgânica com 5,7% e sem a presença de alumínio tóxico (Tabelas 1 e 2).

Outro fato são as condições climáticas constatadas na região sudoeste do Paraná, com temperatura, precipitação e fotoperíodo satisfatórios para o desenvolvimento de espécies C4 como papuã, no trabalho realizado por Lançanova et al. (1988b) as condições de clima, umidade e temperatura, também foram satisfatória a região de cultivo, porém a condição de fotoperíodo e período da estação quente de Santa Maria (RS) são diferenciados das do sudoeste do Paraná.

Além disso, o período experimental do presente trabalho foi de 138 dias desde a total emergência das plantas enquanto que no outro trabalho o período experimental foi de 84 dias desde o início do experimento, nesse ponto temos o manejo com pastejo nas intensidades propostas podem ter influenciado no maior período experimental se comparado ao trabalho realizado por Lançanova et al. (1988b) realizado em regime de corte, considerando nesse caso que parte do nitrogênio, quando em pastejo, é reciclado. Contudo Martins et al. (2000) em pastejo contínuo, obtiveram 4.657 e 8.753 kg de MS.ha⁻¹ para 0 e 200 kg de N.ha⁻¹,

respectivamente, com período de utilização de 73 dias enquanto que nesse trabalho a produção foi praticamente dobrada com 107 dias de utilização indicando que as condições de solo e clima foram os principais fatores que influenciaram nessa diferença de produtividade.

Portanto, a importância da manutenção da matéria orgânica, conservação e adubação dos solos se mostram eficiente nesse trabalho uma vez que a área vinha sendo utilizada em sistema de integração lavoura-pecuária com plantio direto e até o ano de 2003 havia trabalhos experimentais com produção de suínos em sistema SISCAL, o que proporcionou produção satisfatória de MS.

Ainda assim, não seria lógico eliminar a aplicação de fertilizantes nessa área, pois a quantidade de nutrientes exportadas em 13,7 toneladas de MS de forragem e/ou da biomassa aérea obtida nos tratamentos com nitrogênio, mesmo que parte seja reciclado via dejetos animais, é considerável. Concordando com Martins et al. (2000) que afirma a fertilidade ser um fator determinante na produção e qualidade de forragem de poaceas, mesmas considerações são feitas por Carambola (1977) e Malavolta, (1980).

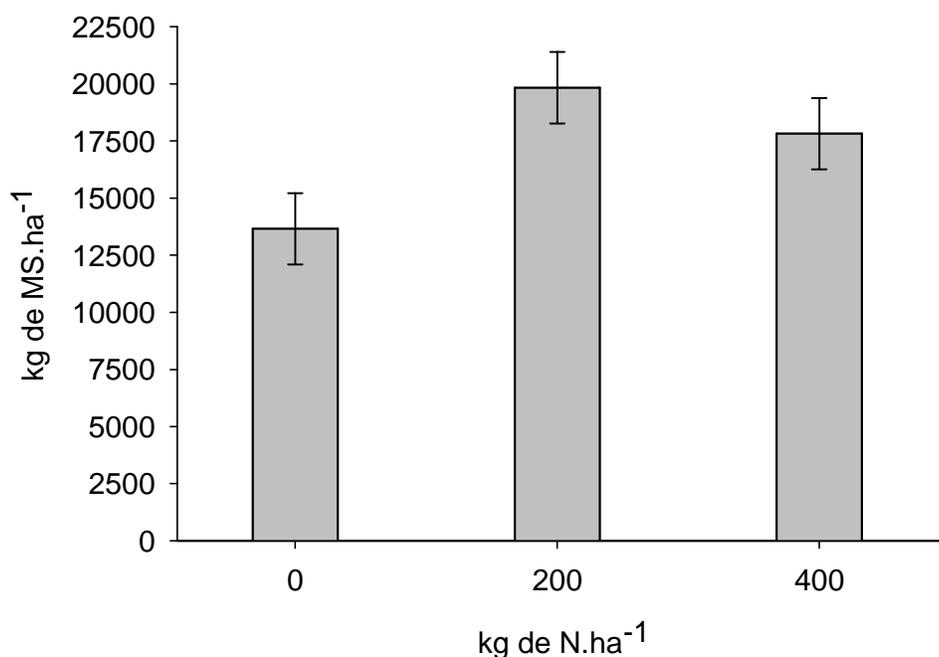


Figura 4 – Produção total de massa seca aérea (kg de MS.ha⁻¹) de *Brachiaria plantaginea* em função de três doses de adubação nitrogenada, 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Com aplicação de 200 kg de N.ha⁻¹ a produção de forragem total foi 6.175 kg de MS.ha⁻¹ ou 31% superior ao tratamento sem adubação nitrogenada e, com 400 kg de N.ha⁻¹ a produção foi 4.161 kg de MS.ha⁻¹ ou 23% maior (Figura 4) que a dose zero de N. Martins et al. (2000) obteve produção de papuã de 4.657, 5.919 e 8.753 kg de MS.ha⁻¹ com 0, 100 e 200 kg de N.ha⁻¹, respectivamente, em Santa Maria, RS, não alcançando a máxima produtividade da espécie se comparado aos dados obtidos nesse trabalho, pois com 200 kg de N.ha⁻¹ produziu-se 55,87% a mais que a produção total obtida na mesma dose no trabalho realizado por Martins et al. (2000).

Por mais que o papuã seja considerado uma planta daninha e o comércio de sementes ainda não liberado, essa espécie é uma opção de forrageamento que os produtores podem ter nas suas propriedades, quando os solos estejam com banco de semente satisfatório. Essas produções podem ser comparadas a espécies forrageiras cultivadas no mesmo período como milho e sorgo. Lupatini (1996) trabalhando com milho (*Pennisetum americanum* L. Leeke) obteve produção total de forragem de 6.272, 12.175 e 15.578 kg de MS.ha⁻¹ com 0, 150 e 300 kg de N.ha⁻¹, inferiores ao apresentado pelo papuã nesse trabalho, onde com 200 kg de N.ha⁻¹ a produção do papuã foi 21,5% superior ao milho na dose de 150 kg de N.ha⁻¹ no trabalho realizado por Lupatini (1996).

Em trabalhos demonstrando viabilidade dos chamados sistemas Santa Fé ou mesmo consórcios de espécies, o cultivo de brachiarias não afeta os parâmetros número de folhas, índice de área foliar, diâmetro de colmo do milho e interferiram na produtividade final da cultura sem ser evidenciada diferença para massa de mil grãos, além de as brachiarias servirem como controladoras de plantas invasoras tais como milhã (*Digitaria horizontalis*) (Gimenes, 2008). Freitas et al. (2005) observaram que a semeadura de milho e *B. brizanta* não afetou a produtividade do milho para silagem, sendo essa uma alternativa para maximizar produção de forragem por área, portanto existe a possibilidade do sucesso quando utilizado o consórcio dessas espécies ou mesmo utilização, por exemplo, do papuã após a colheita do milho, quando a pastagem está formada, para produção animal.

Observando a produtividade do papuã pode-se discutir também a taxa de acúmulo diária de forragem que nesse trabalho foi significativamente ($P=0,0266$) afetada pela aplicação de nitrogênio (Figura 5). Considerando a taxa de acúmulo média dos períodos obtida para cada dose observou-se, durante 138 dias de cultivo,

ou seja, desde a emergência até o fim do pastejo, taxa de acúmulo de MS da pastagem foi de 100, 147 e 132 kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹, para dose 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹, respectivamente. A dose de 200 kg de N.ha⁻¹ mostrou significativa superioridade ao tratamento sem nitrogênio, mas não diferiu da dose de 400 kg de N.ha⁻¹ (Figura 5), também não se observou diferenças entre as duas doses de N aplicadas, o que indica que 200 kg de N.ha⁻¹ foi a dose proporcionou melhores taxas de acúmulo de MS diária para o presente trabalho. Martins et al. (2000) encontraram taxa de acúmulo de MS de papuã de 17,7 e 56,58 kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹, para a dose 0 e 200 kg de N.ha⁻¹, respectivamente.

O nitrogênio está distribuído nos tecidos da planta de forma estrutural associando-se a parede celular e com ácidos nucleicos; metabolicamente ativo, sendo representado pelas enzimas que respondem ao suprimento de N à planta promovendo incremento na fotossíntese e, conseqüentemente, no crescimento vegetal; e como componente de reserva, ou seja, quando o suprimento de N excede as exigências fisiológicas da planta o N é armazenado na forma de nitrato e amidas (Fernandes & Rossiello, 1986; Whitehea, 1995).

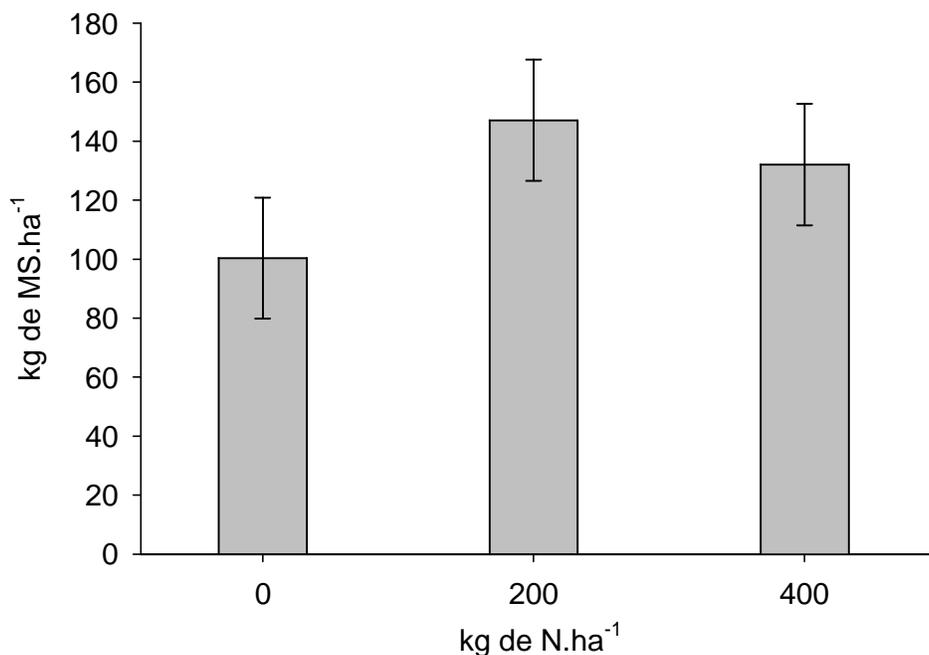


Figura 5 – Taxa de acúmulo de forragem diária (kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹) de *Brachiaria plantaginea* em função de três doses de adubação nitrogenada, 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Segundo Martha (2003) grande parte dos efeitos positivos do N sobre a produção de forragem pode ser explicado pela ação direta desse elemento sobre o processo fotossintético, onde a dependência da nutrição nitrogenada ao processo de fotossíntese reflete na participação do N na estrutura da clorofila, de carreadores “redox” na cadeia de transporte de elétrons da fotossíntese e de todas as enzimas envolvidas no metabolismo do carbono (Taiz & Zeiger, 1991; Hopkins, 1995).

Quanto às massas de forragem formadas a partir das intensidades de pastejo impostas, a qual compunha um fator, observou-se influência significativa da interação ($P=0,0037$) entre intensidade de pastejo *versus* períodos. A fim de caracterizar as estruturas formadas conforme a intensidade de pastejo preconizada observa-se na Figura 6, uma mesma massa de forragem inicial para as duas intensidades de pastejo propostas e a partir do segundo período até o fim do experimento as massas de forragem ficaram bem definidas e diferiram ($P<0,05$) entre si indicando duas intensidades de pastejo, com maior e menor taxa de lotação animal para MB e MA, respectivamente.

Observando as intensidades de pastejo obteve-se massas de forragem com média de 2.567 e 3.862 kg de MS.ha⁻¹ mostrando-se diferentes ($P<0,05$) e acima do desejado, 1.500 e 3.000 kg de MS.ha⁻¹, para MA e MB, respectivamente. Essa discrepância se deve em parte à alta massa de forragem no início do experimento, pois se havia previsto na metodologia que o pastejo seria iniciado quando a massa de forragem estivesse em 3.000 kg de MS.ha⁻¹ mantendo-a para compor massa de forragem do tratamento MA e baixando-se, através do pastejo, para 1.500 kg de MS.ha⁻¹ para formar a intensidade de pastejo de MB. Contudo o pastejo iniciou-se com cerca de 4.800 kg de MS.ha⁻¹ de média entre os piquetes devido a rápida taxa de crescimento do pasto e a baixa taxa de consumo dos caprinos.

Na estimativa para ajuste da carga animal no primeiro período utilizou-se como base taxa de acúmulo de MS diária obtida na literatura (Lançanova et al., 1988b; Martins et al., 2000; e Restle et al., 2002) que variam de 18 até 60 kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹, com e sem adubação nitrogenada. Considerando as condições climáticas da região sudoeste do Paraná que propiciam melhor desenvolvimento de espécies C4, utilizaram-se taxas de acúmulo de 60 kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹ para a estimativa de ajuste, porém a taxa de acúmulo real do primeiro período experimental foi de 74, 92 e 114 kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹ para 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹,

respectivamente, e com maiores valores nos períodos subsequentes (Figura 5). O baixo número de informações a respeito dessa espécie quanto sua capacidade produtiva levou a ocasionar esse tipo de erro, embora trabalhos existam, a variação entre regiões é significativa, como mostra esse trabalho se comparado a outros realizados mais ao sul do Brasil.

Houve interação significativa ($P=0,0037$) entre intensidade de pastejo versus períodos para a massa de forragem. A fim de caracterizar as estruturas formadas conforme a intensidade de pastejo preconizada observa-se na Figura 6, uma mesma massa de forragem inicial para as duas intensidades de pastejo propostas e a partir do segundo período até o fim do experimento as massas de forragem ficaram bem definidas e diferiram ($P<0,05$) entre si indicando duas intensidades de pastejo, com maior e menor taxa de lotação animal para MB e MA, respectivamente.

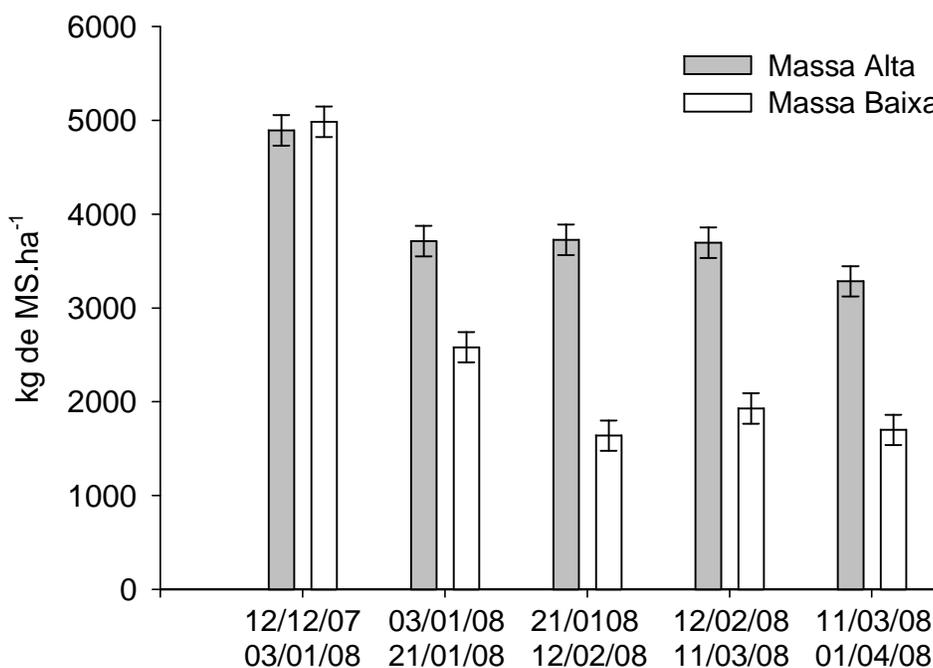


Figura 6 – Massa de forragem (kg de MS.ha⁻¹) de *Brachiaria plantaginea* formadas a partir de duas intensidades de pastejo, alta e baixa, no período experimental de 13/12/2007 a 01/04/2008. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade para intensidade de pastejo dentro de cada período e períodos dentro de cada intensidade de pastejo. UTFPR, *Campus* de Pato Branco.

Considerando essa espécie forrageira, assim como outras, a tendência sempre é o aparecimento de novas folhas e a senescência de outras. Quando a planta é pastejada de maneira a não proporcionar o envelhecimento de folhas e perfilhos, ou seja, não se faz um sub-pastejo, as perdas por senescência são minimizadas. Contudo existe um limite, que são os baixos índices de área foliar a ponto de diminuir a capacidade fotossintética da planta e baixar a produtividade. Nesse ponto entra o estudo de diferentes intensidades de pastejo e o limite entre MA e MB deveria ser maior para que pudesse proporcionar maiores diferenças na produtividade.

Observou-se alta capacidade de perfilhamento e rebrota de gemas axilares do papuã durante o pastejo, caracterizando alguma resistência ao pastejo e longo período vegetativo quando em pastejo, pois sem o pastejo as plantas, especialmente espécies anuais, tendem a alongar os entrenós, se reproduzir e morrer. Com o pastejo, o perfilho decapitado perde a dominância apical e as gemas axilares são induzidas a rebrota. Cada perfilho necessita, nessas plantas, determinada quantidade de luz para que venha a florescer e se reproduzir, se é feito o corte quando em período vegetativo, novos perfilhos surgiram e necessitaram, para eles próprios, novas quantidades de luz, com isso vegetaram e serão pastejados. Assim, o pastejo entra como uma ferramenta para prolongar o período vegetativo da planta, pois existe uma renovação de tecidos não havendo possibilidade de que esses perfilhos venham se reproduzir e/ou senescer.

4.3 TEORES DE NITROGÊNIO NA BIOMASSA AÉREA DE PAPUÃ

Constatou-se efeito significativo da interação ($P=0,0324$) intensidades de pastejo *versus* períodos experimentais sobre o teor de nitrogênio na biomassa aérea de papuã. Apenas no terceiro período de avaliação, compreendido entre 03/01 a 21/01/2008 constatou-se diferenças significativas dos teores de N na planta provocadas pelas distintas intensidades de pastejo sendo que na maior intensidade de pastejo, MB, o teor de N foi superior a MA em 29%. O terceiro período corresponde ao momento em que as massas de forragem passam a ser estabelecidas conforme proposto e a MB estava próxima de 1.500 kg de MS.ha⁻¹ (Figura 6).

Podem-se usar duas justificativas principais ao fato do maior teor de N na menor massa de forragem, uma devido a maior proporção de folhas em relação a colmo se comparado ao tratamento MA, com isso os teores de fibra da pastagem diferencia-se e qualidade quanto ao teor de N também modifica devido também a maior quantidade de perfilhos novos. Ligado a isso está o nível de concentração do N na planta, se comparadas as duas massas de forragem recebendo parecidas condições de fertilidade e clima, a que apresentar maior massa de forragem tende a ter o nitrogênio mais diluído nessa biomassa se comparado a menores massas de forragem, onde o nitrogênio estará mais concentrado. Isso se justifica uma vez que no primeiro período, quando as os tratamentos MA e MB estavam sendo formados, a massa de forragem encontrava-se em patamares parecidos (Figura 6) entre essas intensidades de pastejo e não havia diferenças no teor de nitrogênio da parte aérea da planta.

Observa-se (Tabela 4) que a porcentagem de nitrogênio na planta diminui nos períodos intermediários e é mais elevada nos primeiros e últimos períodos. Nos primeiros períodos a pastagem vem acumulando nitrogênio desde a emergência e possui boa concentração do elemento nos seus tecidos. Com a entrada dos animais, como preconizado para definir as massas de forragem, ocorre a diminuição da quantidade de folhas da planta, ficando menos tenra e mais fibrosa como um todo, com menores teores de nitrogênio, o que caracterizaria uma pastagem de menor qualidade nutricional.

Tabela 4 – Desdobramento da interação Intensidade de Pastejo *versus* Períodos para os teores de nitrogênio (N) da pastagem de *Brachiaria plantaginea*. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

	Períodos						
	13/12/07	03/01/08	21/01/08	12/02/08	11/03/08	01/04/08	Média
MA	2,3 a A	1,8 bc A	1,6 c B	1,6 bc A	2,2 a A	2,0 ab A	1,94
MB	2,1 a A	1,8 a A	2,1 a A	1,7 a A	1,9 a A	2,3 a A	2,00
Média	2,20	1,82	1,85	1,67	2,09	2,18	

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O nitrogênio está presente basicamente em todos os tecidos da planta, porém em maior quantidade nas folhas, pois participa em grande parte da

estruturação da clorofila (Taiz & Zeiger, 1991; Hopkins, 1995), responsável pela fotossíntese. Por conta disso, se a pastagem possui pouca proporção de folhas a tendência é a diminuição da qualidade protéica da forragem produzida. Depois de formadas as estruturas, MA e MB, o rebrote volta a ser constante, assim como o consumo dessas novas estruturas, incrementando a quantidade de folhas na pastagem.

A diferença não muito acentuada nos teores de N nas plantas entre os períodos se deve também, provavelmente, a combinação entre a aplicação do fertilizante nitrogenado e época de amostragem do período, ou seja, logo após a fertilização nitrogenada a oferta do nutriente se torna suficiente para aumentar a absorção pela planta e, conseqüentemente, elevar os teores de N, já quando o período de avaliação combinava com longo período após a fertilização, cerca de 20 a 30 dias e o que aconteceu no segundo e terceiro período, as plantas absorveram menos N e apresentaram menores teores desse elemento em seus tecidos. Isso mostra a importância de se fracionar altas doses de adubos nitrogenados como uréia, pois é um fertilizante de alto potencialidade de ser absorvido quando em condições ideais de umidade e clima, mas também de ser perdido se aplicado em quantidade superior a capacidade de absorção pelas plantas ou em condições climáticas que favoreçam isso, como baixa umidade no solo ou excesso de precipitação e altas temperaturas.

Nota-se que, mesmo com diferentes intensidades de pastejo, a partir do quinto período o teor de N volta se elevar na planta, isso por que a planta tinha área foliar suficiente para realizar fotossíntese, acumulando massa de forragem, e disponibilidade de nitrogênio devido a adubações constantes.

Devido aos teores de nitrogênio da planta serem parecidos no início e fim do experimento a média da porcentagem de N na pastagem não diferiu entre as intensidades de pastejo e a concentração desse elemento na planta depende da disponibilidade, condições de absorção pela planta e do manejo que imposto sobre a pastagem.

Todavia aliando a capacidade produtiva aos teores de N praticamente inalterados durante o período experimental, bem como a longa fase vegetativa avalia-se o papuã como sendo uma excelente espécie para o pastejo e produção animal. Contudo muitas das propriedades familiares do Sudoeste do Estado do PR em que tem se constatada a presença de *Brachiaria plantaginea* nas áreas

destinadas a integração lavoura pecuária, os produtores acabam por eliminá-la com uso de herbicidas para posteriormente utilizarem essas áreas para de milho ou sorgo, o que esse trabalho mostra ser uma contradição.

Ainda, o cultivo do milho demanda recursos superiores, uma vez que o preço da semente é elevado dentre as espécies forrageiras que possui comercialização de sementes, além da necessidade de equipamentos para semeadura do mesmo. Por outro lado a espécie forrageira *B. plantaginea* apresenta ressemeadura natural necessitando apenas que seja exposta a luz para que germine, pois é fotoblástica positiva. Além dos indispensáveis manejos de adubação e de pastejo necessários a qualquer espécie forrageira, o papuã pode ser uma excelente alternativa para produtores que necessitam de disponibilidade de alimento de baixo custo no período de verão/outono.

Observou-se que a quantidade de nitrogênio na parte aérea da pastagem aumenta significativamente ($P=0,0001$) com a adição de fertilizantes nitrogenados (Figura 7) assim como a produção total de MS (Figura 4). As porcentagens de N na biomassa aérea de papuã foram de 14,9; 21,1 e 23,0 g.kg^{-1} de MS para 0, 200 e 400 kg de N.ha^{-1} , respectivamente, o que equivale a 9,31; 13,19 e 14,37% de proteína bruta para a biomassa aérea total. A adição de 200 e 400 kg de N.ha^{-1} proporcionou aumentos de 29,4% e 35,2%, respectivamente, no teor de N na pastagem de papuã, em relação as plantas que não receberam adubação nitrogenada. Embora não tenham sido observadas diferenças entre as duas doses de N aplicadas (200 e 400 kg de N.ha^{-1}), a porcentagem do elemento na pastagem tende a aumentar e pode responder com maiores doses de N.

É esperado que os teores de nitrogênio na planta aumentem com maior disponibilidade do elemento no solo para um grande número de espécies forrageiras testadas, inclusive para papuã como mostram Martins et al. (2000), Lançanova et al. (1988) e Aita (2005).

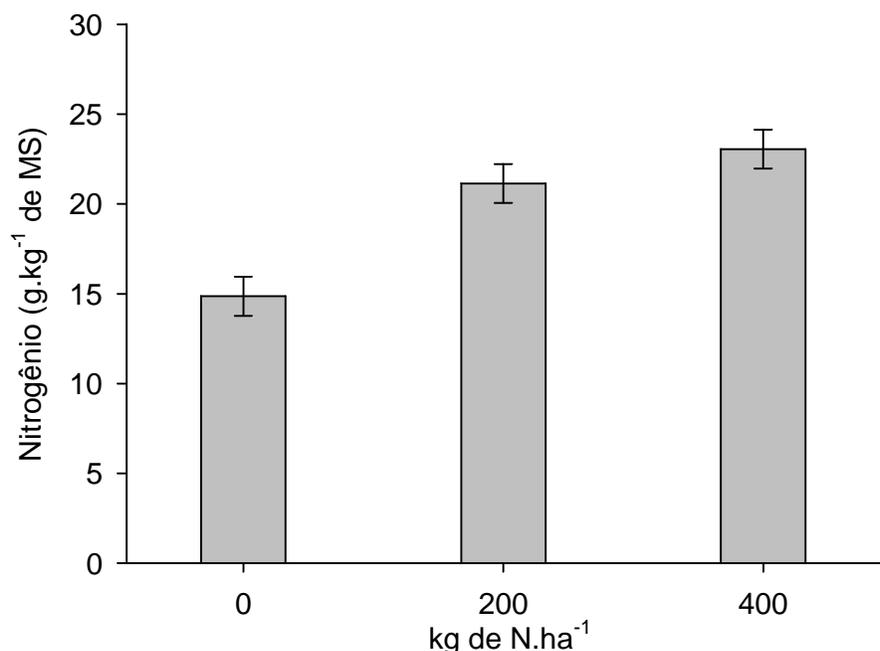


Figura 7 - Teores de nitrogênio (N) na pastagem de papuã (*Brachiaria plantaginea*) submetida a três doses de adubação nitrogenada e duas intensidades de pastejo. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Observa-se que a espécie *B. plantaginea* apresentou além de alta produtividade, ótimo valor nutritivo quanto a condição protéica. Assim como a taxa de acúmulo de MS diário o teor de N na planta permanece sem fortes variações entre os períodos experimentais indicando baixa sazonalidade dessas variáveis durante a utilização da pastagem o que indica ser uma espécie forrageira que pode proporcionar pouca variação na taxa de lotação animal, ou seja, tem-se uma produção de forragem teoricamente constante durante a utilização da pastagem, desde que oferecidas condições adequadas de fertilização, manejo e os níveis de precipitação e condições climáticas sejam satisfatórios. Tornando-se uma opção para ser usada em pastejo com lotação contínua, contudo não se despreza a possibilidade de utilização em pastejo rotacionado. O que se discute é que com essa alta taxa de acúmulo de MS diária o manejo da intensidade de pastejo torna-se mais complexo, pois o tempo entre o momento ideal de utilização e a senescência das folhas e perfilhos da planta é estreito e as perdas de forragem podem se elevar.

4.4 ÍNDICE NUTRICIONAL NITROGENADO

A fim de determinar se a planta estava sendo nutrida suficientemente com os teores de N da pastagem obteve-se o índice nutricional nitrogenado (INN) proposto por Lemaire et al. (1989) e relacionando com a curva de diluição de nitrogênio, proposta pelo mesmo autor, a qual é discutida posteriormente ao INN. Com isso obtém relações do nível crítico de N que é definido como a menor concentração de N requerida para permitir a máxima taxa de crescimento da cultura em um determinado estágio de seu crescimento.

O INN teve influência significativa ($P=0,0146$) da interação entre dose de N *versus* períodos. No primeiro período houve suficiência quanto a disponibilidade de N para os tratamentos com 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ não apresentando diferenças entre si, já quando sem a adição de nitrogênio o INN esteve abaixo do satisfatório e diferiu da maior dose de N aplicada. Para todos os outros períodos estudados observaram-se comportamentos semelhantes entre as duas doses de N, essas diferentes do tratamento sem N (Figura 8).

Esse comportamento está ligado a quantidade de N disponível entre os tratamentos e, segundo as pressuposições de Lemaire et al. (1989), quanto mais N for disponibilizado à planta ocorre maior concentração de N em seus tecidos devido ao acúmulo de reservas vindas do fertilizante não aproveitando para o crescimento e produção de biomassa.

Observa-se que o INN é crescente entre os períodos mesmo no tratamento sem N onde o INN passa de insuficiente para níveis satisfatórios, o que supre a necessidade do elemento à planta. Isso se deve basicamente à alguma limitação no crescimento da planta nos últimos períodos, quando com menores produções os teores de N na planta passam ser mais concentrados e menos limitantes. Outro fato relacionado a esse comportamento crescente do INN nos períodos foi o fracionamento das doses de N aplicadas e a própria disponibilidade do elemento do processo de mineralização da matéria orgânica nos tratamentos com e sem adubação nitrogenada. Também se pode indicar participação da ciclagem de nutrientes proporcionada pela presença dos animais, onde através da urina e fezes (Bauer et al., 1987) nutrientes como o N foram disponibilizados mais rapidamente à planta que quando através da mineralização.

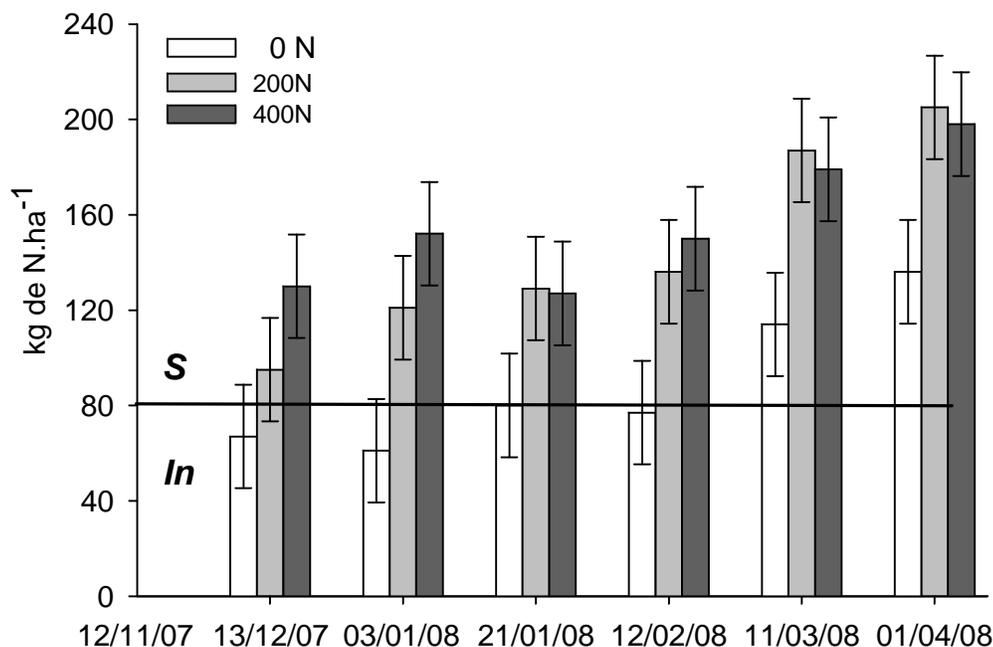


Figura 8 - Índice nutricional de nitrogênio (INN) de pastagem de *Brachiaria plantaginea* submetida a doses de adubação nitrogenada e períodos, tidos como satisfatórios (S) e insatisfatórios (In) ao crescimento da planta. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro para dose de N dentro de cada período e para períodos dentro de cada dose de N. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Entre as intensidades de pastejo avaliadas, o INN não diferiu ($P > 0,05$) e encontra-se com valores de 82,5. Como não houve influência das intensidades de pastejo nos teores de N encontrados na planta, também é esperado matematicamente (Lemaire et al, 1989) que não ocorram diferenças no INN. Todavia, esses valores estão dentro do satisfatório e as intensidades de pastejo formadas proporcionaram boa absorção de N pela planta e o elemento não foi limitante ao seu desenvolvimento e produção.

A discussão refere-se a uma proposta de avaliação da condição nutricional da planta por meio de análise foliar e com esses índices fazer recomendações de adubação quando a planta já está estabelecida, fica portanto comprovado, para N que é possível a utilização dessa ferramenta para fertilização de pastagens já estabelecidas. Assim como constatou-se nesse trabalho a falta de nitrogênio já no primeiro período para a testemunha 0 de N, limitando a produtividade nesse tratamento.

4.5 CURVA DE DILUIÇÃO

Considerando o exposto anteriormente e aprofundando a diagnose da condição nutricional da pastagem Lemaire (1997) propõe um modelo baseando-se que o teor de nitrogênio na pastagem diminui à medida que a quantidade de biomassa produzida aumenta. Os dados referentes a quantidade de N presente na biomassa aérea de papuã, acima discutidos conforme interferências dos tratamentos foram confrontados com a “curva de diluição” proposta por Lemaire (1997) apresentada na Figura 9, onde tem-se a proposição de que o teor de nitrogênio na biomassa total diminui com o acúmulo de forragem, ou seja, ocorre que o nitrogênio se dilui na produção de MS acumulada e por conta disso tende a ser menores os valores de N na planta.

Segundo as pressuposições de Lemaire (1997) quando os teores de N (em %) estiverem sobre ou acima da curva de diluição calculada para a espécie, a planta está bem suprida e pode estar tendo um consumo considerado “de luxo” e o nitrogênio não é limitante ao crescimento da planta o que a faz produzir satisfatoriamente. Contudo, quando as porcentagens de nitrogênio obtidas estiverem abaixo do calculado, conforme o mesmo acúmulo de biomassa, a planta é limitada a expressar sua máxima produção. Então, se as condições de clima e solo estiverem dentro do satisfatório para o crescimento e desenvolvimento da planta, diagnósticos podem ser feitos deduzindo como o N sendo o fator limitante à produção de forragem.

A produção acumulada, que foi utilizada junto ao modelo matemático proposto por Lemaire (1997) foi influenciada pelos períodos de avaliação. À medida que ocorre o acúmulo de biomassa de forragem tem-se incremento na absorção de nitrogênio pela planta.

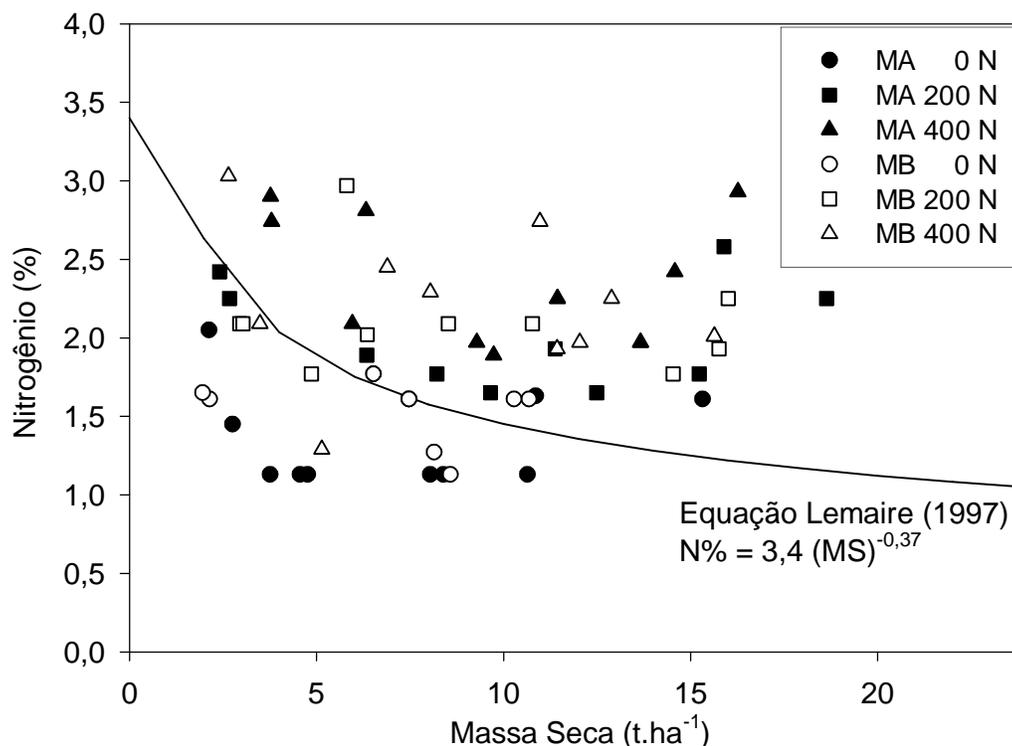


Figura 9 - Concentração da porcentagem de nitrogênio na planta em relação ao teor de nitrogênio calculado e expresso na curva de diluição proposto por Lemaire (1997) conforme o acúmulo de biomassa de *Brachiaria plantaginea* em função de três doses de nitrogênio e duas intensidades de pastejo. UTFPR, Campus de Pato Branco, 2008.

Baseando-se nas comparações feitas com as quantidades de N encontradas na biomassa aérea de papuã, observa-se (Figura 9) que sem aplicação de N os teores do elemento na planta permaneceram quase que na totalidade deles, abaixo da curva crítica proposta pelo autor indicando inadequado fornecimento e absorção de N pelas plantas nesse tratamento. Com pouco menos de 5 t.ha⁻¹ de acúmulo de forragem (primeiros períodos), a dose 200 kg de N.ha⁻¹ também foi limitante à planta. Nessa fase o nitrogênio está mais concentrado na planta, pois o acúmulo de forragem é menor.

Como as aplicações da uréia foram fracionadas, a maior dose a ser aplicada em cada fração sempre correspondia ao tratamento 400 kg de N.ha⁻¹. Sendo que, para a dose de 200 kg de N.ha⁻¹ foram feitas quatro aplicações de 50 kg de N.ha⁻¹ e para 400 kg de N.ha⁻¹, quatro aplicações de 100 kg de N.ha⁻¹. Isso permitiu suficiência de N às plantas que receberam a maior dose no primeiro período

experimental (Figura 9) e os teores de N na planta foram acima do limitante, satisfatórios, portanto, já no primeiro período para esse tratamento. Com exceção a isso, a medida que ocorreu o acúmulo de MS da parte aérea de papuã os teores de N encontrados para plantas submetidas a 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ permaneceram acima da curva de diluição e foi satisfatória a disponibilidade e absorção de N pela planta.

Na maioria dos casos, quando na presença do fertilizante nitrogenado, a planta teve um chamado consumo de “luxo”, ou seja, o N absorvido pela planta foi bem acima do que seria satisfatório e a planta retirou do solo mais do que seria o necessário para sua produção. Estando acima da curva de diluição a produção é aumentada, mas isso se limita por questões genéticas e fatores como clima e nutrientes, esse consumo de luxo imprime consideravelmente mais qualidade à forragem devido a acúmulo de nitrogênio nos tecidos.

Nos períodos subseqüentes quando a biomassa acumulada foi acima de 5 t.ha⁻¹ e para doses 200 e 400 kg de N.ha⁻¹, os teores de N na planta ficaram acima da curva de diluição e atesta-se nível adequado de nitrogênio à planta, especialmente para a maior dose e a planta chegou a ter um consumo de luxo de N. Seria interessante, portanto, no ato do fracionamento da adubação nitrogenada que a primeira aplicação seja dimensionada em quantidade superior às outras, assim como mostram os resultados desse trabalho, e a planta estaria sendo suprida quanto a necessidade de N desde o início do cultivo. O acúmulo de 5 t.ha⁻¹ de MS foi evidenciado no segundo período experimental, 03/01/2008, ou seja, 51 dias da total emergência do papuã. Sendo o período anterior a esse, diagnosticado limitações quanto a disponibilidade de N para a pastagem, mesmo com aplicação de 50 kg de N.ha⁻¹.

A medida que ocorreu o acúmulo de biomassa aérea de papuã, no tratamento sem adubação nitrogenada, observa-se que os níveis de nitrogênio encontrados na biomassa aérea das plantas, especialmente para MB, passam a ser suficientes acima de 10 t.ha⁻¹ e atesta-se teores de N acima da curva proposta por Lemaire (1997), não limitantes portanto para o crescimento da planta. Nesse caso, ocorre que outro fator limitou o crescimento da planta nos períodos finais do experimento e com menos biomassa aérea produzida ocorreu maior concentração de N, ou seja, o elemento ficou menos diluído em relação aos períodos anteriores onde os teores de N estavam diluídos em maior quantidade de biomassa produzida.

Os níveis limitantes de N ocorridos nos tratamentos que não receberam nitrogênio foram semelhantes nas duas intensidades de pastejo, contudo alguns valores da porcentagem de N na planta encontram-se como suficiente, nessa dose, para MB e limitante para MA quando próximo de 10 t.ha^{-1} de MS. Isso complementa a explicação referente à maior concentração de N na biomassa aérea quando em menores quantidades de biomassa acumulada e vice-versa. Mas, na maioria das avaliações os teores de N na planta, no tratamento sem N, estiveram abaixo do satisfatório, o que teve conseqüências na produção de MS total que foi significativamente menor (31%).

Fazendo uma análise entre as doses de nitrogênio estudadas e comparando os teores de nitrogênio encontrados na planta com os calculados pelo modelo matemático proposto por Lemaire (1997) verifica-se que, sem a adubação nitrogenada, os teores de N na planta encontraram-se ($P=0,0356$) abaixo do satisfatório (Figura 10), comprovando menores taxas de absorção de N pela planta devido a própria limitação de N no solo.

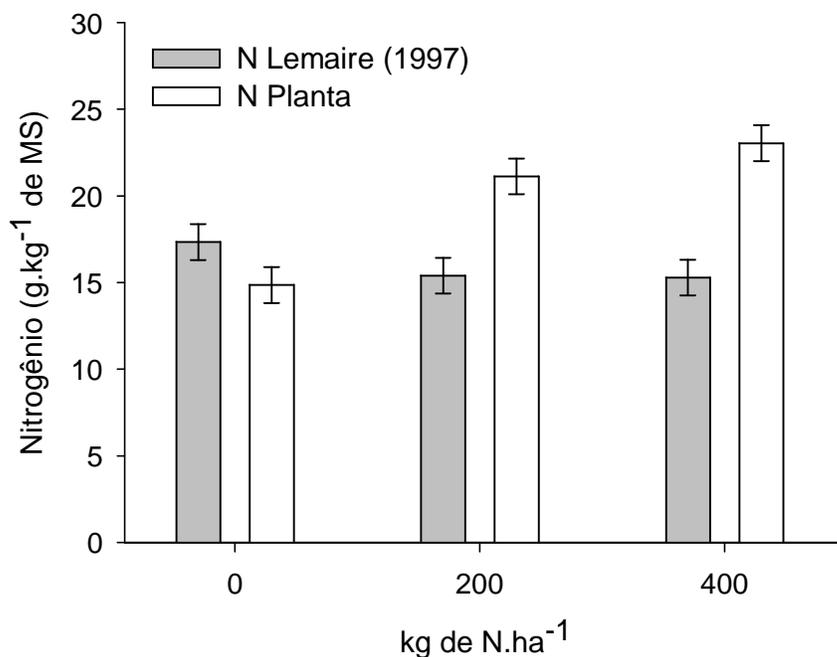


Figura 10 - Teores de Nitrogênio calculado como satisfatório (%N Lemaire, 1997) e o obtido na planta (%N Planta) de *Brachiaria plantaginea* submetida a três doses de adubação nitrogenada. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade entre os teores de N dentro de cada dose. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Na aplicação de 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ os teores de N na planta foram acima do limitante (Lemaire, 1997) e a planta expressou seu potencial produtivo em dependência do nitrogênio. Esse contraste complementa as explicações feitas sobre o gráfico referente a curva de diluição de Lemaire (1997), expresso na Figura 9, e caracteriza a necessidade de aplicação de adubação nitrogenada a essa pastagem.

Com esses resultados pode-se confirmar que a proposta de análise da biomassa aérea como diagnóstico da condição nutricional da planta mais os modelos matemáticos propostos (Lemaire, 1997) serve como ferramenta para diagnosticar a necessidade ou não de fertilização da pastagem quando já estabelecidas e/ou sendo utilizadas para alimentação animal. E nesse caso a fertilização foi necessária já no primeiro período experimental com dose de 100 kg de N.ha⁻¹.

4.6 QUANTIDADE DE NITROGÊNIO ABSORVIDO

A aplicação de N em períodos precoces leva a planta a absorver um excesso de N, que pode ser considerado como uma reserva (Plénet & Cruz, 1997). A maior absorção de N observada e considerada consumo de “luxo” pela planta, pode permitir que a cultura alcance todo seu potencial de crescimento, mesmo que em alguns períodos venha ser limitante a quantidade de N no solo (Bobato, 2006). Nesse ponto está a importância de se verificar a condição nutricional da pastagem a fim de diagnosticar a necessidade de fertilização ou não.

A medida que houve incremento na produção de matéria seca de papuã aumentou também a quantidade de N absorvida pela planta (Figura 11). Resultados semelhantes foram encontrados por Bobato (2006), e Bortolini et al. (2000) em cultivo de milho. Também com a adição de nitrogênio a absorção do elemento pela planta foi maior alcançando valores de 470 e 413 kg de N.ha⁻¹ para 200 e 400 kg de N.ha⁻¹, respectivamente com produção de forragem acumulada em 19.834 e 17.820 kg de MS.ha⁻¹. A absorção de N foi limitante para o satisfatório crescimento da planta na dose zero de N em ambas as intensidades de pastejo até produção acumulada de 10 t.ha⁻¹ de MS. Nas doses de 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ a planta absorveu quantidades satisfatórias de N, o que não limitou o crescimento e acúmulo de biomassa da planta.

No trabalho realizado por Bobato (2006) o limiar entre a suficiência e deficiência de N foi para a dose de 120 kg de N.ha⁻¹ na cultura do milho, enquanto que para 0 e 60 kg de N.ha⁻¹ obteve-se quantidades de N absorvidas pela cultura abaixo do nível crítico. Também Herrmann & Taube (2004) cultivando milho e avaliando 0, 50 e 150 kg de N.ha⁻¹ observaram níveis inadequados de N para 0 e 50 kg de N.ha⁻¹ e satisfatório para a maior dose.

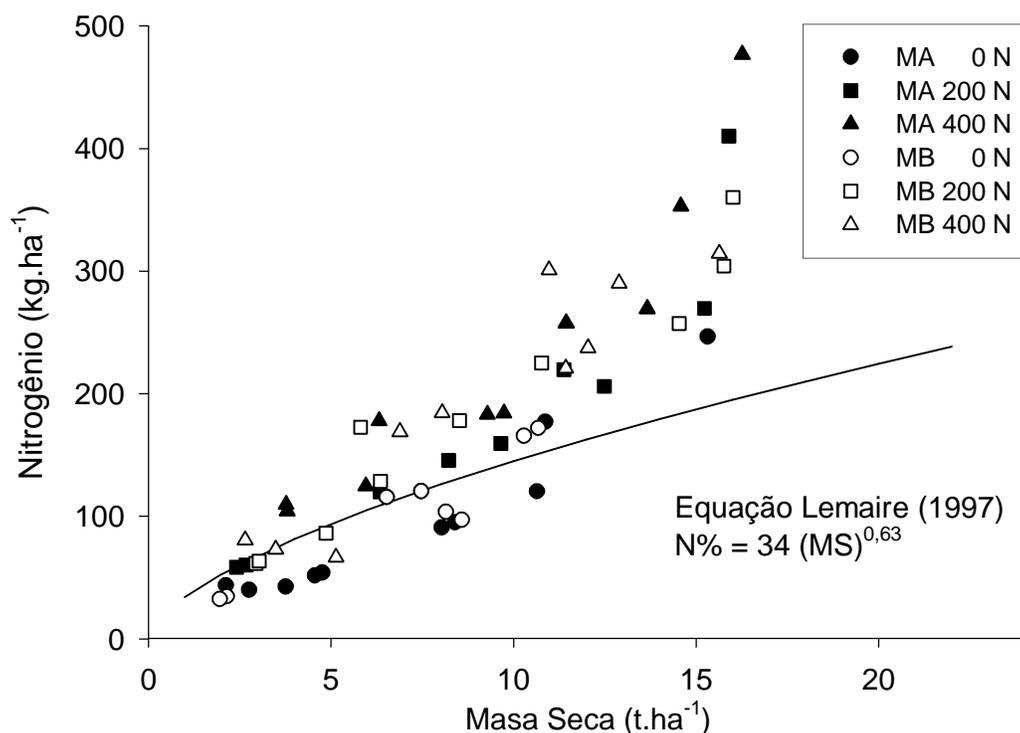


Figura 11 – Curva crítica de nitrogênio relacionado ao nitrogênio absorvido em função do aumento da produção de matéria seca de *Brachiaria plantaginea* submetida a 0, 200 e 400 kg de N.ha e duas intensidades de pastejo. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2007/2008¹

Constatou-se influência significativa da interação intensidade de pastejo *versus* períodos experimentais (Figura 12) e da interação dose de N *versus* períodos sobre a absorção de N pelo papuã (Figura 13).

Entre as intensidades de pastejo apenas no período 5 (P=0,0370) houve diferença na quantidade de N absorvida pela planta com maiores valores na MA visto que o teor de N na planta, embora não diferente significativamente entre as intensidades era maior na MA e combinado com a produção de forragem houve maior teor de N absorvido. A combinação entre a produção de MS acumulada e os

teores de N na planta proporcionaram tal diferença, pois considerando tais variáveis dependente separadamente não foram encontradas diferenças significativas, mas em ambas a produção de MS acumulada e o teor de N foi maior no tratamento massa baixa e o multiplicação resultou em diferenças significativas. Nesse período foi aplicada a última fração das doses de N e o fertilizante pode ter proporcionado maior crescimento e teores de N na planta no tratamento MA aliado à maior área foliar desse tratamento.

Entretanto, em todos outros períodos e na média não se observaram diferenças significativas e a intensidade de pastejo pouco interferiu na absorção de N pela planta uma vez foi o mesmo comportamento observado para produção de forragem e o teor de N na planta onde não se tinha observado diferenças entre as intensidades de pastejo testadas.

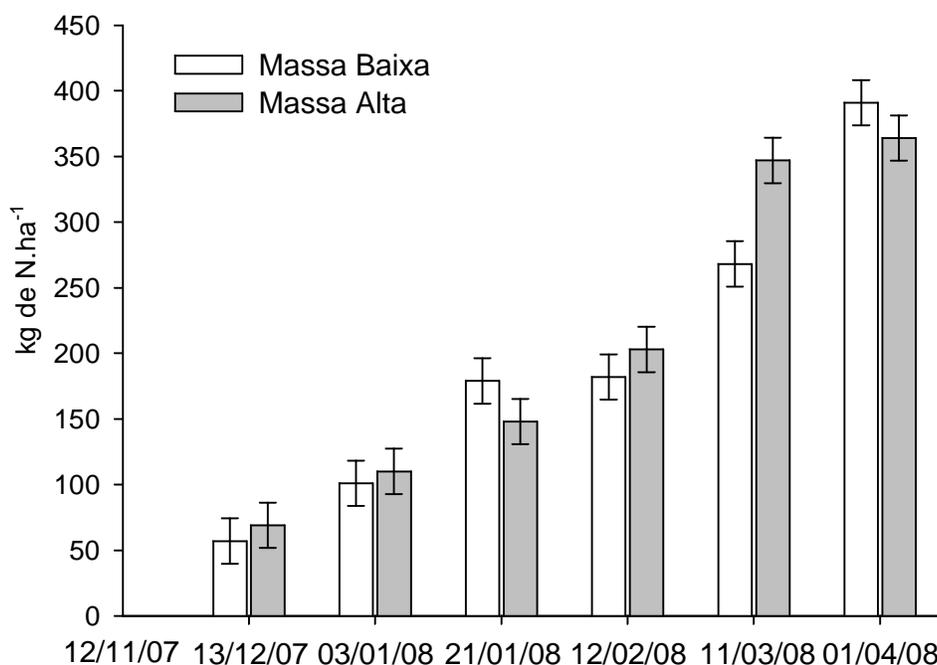


Figura 12 – Desdobramento da interação Intensidade de Pastejo versus Períodos para a quantidade de N (kg de N.ha⁻¹) absorvida pela pastagem de papuã (*Brachiaria plantaginea*). Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro para intensidade de pastejo dentro de cada período e para períodos dentro de cada intensidade de pastejo. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

No último período (Figura 12) a absorção de N aumenta com o acúmulo de biomassa aérea e verifica-se 364 e 391 kg de N.ha⁻¹ para MA e MB,

respectivamente, como o acúmulo total de N no sexto período, o que representa 2.275 e 2.444 kg de PB.ha⁻¹ produzida durante todo o ciclo da cultura. Esse acúmulo de N refere-se a quantidade do elemento que foi absorvido pela planta considerando o total de biomassa aérea produzida e seu teor de N.

Na interação dose de N *versus* períodos observa-se (Figura 13) em todos os períodos que houve superioridade na absorção de N quando as plantas receberam maiores quantidades de nitrogênio, sendo significativamente ($P < 0,05$) superior as doses 200 e 400 se comparado a dose zero de N. Exceto no primeiro período onde para o tratamento com 400 kg de N.ha⁻¹ a produção de N foi superior significativamente ($P < 0,05$) a todos as outras doses de N e o tratamento sem N o mais prejudicado. Isso acontece devido a maior dose de N aplicada no primeiro período devido a maior fração de uréia do tratamento com maior dose, quando aplicados 0, 50 e 100 kg de N.ha⁻¹ para os tratamentos 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹, respectivamente. Já a partir do segundo período os dois tratamentos com adubação nitrogenada não provocaram mais diferenças na absorção de N uma vez que a planta já esta sendo suprida quanto ao nutriente.

Sem aplicação de N a planta acumulou 250 kg de N.ha⁻¹ na produção de 13.659 kg de MS.ha⁻¹. Com a adição de 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ foi possível acúmulo de 470 e 413 kg de N.ha⁻¹, respectivamente, com produções de 19.834 e 17.820 kg de MS.ha⁻¹. Com isso significa dizer que para cada kg de N aplicado para dose 200 e 400 houve incremento de 90,15 e 109,32 kg de MS.ha⁻¹.

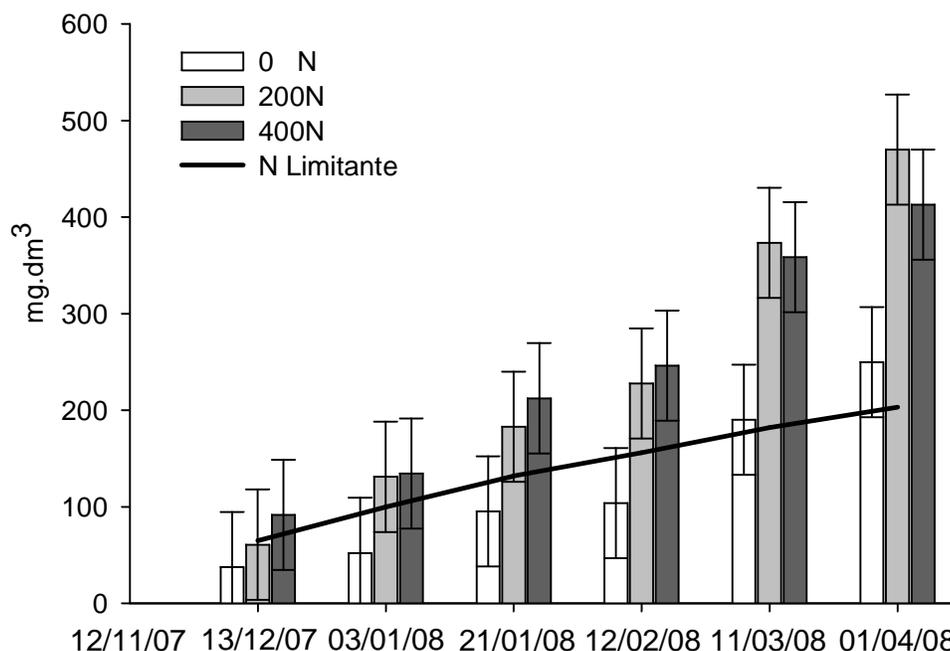


Figura 13 – Desdobramento da interação Dose de N versus Períodos para a quantidade de N (kg de N.ha⁻¹) absorvido pela pastagem de *Brachiaria plantaginea* submetida a três doses de adubação nitrogenada, 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey para dose de N dentro de cada período e para períodos dentro de cada dose de N. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Com isso atesta-se que a quantidade de N absorvida pela planta no tratamento sem aplicação de N não foi suficiente para um satisfatório crescimento até cerca de 11 t.ha⁻¹ de acúmulo de MS ou a partir do quinto período quando o nível crítico obtido pelo modelo passa a ser inferior aos valores encontrados pela planta. Para as outras doses, exceto no primeiro período onde a fração de N aplicada foi maior, a quantidade de N absorvida já é superior ao crítico no segundo período.

4.7 EFICIÊNCIA DE USO E RECUPERAÇÃO DE NITROGÊNIO

Conforme observado, houve superioridade na absorção de N pelo papuã nas maiores doses, contudo é necessário verificar se foi eficiente a adição do fertilizante. A eficiência de utilização considerando o que foi aplicado de N, descontando, portanto, a produção de forragem obtida na dose zero de N, foi três vezes superior para a dose de 200 kg de N.ha⁻¹ se comparada a dose 400 kg de

N.ha⁻¹ (Tabela 5). O que caracteriza perdas de nitrogênio e limitações de absorção de N na maior dose, não sendo recomendada, uma vez que é tecnicamente inviável e certamente também economicamente.

Segundo Mello (1987) a eficiência de utilização do nitrogênio depende de fatores como as condições de clima e solo, fonte de nitrogênio, quantidade aplicada e fracionamento, potencial de resposta da planta. O equilíbrio nutricional no solo também favorece a eficiência de utilização do N (Thélier-Huché et al., 1999). Embora observadas as condições de umidade e temperatura no momento da aplicação da uréia, observou-se períodos de baixa precipitação (Figura 1) e com essa alta dose, o tratamento com 400 kg de N.ha⁻¹ apresentou menor eficiência de utilização do elemento.

Fazendo-se os cálculos sem descontar a quantidade de N absorvida no tratamento sem adubação nitrogenada a eficiência de utilização do nitrogênio foi duas vezes superior na dose 200 kg de N.ha⁻¹ para o tratamento com 400 kg de N.ha⁻¹ (Tabela 5). Nesse caso, tem-se o total de N retirado do solo pela planta considerando o nitrogênio que já estava no solo e, evidentemente a eficiência de utilização se eleva a valores maiores. Mas ainda ocorreram perdas no aproveitamento dos 400 kg de N.ha⁻¹, quantidade de N que não deve ser recomendada para o papuã, nas condições em que se conduziu esse trabalho devido a dois principais fatores: contaminação ambiental devido a perda de nitrogênio para o meio e inviável economicamente, pois ao dobrar a quantidade de N aplicada a eficiência de utilização do elemento caiu pela metade.

Verifica-se que na dose de 200 kg de N.ha⁻¹ para cada kg de N aplicado o papuã respondeu com produção de 30,87 kg de MS e apenas 10,4 kg de MS na dose de 400 kg de N.ha⁻¹. Martins et al. (2000) obteve acréscimo de 20,48 kg de MS para cada kg de N aplicado. Restle et al. (2002) encontrou em papuã nas doses de 100 e 200 kg de N.ha⁻¹ eficiência de 9,62 e 20,48 kg de MS.kg⁻¹ de N aplicado, respectivamente. Portanto, embora não se tenha observado diferenças significativas entre as doses de N aplicadas na produção de MS total, na dose de 200 kg de N.ha⁻¹ a produção foi 10% superior a maior dose e 66% superior na eficiência de utilização do N.

Essa redução na eficiência de utilização do N com o aumento da dose do nutriente se deve além do menor aproveitamento pelas plantas devido a

limitações fisiológicas, às possíveis perdas por lixiviação e volatilização do N e a desequilíbrio nutricional em altas doses (Mello, 1987).

A fim de aumentar a eficiência de utilização do N cuidados no momento da aplicação como observação das condições de precipitação pluviométrica e temperatura, além do parcelamento da aplicação nitrogenada (Lopes & Guilherme, 1992) são práticas eficientes. Para Lupatini (1996) duas a quatro aplicações são recomendadas para gramíneas anuais de estação quente dependendo da quantidade de N a ser aplicada e das condições climáticas.

Tabela 5 – Eficiência da utilização de nitrogênio (kg de MS produzida.kg⁻¹ de N aplicado na pastagem de *Brachiaria plantaginea* submetida a doses de nitrogênio. UTFPR, Campus de Pato Branco, 2007/2008.

	Eficiência ¹	Eficiência ²
200	99,17	30,87
400	44,55	10,40

¹Calculada sem descontar a produção do tratamento sem N.

²Calculada descontando a produção do tratamento sem N.

Observações devem ser feitas na forma de cálculo da eficiência de utilização e recuperação de N, pois se considera como homogêneas as condições de fertilidade do solo e a adição de fertilizantes nitrogenados pode proporcionar maior disponibilidade de N presente na matéria orgânica presente no solo através da decomposição da mesma auxiliada pela disponibilidade de N aos microorganismos decompositores.

A produção líquida e a taxa de recuperação de N (Tabela 6) foram, respectivamente, 26 e 63% menor no tratamento com 400 kg de N.ha⁻¹ em relação ao com 200 kg de N.ha⁻¹. A planta possui segundo vários autores (Lupatini et al, 1995; Follet & Wilkinson, 1985) capacidade limitada de utilização do N em determinado período de tempo, como o N é um elemento que é facilmente perdido no sistema (Mello, 1987), as perdas de N no sistema solo-atmosfera se elevam. As perdas por volatilização do N da uréia aplicada ao solo dependem dos seguintes fatores: velocidade com que ocorre a hidrólise, temperatura, tempo, umidade, teor de matéria orgânica, dose de N aplicada, pH e CTC do solo (Mello, 1987). As perdas podem ocorrer por volatilização que está relacionada a forma de aplicação e fonte

de N utilizada, e por lixiviação do nitrato após reações de nitrificação. Sendo então limitada a permanência do elemento no sistema.

A taxa de recuperação de N é pretendida em valores próximos a 100%, na dose de 400 kg de N.ha⁻¹ observou-se que menos da metade do N aplicado foi recuperado, fato justificado pela limitação de absorção da planta e conseqüentes perdas. Contudo observou-se que na dose de 200 kg de N.ha⁻¹ a taxa de recuperação de N foi superior a 100% chegando a 110,04%, ou seja, foi maior a absorção de N pela planta ao que foi aplicado. Isso se deve ao fato de que o N aplicado nessa quantidade contribuiu para a mineralização da matéria orgânica, que apresentou valores de 5,7%, considerado alto para o tipo de solo (ROLAS, 2004), fazendo com que a relação carbono/nitrogênio reduzisse, o que aumentou a atividade microbiana.

A taxa de recuperação de N pode então exceder a 100% (Dougherty & Rhykerd, 1985) conforme ocorrido nesse trabalho. Outra explicação sugerida (Vicente-Chandler, 1973; Follet & Wilkinson, 1985) é a ciclagem de nutrientes, sendo mais eficiente à medida que aumenta a carga animal, incrementando a quantidade de forragem pastejada e grandes proporções dos nutrientes retornam ao solo pelas fezes e urina. Em trabalho realizado por Restle et al. (2000) a recuperação de N descontando a produção na dose zero de N foi 60% e 56% para 100 e 200 kg de N.ha⁻¹, respectivamente, inferior 49% a taxa de recuperação obtida na dose de 200 kg de N nesse trabalho quando comparadas a dose de 200 kg de N.ha⁻¹.

Tabela 6 – Produção total de MS, produção de N e recuperação de nitrogênio na pastagem de *Brachiaria plantaginea* submetida a doses de nitrogênio. UTFPR, Campus de Pato Branco, 2007/2008.

	Produção Total (kg de MS.ha ⁻¹)	Produção de N (kg.ha ⁻¹)	Produção líquida (kg de N.ha ⁻¹)	Recuperação do N ¹ (%)	Recuperação do N ² (%)
0	13.659 a	249,81 a			
200	19834 b	469,89 b	220,08 a	110,04 a	234,94 a
400	17820 b	413,06 b	163,25 b	40,81 b	103,26 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem na coluna pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹Descontando a produção do tratamento sem N.

²Sem descontar a produção do tratamento sem N.

Desconsiderando a produção de N do tratamento sem N a taxa de recuperação de N foi 63% superior na para 200 kg de N.ha⁻¹. No segundo caso, quando se considera toda a produção de N para ambos os tratamentos a taxa de recuperação de N foi 53% superior para a mesma dose e na mesma comparação com 400 kg de N.ha⁻¹. Essa diferença caracteriza maior mineralização de N na maior dose de N aplicada, justamente devido a maior disponibilidade de N no sistema. Contudo, foi muito maior a taxa de recuperação na aplicação de 200 kg de N.ha⁻¹, pois também foi possível, nessa dose, alta disponibilidade de N presente no solo e contribuição na liberação de N da matéria orgânica.

Comparando com outras gramíneas tropicais com características parecidas, Lupatini (1996) obteve cultivando milheto (*Pennisetum americanum*) eficiência de utilização 47, 23, 20, 14 kg de MS.kg⁻¹ de N e taxa de recuperação de nitrogênio de 163, 102, 95, 77%, para 150, 300, 450 e 600 kg de N.ha⁻¹, respectivamente. Equiparando ao obtido com papuã (Tabelas 5 e 6) considerando as doses de 200 e 400 kg de N.ha⁻¹. Em outro trabalho Lupatini et al. (1995) observaram para doses de 150 e 300 kg de N.ha⁻¹ eficiência de utilização de 39,3 e 31,0 kg de MS.kg⁻¹ de N aplicado, respectivamente. Nesses casos foram descontadas as produções dos tratamentos sem adubação nitrogenada.

4.8 TEORES DE POTÁSSIO NA PLANTA

O potássio é considerado o segundo elemento mais necessário a planta, estando após o nitrogênio (Malavolta, 1980). Os teores de potássio na biomassa aérea de papuã foram influenciados pela dose de N, intensidades de pastejo e pelos períodos. Houve crescente aumento ($P=0,0022$) do teor de K na planta com adição de maiores doses de N (Figura 14), sendo significativa a diferença entre a dose zero e 400 kg de N.ha⁻¹, com valores de 42,7; 46,4 e 50,1 g.kg⁻¹ de MS de K para 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Salette (1982), onde com 60 kg de N.ha⁻¹ os teores de K na planta foram menores que quando aplicados 180 kg de N.ha⁻¹.

Costa et al. (2007) observaram teores máximos de 2,6 g.kg⁻¹ de K em *Brachiaria brizanta* utilizando 100 mg de N.kg⁻¹ de solo em trabalho feito com vasos. Também em *B. brizanta* Mattos & Monteiro (1998) observaram níveis de teores de

potássio nas folhas da planta de 22 a 29 g.kg⁻¹ chegando a 66 g.kg⁻¹ em lâminas de folhas novas recebendo doses de 0 a 468 mg.L⁻¹. Ferrari Neto (1991) especifica como adequado teores de 11 g.kg⁻¹ de K em toda a parte aérea da planta de *B. brizanta*.

A planta bem nutrida com nitrogênio tende a absorver com maior eficiência outros elementos como P e K (Thélier-Huché et al., 1999) desde que esses elementos estejam disponíveis em quantidades satisfatórias. A composição do tecido vegetal de uma planta apresenta certo equilíbrio entre os elementos N, P e K (Thélier-Huché et al., 1999), este equilíbrio e sua manutenção caracteriza o comportamento de crescimento da planta (Salette & Thélier-Huché, 1991). Em condições normais de nutrição mineral no solo a absorção de minerais pela planta ajusta-se com a velocidade de crescimento dos novos tecidos do vegetal de forma dinâmica a absorção para uma determinada oferta de P e K no solo, elementos que estão em função da quantidade de nitrogênio disponível à planta (Thélier-Huché et al., 1999).

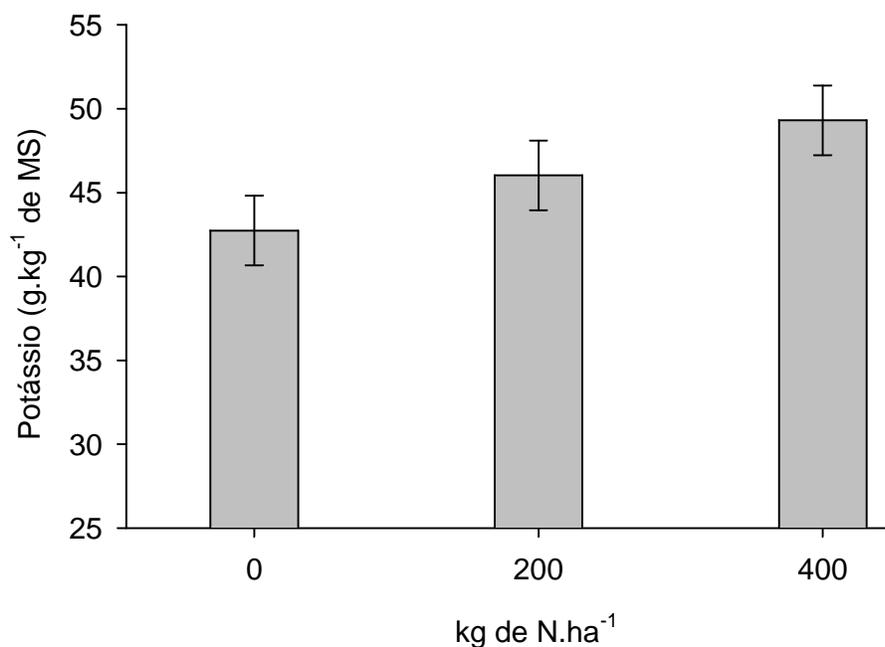


Figura 14 - Teores de potássio (g.kg⁻¹ de MS) na pastagem *Brachiaria plantaginea* submetida a 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Conforme a análise de solo feita anteriormente a implantação do experimento, os teores de K foram considerados muito altos e não foi necessária a aplicação desse elemento. Ainda, que os solos da região sudoeste do Paraná apresentam boa condição potássica e características de textura argilosa fazem com que esse elemento não se perca com facilidade via lixiviação, diferente de solos arenosos onde ocorre maior tendência de perdas de K e maior necessidade de controle dos níveis do elemento no solo

Primavesi et al. (2005) e Primavesi et al. (2004) observaram aumento na absorção de cátions e ânions com acréscimo de adubação nitrogenada avaliando *Cynodon dactylon*, com maiores quantidades de K em relação a outros nutrientes.

Entre os períodos experimentais avaliados, observou-se diferenças significativas ($P=0,022$) sobre os teores de K na planta provocadas apenas no segundo e sexto período (Figura 15). A porcentagem de K na biomassa aérea de papuã foi avaliada em seis períodos compreendidos de 13 de dezembro de 2007 a 01 de maio de 2008 e os valores foram 5,18; 5,26; 4,68; 4,30; 4,36 e 4,08% do primeiro ao último período, respectivamente. Esses resultados se devem em partes pela diluição do K conforme o acúmulo de biomassa produzida e também pode ser devido a menor disponibilidade de N nos últimos períodos e a conseqüente diminuição na absorção do potássio pela planta a partir do terceiro período, isso justifica as afirmações feitas por Théliier-Huché et al. (1999) e Salette & Théliier-Huché (1991) sobre a influência do N na absorção de K. A planta retirou grande quantidade de K do solo (Figura 16), contudo isso não vem ser significativo, pois grande parte dos elementos minerais ingeridos pelos animais retorna ao solo através de fezes e urina (Wilkinson & Lowrey, 1973).

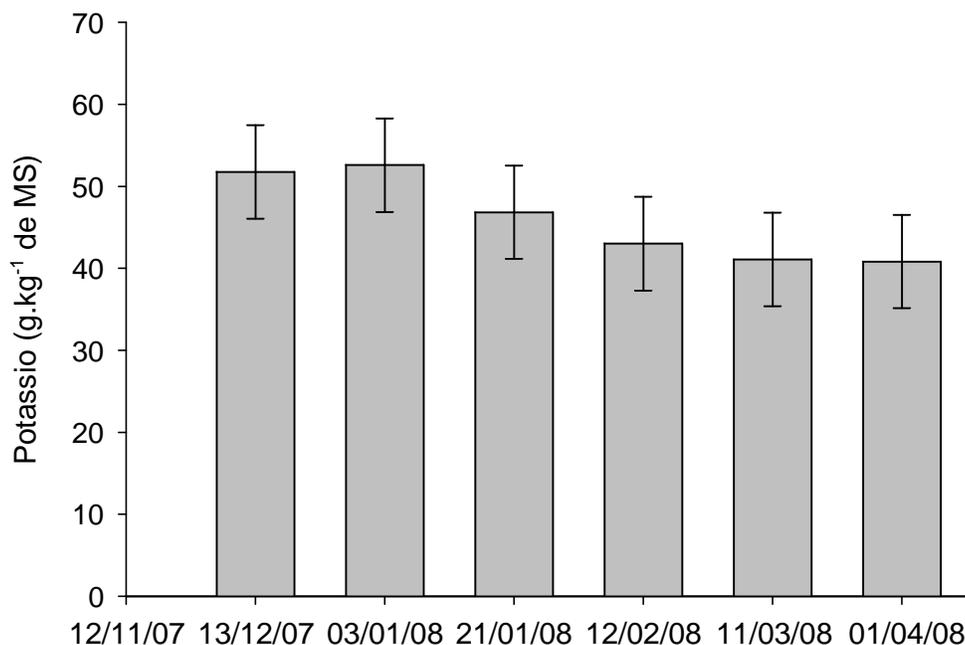


Figura 15 - Teores de potássio (K) na pastagem de papuã (*Brachiaria plantaginea*) em seis períodos de avaliação. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Entre as intensidades de pastejo também foram observadas diferenças significativas ($P=0,0172$) nos teores de K na planta sendo que foram maiores para MB e menores para MA com 4,86 e 4,43% de K, respectivamente. Considerando a produção de forragem e o teor de potássio de cada período constatou-se interação significativa ($P=0,0480$) de dose de N *versus* período para a absorção de potássio do solo pelo papuã (Figura 16). Observa-se que a quantidade chegou a 998 kg de $K.ha^{-1}$ com 200 kg de $N.ha^{-1}$ não sendo diferente para 400 kg de $N.ha^{-1}$. Sem aplicação do nitrogênio a quantidade de K extraída do solo pelo papuã, sempre abaixo dos tratamentos com nitrogênio, passou a apresentar diferenças significativas a partir de 12/02/2008, 91 dias após total emergência do papuã, com menores quantidades de K retiradas do solo. Comprovando a afirmação de que maior disponibilidade de N às plantas promove maior absorção de outros nutrientes do solo, desde que esses estejam prontamente disponíveis à planta em questão.

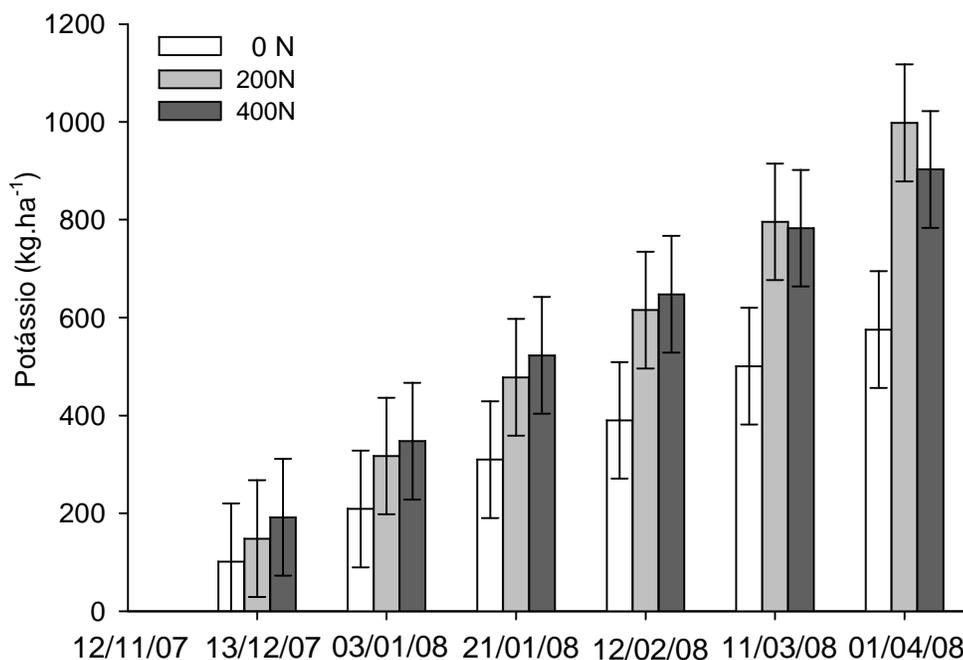


Figura 16 – Produção acumulada de potássio (kg.ha^{-1}) de *Brachiaria plantaginea* submetida a 0, 200 e 400 kg de N.ha^{-1} e duas intensidades de pastejo em seis períodos de avaliação. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste a 5% de probabilidade para dose de N dentro de cada período e para período dentro de cada dose de N. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.

Faz-se importante, portanto, a adubação de reposição no solo. Em muitas propriedades cultivam-se espécies forrageiras a fim de utilizar resíduos das adubações pesadas feitas no cultivo anterior geralmente com lavoura, enquanto que o correto, e provado segundo esse trabalho, seria fazer adubações de manutenção e reposição. Mesmo que o animal seja responsável em auxiliar na ciclagem de nutrientes a exportação de K e outros elementos continuam acontecendo. A adubação no solo só acontece quando se importa nutrientes de outras fontes para determinada área, a ciclagem de nutrientes responsabiliza-se em, no máximo, disponibilizar boa parte dos nutrientes mais facilmente à planta, enquanto que, com a presença do animal ou sob regime de corte e exportação da forragem produzida, para adubação de reposição se faz necessária importação de nutrientes de fora daquela área.

4.9 ÍNDICES DE POTÁSSIO LIMITANTES AO DESENVOLVIMENTO DA PLANTA

Considerando as suposições dadas a respeito da variação do teor de K na biomassa aérea de papuã fez-se segundo modelo matemático proposto por Salette & Huché (1991) cálculos utilizando quantidade de N presente na biomassa aérea de papuã visando encontrar se a planta estava sendo bem nutrida quanto ao teor de K e determinar qual seria a quantidade de K a ser encontrada na planta que corresponderia ao nível satisfatório e não limitante ao crescimento.

Tendo isso em vista, observou-se que os teores de K calculados segundo modelo (Figura 17) estiveram todos abaixo ou semelhantes aos encontrados nas análises bromatológicas da biomassa aérea de papuã conforme foi o acúmulo de forragem. Ou seja, seria necessário para um bom desenvolvimento da planta nos níveis de N disponibilizados e absorvidos pela planta teores de K entre 23 a 30 g.kg⁻¹ de MS enquanto que o observado na biomassa aérea dessas plantas quantidades entre 40 e 60 g.kg⁻¹ de K. Esse fato caracteriza a suficiência de potássio e o elemento não foi limitante para a produção de forragem, não sendo responsável pela não resposta na produção total de MS na dose de 400 kg de N.ha⁻¹.

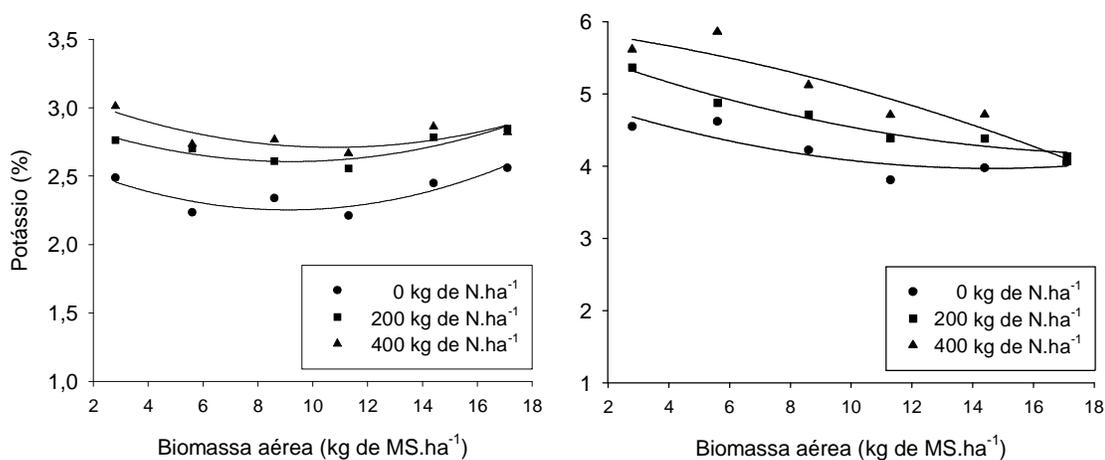


Figura 17 - Teores de Potássio (%K) não limitantes (esquerda) e observados na planta (direita) de *Brachiaria plantaginea*, submetida a três doses de adubação nitrogenada. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Entre as doses, embora não se teve influência da interação entre doses de N versus períodos e as comparações discutidas anteriormente, verifica-se que

sempre com menores quantidades de N na planta, influenciados pelas doses de N aplicadas, os teores de potássio, tanto requerido quanto ao observado estiveram, foram menores quanto menos N era disponibilizado. Portanto, a menor produtividade quando com menores doses de N pode ser explicado devido a menores taxas de absorção de outros elementos, como nesse caso o K.

Continuando o raciocínio e ajustando o modelo matemático acima discutido pode-se ainda obter o índice nutricional de potássio (iK) (Thélier-Huché et al., 1999) que informa de maneira direta a suficiência ou não quanto a disponibilidade de K à pastagem. Nesse caso o índice de potássio foi influenciado significativamente ($P=0,0153$) pelos períodos mas não teve influencia quanto a doses de N ($P=0,6817$) e a intensidades de pastejo ($P=0,1524$) impostas. Observa-se valores dos índices de potássio sempre acima do satisfatório, maiores de 120, e considerado como excelente (Thélier-Huché et al., 1999). Então, o potássio não foi limitante à produtividade de papuã.

Observou-se significativa superioridade do índice de potássio encontrado no segundo período em comparação ao quinto e sexto períodos experimentais (Figura18). Essa diferenças caracterizam diminuição do índice de potássio nos períodos devido a já suposta diminuição dos níveis de K do solo, consequência da exportação de nutrientes pela planta. Entre os níveis de N impostos não se observou diferenças no índices de potássio, sendo considerados também acima do satisfatório, mesmo na dose zero de N onde a produção foi menor e a necessidade de K também diminui tendendo a maiores índices uma vez que é exigido menor quantidade do elemento quando com baixa disponibilidade de N.

Nesse sentido a absorção de elementos minerais pelos vegetais ajusta-se a velocidade de desenvolvimento de novos tecidos vegetais, de forma dinâmica a absorção e metabolismo do nitrogênio e carbono (Salette et al., 1973; Salette & Huché, 1991) e está ligada a disponibilidade de nutrientes no solo que possam ser absorvidos pelas plantas.

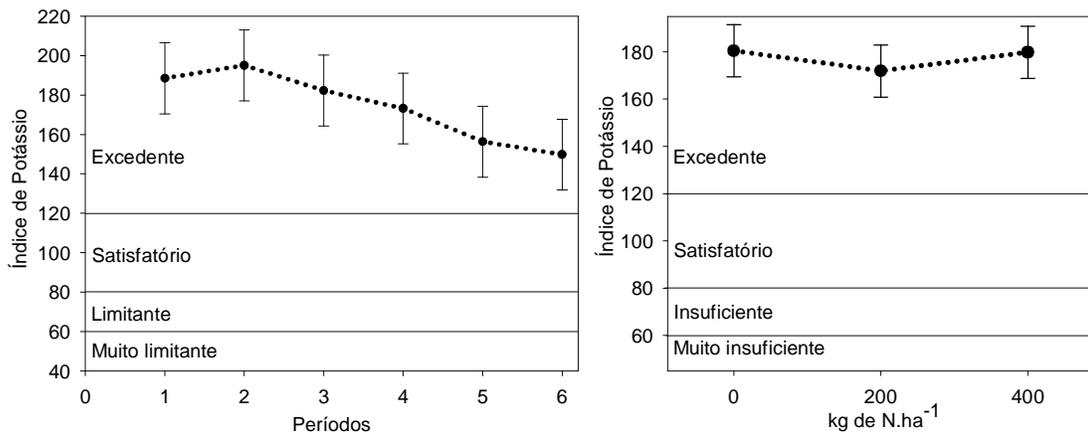


Figura 18 - Índice de potássio (iK) na pastagem *Brachiaria plantaginea* em função dos períodos de avaliação (esquerda) e a 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ (direita). Médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

A análise de solo apresenta algumas limitações quanto a real disponibilidade de nutrientes às plantas no momento exato a análise, pois depende da condição que os elementos estão disponíveis às plantas na solução do solo (Thélier-Huché et al., 1999), por exemplo, algum nutriente pode estar presente na solução do solo mas não está disponível à planta. Para tanto análises de uma amostra da biomassa aérea reflete, segundo Thélier-Huché et al. (1999), na absorção insuficiente ou excessiva de P e K possibilitando diagnosticar o status da nutrição da pastagem sendo possível definir, quando em cultivo, as necessidade de fertilização, por exemplo, de elementos essenciais como nitrogênio, fósforo e potássio.

4.10 TEORES DE FÓSFORO NA PLANTA

Os teores de P na planta não foram influenciados por nenhum dos fatores estudados: dose de N, intensidade de pastejo e períodos. Constatando-se como teor médio de P o valor de 1,2 g.kg⁻¹ de MS. Esse comportamento é basicamente pelo fato da limitação de P no solo em que foi conduzido o experimento (Figura 19) uma vez que a demanda de P pelo papuã foi superior ao aplicado considerando a alta produtividade de forragem apresentada pela espécie. Costa et al (2007) observaram teores de até 1,8 g.kg⁻¹ em *Brachiaria brizanta* em regime de

corde. Em observações feitas por Guss et al. (1990), verificou-se que os níveis críticos de P na parte aérea de plantas de *B. brizanta* cultivadas em latossolos variaram de 1,3 a 2,5 g.kg⁻¹, em contraposição a esse trabalho onde os teores de P estão abaixo do citado. Outros trabalhos observaram variação de 0,7 a 6,8 g.kg⁻¹ de P na planta recebendo doses crescentes de P (Martinez, 1980; Rossi & Monteiro, 1999).

Para a quantidade de P absorvido pela planta (teor de P na planta x produção de forragem acumulada) observou-se significativo acúmulo, entre os períodos, na extração do elemento pelo papuã chegando a 20,8 kg.ha⁻¹ de P, o que foi proporcionado pela diferença de produção de MS acumulada e não pelo teor de P na planta. Provavelmente o P foi disponibilizado ao papuã das reservas do elemento no solo, onde foi constantemente liberado para absorção das raízes e a adubação com superfosfato triplo na implantação do experimento não deve ter sido eficiente devido a aplicação a lanço. Contudo, em pastagens se torna difícil o manejo de adubação fosfata quando os níveis do elemento no solo são baixos e necessitariam de incorporação do fertilizante, devido a baixa mobilidade que tem o elemento no solo. Especialmente em pastagens perenes e em sistemas de plantio direto quando o revolvimento do solo não é preconizado como uma prática usual.

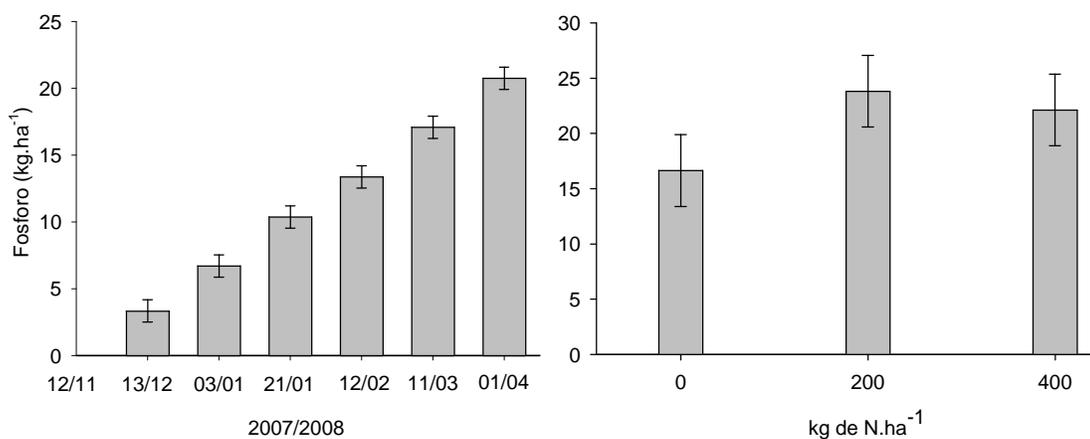


Figura 19 – Produção acumulada de Fósforo (kg.ha⁻¹) de papuã (*Brachiaria plantaginea*) nos períodos (esquerda) e total (direita) submetida a três doses de adubação nitrogenada e duas intensidades de pastejo em seis períodos de avaliação. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Nesse caso ou caminha-se para correções dos níveis de P no solo a longo prazo com aplicações constantes e manejo de solo ou pratica-se o revolvimento do solo em determinada época do ano em que a não se tem produções elevadas.

O mesmo aconteceu no sexto período, ou seja, a variação na absorção de P pela planta variou conforme foi a produção total de MS e com menores produções obtidas no tratamento sem N a quantidade de P absorvida por hectare foi menor aos tratamentos com adubação nitrogenada.

4.11 ÍNDICES DE FÓSFORO LIMITANTES AO DESENVOLVIMENTO DA PLANTA

Os teores de P não limitantes ao crescimento da planta (Salette & Huché, 1991) conforme os teores de N encontrados nas plantas de *B. plantaginea* estão expressos na Figura 20 e mostram que, quanto mais nitrogênio a planta absorve maior também é a necessidade de P.

Quando feita análise do teor de P na planta verifica-se que houve limitação quanto a disponibilidade desse nutriente na pastagem com valores próximos de $1,2 \text{ g.kg}^{-1}$ de MS de P, enquanto que seria necessário, conforme a disponibilidade de N e observações feitas na biomassa aérea de papuã, teores acima de $2,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de MS de P (Figura 20), praticamente o dobro do observado. Comprova-se então que, devido a falta de P disponível às plantas, foram limitadas as respostas conforme os tratamentos impostos e a produção de biomassa foi limitada, a qual poderia ter alcançado patamares ainda maiores de produtividade. Também pode usar essa justificativa para explicar a não resposta do papuã, segundo a produtividade, na dose de $400 \text{ kg de N.ha}^{-1}$.

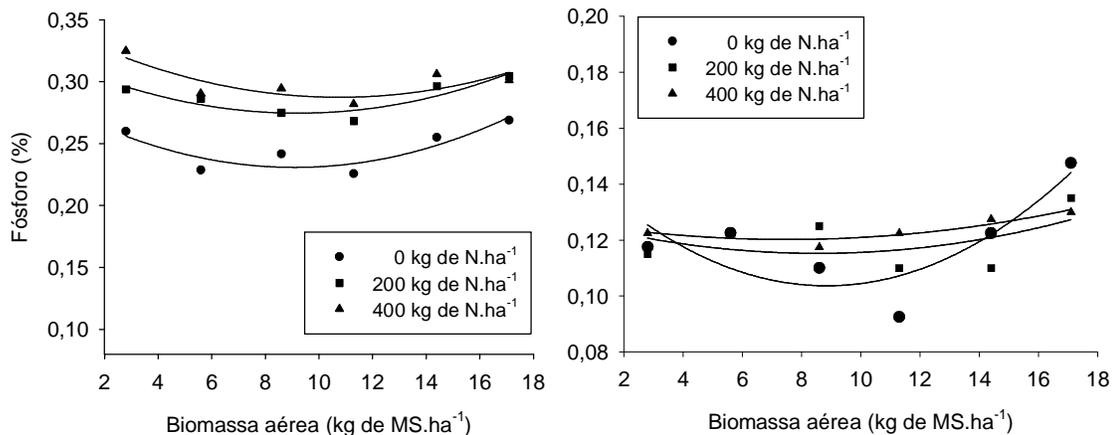


Figura 20 - Teores de fósforo (%P), não limitantes (esquerda) e observados na planta (direita) de *Brachiaria plantaginea* submetida a três doses de adubação nitrogenada. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, PR.

Ainda tendo em vista o ajuste da condição nutricional do solo quando sob cultivo, através da análise bromatológica da planta calculou-se, além do INN e iK, os índices nutricionais de P (iP) que delimitam a suficiência e a insuficiência do elemento ao desenvolvimento da planta conforme a quantidade de N aplicada (Duru & Théliier-Huché, 1997).

Não é possível afirmar, portanto, que a planta alcançou seu máximo potencial produtivo, pois mesmo apresentando consumo de “luxo” de N (Figura 9), conforme modelo matemático, os índices de fósforo (iP) calculados (Figura 21) foram muito abaixo do que seria satisfatório e alcançaram valores abaixo de 60, o que é considerado muito insuficiente (Théliier-Huché et al., 1999) e comprova o fato de que maiores respostas produtivas poderiam ser obtidas se o P não fosse limitante.

O índice de fósforo foi influenciado significativamente ($P=0,0038$) pela dose de N aplicada mesmo em níveis limitantes. Sem aplicação de N o índice de fósforo foi significativamente maior aos encontrados com aplicação de 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ (Figura 21). Isso também pode ser justificado ao fato de que com menores disponibilidade de N a exigência por P diminuiu e devido ao fato de a planta receber mais N o índice de fósforo tende a ser menor.

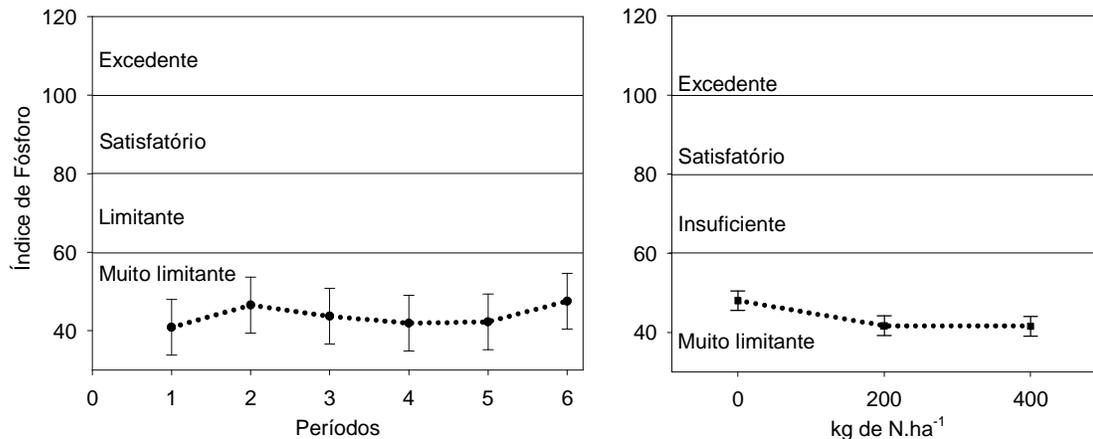


Figura 21 - Índice de fósforo (iP) na pastagem *Brachiaria plantaginea* em função dos períodos de avaliação (esquerda) e a 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ (direita). Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Em todos os períodos os índices de P estiveram muito limitantes não sofrendo variações significativas ($P=0,3974$). Como se constatou deficiência de P já no primeiro período, a correção com fertilizantes relacionados poderia ter sido feita já nos estágios iniciais da cultura a fim de que fosse possível disponibilizar melhores condições nutricionais à pastagem, podendo aumentar a produtividade, inclusive nos tratamentos que receberam 400 kg de N.ha⁻¹ onde a produção total de MS foi, embora sem diferenças significativas, 2.000 kg de MS.ha⁻¹ menor que na dose de 200 kg de N.ha⁻¹.

A disponibilidade de fósforo pode ter sido limitada pela aplicação a lanço de 60 kg de P₂O₅ sem ser incorporada ao solo. Estudos envolvendo sistemas de plantio direto apontam baixa eficiência da aplicação do P em superfície por ser um elemento com baixa mobilidade no solo.

Enfim a diagnose da condição nutricional da pastagem pode ser obtida através dessas ferramentas referentes a modelos matemáticos e capacitam o técnico a recomendar eficientemente quando realizar a aplicação de fertilizantes quando sob cultivo da espécie, sendo também um complemento a dados obtidos com análise de solo e contribui para evidenciar possíveis efeitos inibitórios ao fornecimento de nutrientes à planta, advindos de desequilíbrio nutricional do solo.

4.12 NITROGÊNIO NO SOLO

4.12.1 Nitrato (NO_3^-)

Foi significativa ($P < 0,0011$) a interação tripla entre períodos de coleta versus doses de nitrogênio versus intensidades de pastejo (Figura 22 e Figura 23). As quantidades de N-NO_3^- aumentam nos períodos com aplicação de 400 kg de N.ha^{-1} . No primeiro período observou-se que no tratamento MA o teor de nitrato no solo foi significativamente menor quando não aplicado nitrogênio (Figura 23) indicando que a condição nutricional era deficiente em nitrato. Em todos os outros períodos ocorreu maior quantidade de N-NO_3^- nos tratamentos que receberam 400 kg de N.ha^{-1} não sendo observada diferença entre a dose 200 kg de N.ha^{-1} e a testemunha 0 de N, isso em ambas as intensidades de pastejo MA e MB. Esse comportamento caracteriza maior eficiência pela planta em absorver o N inorgânico do solo quando aplicados 200 kg de N.ha^{-1} , já que na maior dose testada aparece acúmulo de nitrato entre os períodos.

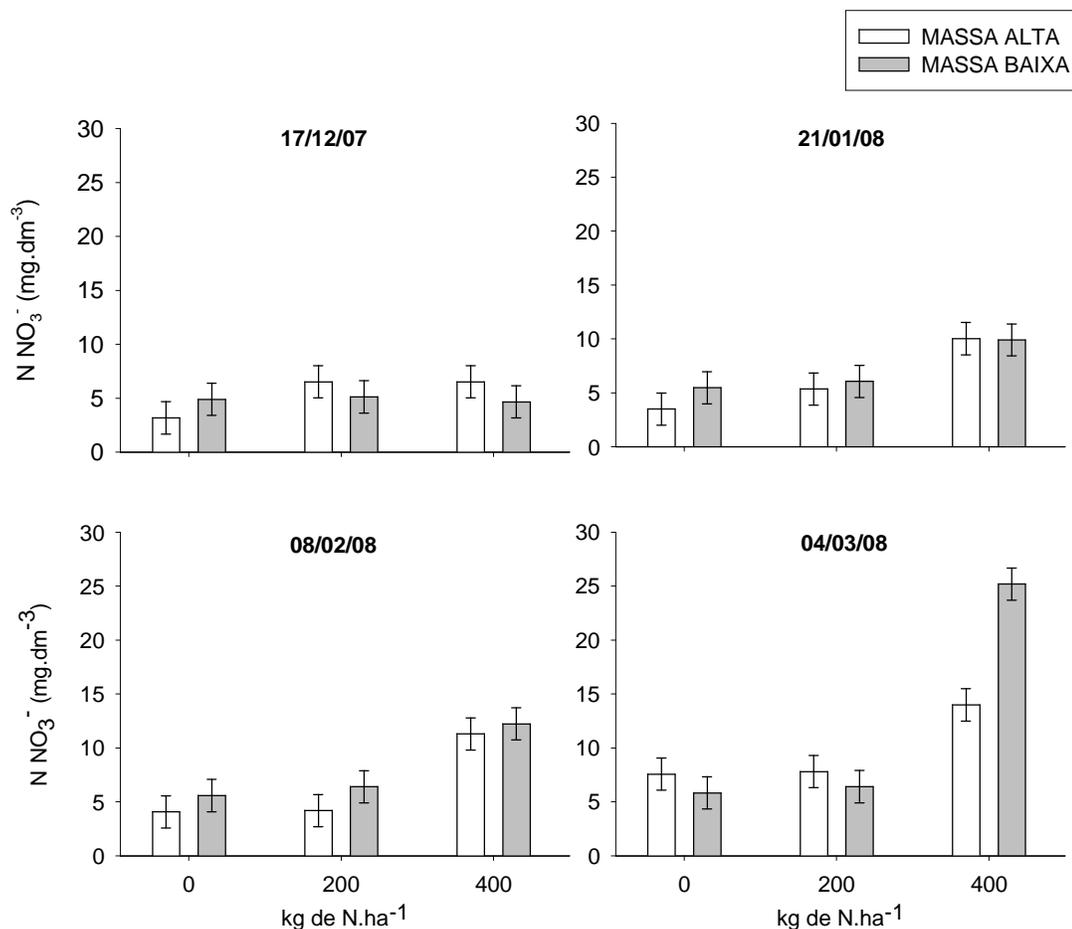


Figura 22 – Desdobramento da interação tripla entre período *versus* dose de N *versus* intensidade de pastejo para os teores de N-NO₃⁻ no solo. Comparação feita entre doses de N dentro de cada intensidade de pastejo para cada data. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2008.

Considerando os períodos observou-se que apenas para o tratamento com 400 kg de N.ha⁻¹ os teores de nitrato têm acúmulo significativo com a adição das frações de 100 kg de N.ha⁻¹, as quais aplicadas 10 dias antes de cada coleta (Figura 23) com maiores concentrações nos últimos períodos avaliados. Esse comportamento acontece para ambas as intensidades de pastejo.

Também no tratamento com 400 kg de N.ha⁻¹ ocorreu diferença significativa entre MA e MB no último período, onde no tratamento MB os teores encontrados no solo de nitrato, e que se acumularam durante o experimento, foram maiores em relação ao MA. Esse fato se deve a menor quantidade de biomassa sobre o solo e o N permanece em maior quantidade na forma inorgânica, enquanto

que no MA a maior quantidade de forragem acima do solo demanda mais N no processo de mineralização da matéria orgânica

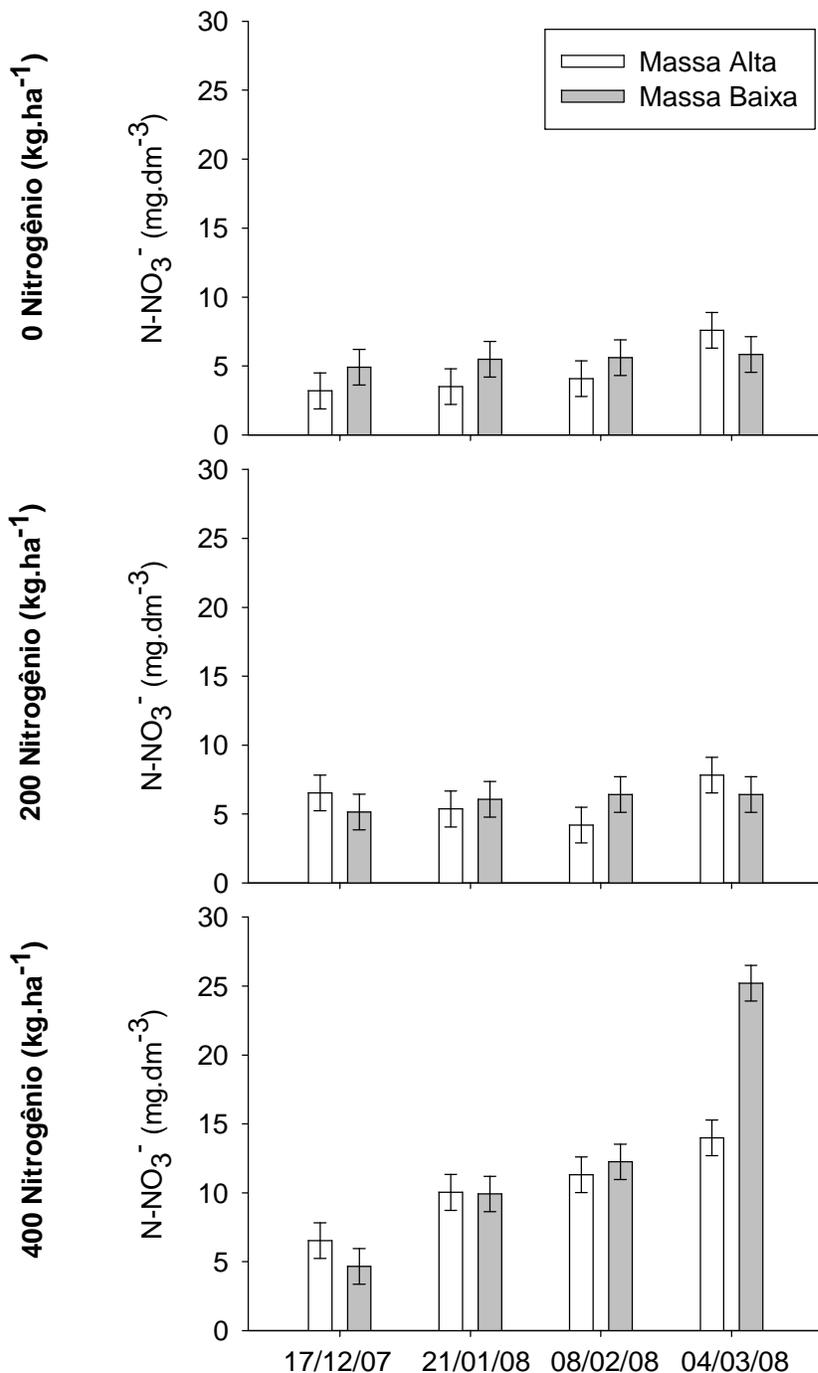


Figura 23 – Desdobramento da interação tripla entre período *versus* dose de N *versus* intensidade de pastejo para os teores de N-NO_3^- no solo. Comparação feita entre intensidades de pastejo dentro de cada data e entre datas dentro de cada intensidade de pastejo para cada dose de N. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, Campus de Pato Branco, 2008.

A aplicação de 200 kg de N.ha⁻¹ parceladas em quatro aplicações de 50 kg de N.ha⁻¹ foi proporcional a capacidade de absorção e aproveitamento do N pelo papuã, diminuindo perdas e aumentando a eficiência de utilização do nitrogênio. Contudo com aplicação de 400 kg de N.ha⁻¹ fracionadas em quatro aplicações de 100 kg de N.ha⁻¹ a disponibilidade de N no solo foi superior à capacidade de absorção da planta o que limitou eficiência de utilização do nutriente e acúmulo de nitrato no solo.

Nos primeiros períodos a quantidade de N aplicada é 1/4 da dose total e os teores de nitrato também são menores se comparados aos últimos períodos. Porém, nota-se que os teores de N-NO₃⁻ no tratamento com 200 kg de N.ha⁻¹ permanecem em todas as avaliações com cerca de 5 mg.dm⁻³, próximos dos encontrados no solo sem adição de fertilizante nitrogenado, enquanto que para a dose de 400 kg de N.ha⁻¹ os valores de N-NO₃⁻ no solo passam de 6,5 para 14 mg.dm⁻³ no tratamento MA e de 4,7 a 25,2 mg.dm⁻³ no MB. Então, além das diferenças observadas entre as doses de nitrogênio, entre as intensidades de pastejo também se verifica maiores teores de N-NO₃⁻ no solo em condições de baixa massa de forragem, indicando menor aproveitamento do nitrogênio pela planta nessas condições.

Hipóteses são levantadas de que, a quantidade de nitrogênio destinada ao processo de imobilização e mineralização da matéria orgânica é menor quando com baixas massas de forragem se comparado a altas massas de forragem. Nesse caso, quando o N não é armazenado no solo na forma orgânica passa pelo processo de nitrificação, levando o N a ficar na forma de nitrato e suscetível a lixiviação. Teoricamente, tem-se mais disponibilidade de N inorgânico no solo com baixa massa de forragem e a planta está sendo nutrida satisfatoriamente, contudo a diminuição da área foliar, proporcionada pela maior taxa de lotação, a produção de forragem limita-se.

Os teores de nitrato variaram com a profundidade de amostragem (Figura 24). Observam-se quantidades significativamente ($P < 0,05$) maiores de N-NO₃⁻ na profundidade de 0-5 cm abaixo da superfície do solo e diminuição já a partir de 5 cm de profundidade. Abaixo de 10 cm de profundidade os teores de nitrato são os menores encontrados, passam a ser constantes e não apresentam diferenças significativas entres as profundidades 10-20, 20-30 e 30-40 cm.

Como não foram observadas precipitações excessivas com quantidades abaixo da média dos últimos 20 anos (Figura 1), o volume de água via precipitação não foi suficiente para provocar a lixiviação do N-NO_3^- , pois segundo Drouineau (1969) essa forma de perda de N em profundidade é influenciada pelo fluxo descendente de água no solo.

Também a textura do solo de característica argilosa que confere maior atração de íons (Ernani & Barber, 1993), grande presença de matéria orgânica (5,7%) e altas produções de forragem proporcionadas por gramíneas como o papuã (Primavesi et al., 2006) contribuíram para que os teores de N-NO_3^- estivessem concentrados em maior quantidade nas camadas superficiais do solo. Os teores de N-NO_3^- nas camadas mais profundas analisadas estão próximas das encontradas nas parcelas que não receberam adubação nitrogenada. Outro fato é que devido ao sistema de plantio direto existe a tendência de que ocorra acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais do solo (Assmann, 2001) e a lixiviação não acontece.

Ainda existem outras hipóteses que justificariam esse comportamento do N-NO_3^- no solo como se considerar que a zona de lixiviação esteja abaixo de 40 cm, contudo os teores foram baixos já nessa profundidade e por mais que exista a presença de N-NO_3^- abaixo dessa profundidade, não deve ser devido a adubação nitrogenada feita no experimento, uma vez que sem adição de N os valores de N-NO_3^- não variam muito dos encontrados quando com aplicação de N, nessa profundidade. Ainda, pode ser considerado que, parte do nitrogênio tenha sido perdido por volatilização.

Primavesi et al. (2006) observou maiores variações dos teores de nitrato no solo até 40 cm de profundidade com 500 e 1.000 kg de $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ em pastagem de coastcross (*Cynodon dactylon* cv. Coastcross) avaliado o perfil do solo quanto a esse elemento até 160 cm e conclui que não há risco de contaminação do lençol freático em solos profundos de textura média ocupados por gramínea tropical manejada intensivamente quando não se utilizam adubações nitrogenadas superiores à capacidade de ciclagem da forrageira e quando se considera o potencial de fornecimento do solo.

Considerando um bom aporte químico e físico do solo as raízes das plantas geralmente desenvolvem-se na em cerca de 80% até profundidades de 40 cm (Primavesi et al., 2001) o que favorece a absorção de nitrato até essas

profundidades, auxiliando na redução da lixiviação do nitrato para camadas mais profundas.

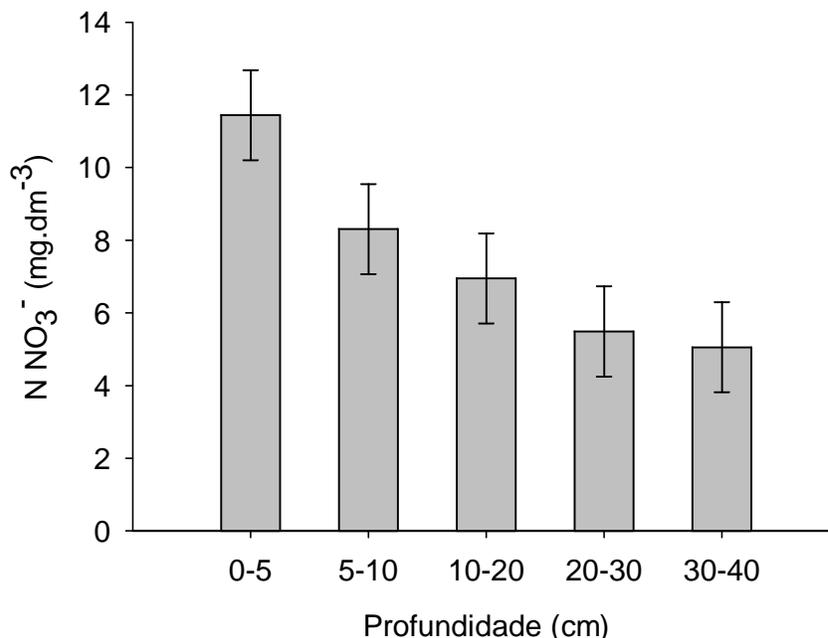


Figura 24 – Teores de N-NO₃⁻ (mg.dm³) no solo em função da profundidade (cm) em pastagem de papuã (*Brachiaria plantaginea*). Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem ($P < 0,05$) pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

4.12.2 Amônio (NH₄⁺)

Quanto aos teores de N-NH₄⁺ no solo observou-se apenas influência significativa ($P < 0,0366$) da dose de nitrogênio, sendo diferentes os tratamentos 0 de 400 kg de N.ha⁻¹, e não se observou diferenças significativas ($P > 0,05$) entre 0 e 200 kg de N.ha⁻¹ (Figura 25). Não foram observadas influências significativas das interações entre os fatores impostos na pastagem de papuã sobre os teores de N-NH₄⁺, bem como não houve influência do período, da intensidade de pastejo e da profundidade de amostragem para essa variável dependente, sendo a média do teor de N-NH₄⁺ de 6,5 mg.dm⁻³ de solo.

Esses resultados podem ter influenciado na baixa resposta da produção observada no tratamento com 400 kg de N.ha⁻¹, uma vez que o limite de tolerância de (NH₄⁺) é estreito, sendo que o excesso gera reações tóxicas (Tisdale et al., 1993).

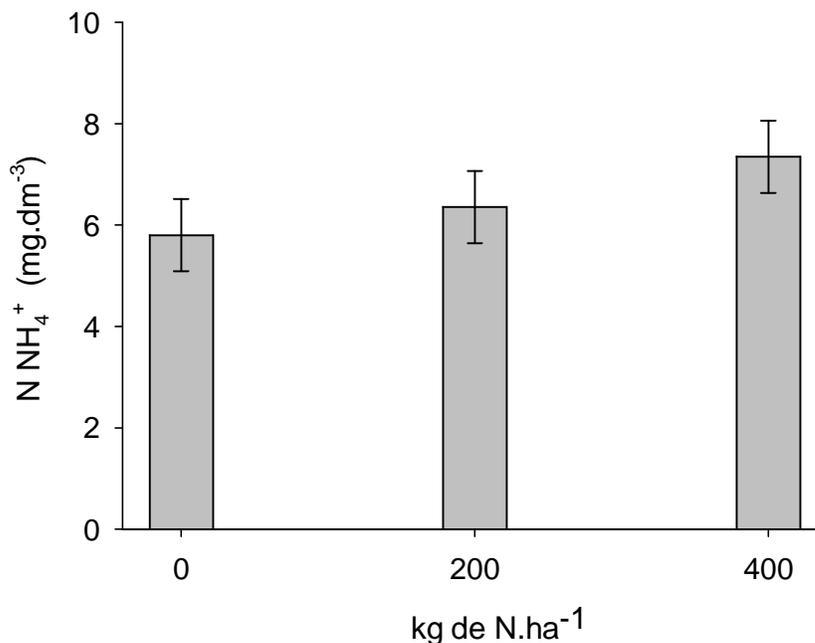


Figura 25 – Teores de N-NH₄⁺ no solo em função da dose de nitrogênio em pastagem de *Brachiaria plantaginea*. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

As condições de solo na área do experimento (características químicas e físicas) proporcionaram rápido processo de nitrificação e o N não permaneceu na forma amoniacal (Malavolta, 1981; Van Raij, 1991), o que caracteriza baixos índices de N-NH₄⁺ no solo e pouca variação entre doses e sem variação na profundidade e períodos de coleta. Uma vez que em solos aerados e calcareados o N-NO₃⁻ é a principal forma de N inorgânico disponível para o crescimento das plantas, já em solos com elevada acidez e inundados, o que não foi característica do solo desse trabalho, a forma que prevalece é N-NH₄⁺ (Raij, 1991). É interessante que grande a presença de maior quantidade de nitrogênio na forma de amônio uma vez que fica menos sujeita a lixiviação, contudo como observou-se para nitrato, não ocorreu lixiviação pela quantidade de N aplicada.

Grande parte do N pode ter sido destinado a mineralização da matéria orgânica especialmente no caso de gramíneas, que segundo Alexander (1980) possui alto potencial de imobilização de N.

4.12.3 Nitrogênio mineral ($N\ NO_3^- + N\ NH_4^+$)

Assim como para os teores de nitrato os de N-Mineral houve interação tripla entre períodos de coleta *versus* doses de nitrogênio *versus* intensidades de pastejo (Figuras 26 e 27), com mesma tendência de maior quantidade de N-Mineral com adição de 400 kg de $N\ ha^{-1}$. Como os teores de $N-NH_4^+$ não foram observados em quantidades significativas no solo e sem influência das doses de N, o comportamento do N-Mineral é relativamente parecido ao do nitrato em separado.

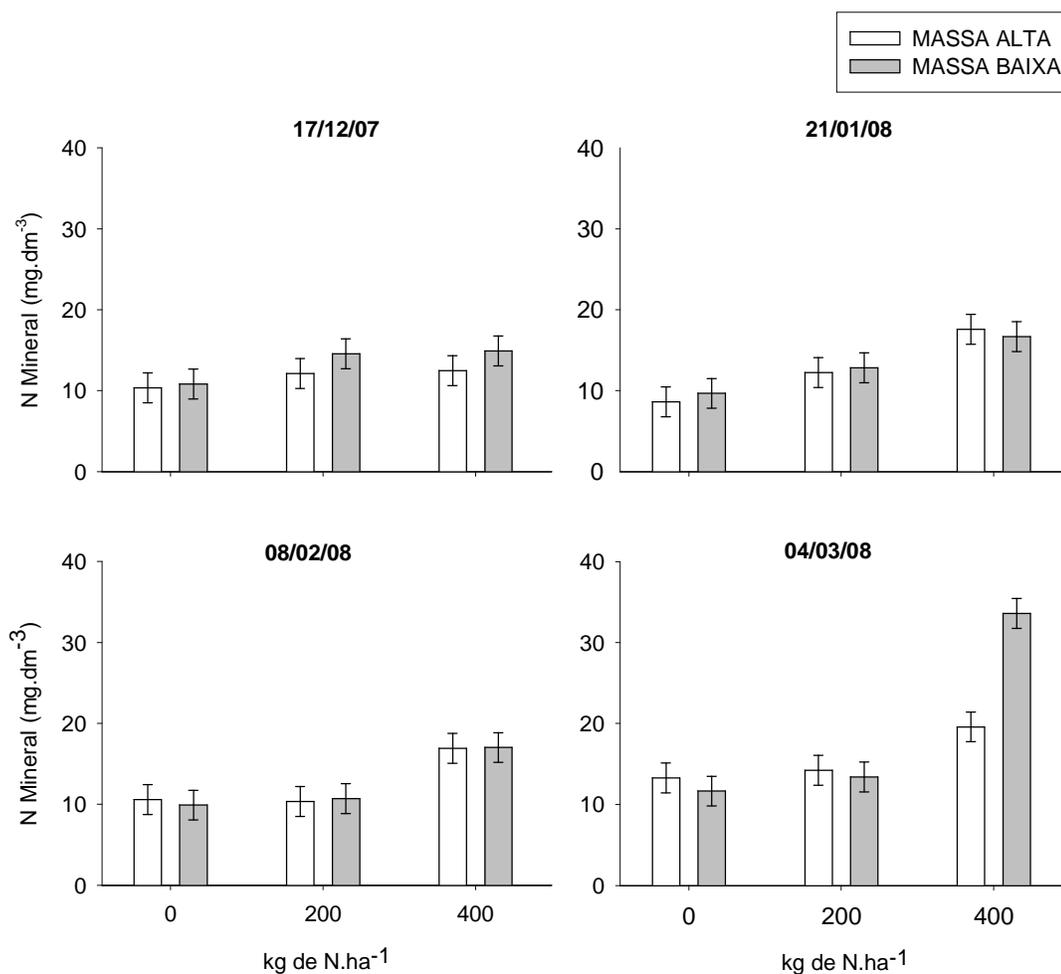


Figura 26 – Desdobramento da interação tripla entre período *versus* dose de N *versus* intensidade de pastejo para os teores de N-Mineral no solo. Comparação feita entre doses de N dentro de cada intensidade de pastejo para cada data. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2008.

No primeiro período apenas para MB ocorrem maiores teores de N-Mineral nos tratamentos com adição de N e com diferenças daquele sem o fertilizante. Em todos os outros períodos destacam-se maiores quantidades de N-

Mineral no solo do tratamento com 400 kg de N.ha⁻¹ e mesmos teores entre as outras doses de N testadas, esse fato acontece para as duas intensidades de pastejo (Figura 27).

As diferenças entre intensidades de pastejo estão expressas na Figura 27. Em todos os períodos avaliados observou-se diferenças significativas entre as intensidades de pastejo MA e MB. Contudo, a partir do segundo período ocorre crescente aumento nos teores de N-Mineral na intensidade de pastejo MA o que não reflete em variações exorbitantes e podem ter sido devido a algum processo de mineralização da matéria orgânica do solo. O que trás grande importância são os parecidos comportamentos no N-Mineral no solo que não recebem adubação nitrogenada e o que recebeu 200 kg de N.ha⁻¹, indicando que nessa dose de N a planta estava absorvendo grande parte do N disponibilizado via fertilizante mineral e tendo eficiência produtiva, uma vez que nesse tratamento foram observadas as maiores produções de forragem.

Com 400 kg de N.ha⁻¹ observa-se maiores teores de N nos últimos períodos, época em que encontrou-se diferenças entre MA e MB com maiores teores de N-Mineral no tratamento com menor massa de forragem, seguindo as mesmas situações encontradas apenas para nitrato.

Soares (1999) observou em coletas após 10 dias da última aplicação nitrogenada de 0, 150, 300 e 450 kg de N.ha⁻¹, respectivamente as quantidades de N-mineral de 3,35; 1,84; 5,87 e 25,45 mg.dm⁻³, enquanto que no presente trabalho, também após 10 dias da última aplicação de N observou-se 11,7; 13,4 e 33,6 mg.dm⁻³ de solo para 0, 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ respectivamente, valores relativamente superiores que podem ser devido a maior quantidade de matéria orgânica presente nesse trabalho, com valores de 5,7%, enquanto que no outro trabalho foram observadas no início do experimento valores de 2,6% de MO, também no trabalho realizado por Soares (1999) o N foi fracionado em cinco aplicações, enquanto que nesse trabalho foram no número de quatro.

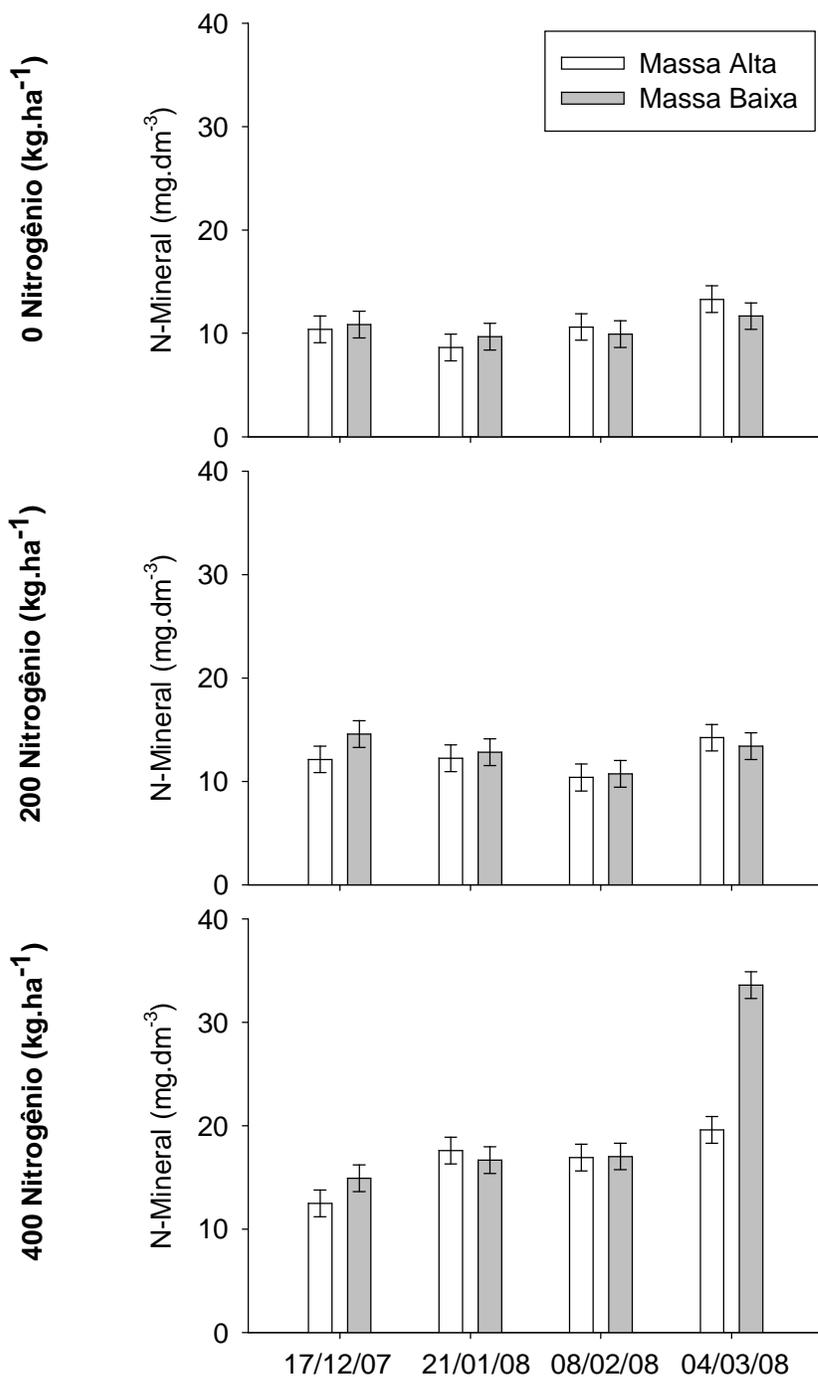


Figura 27 – Desdobramento da interação tripla entre período *versus* dose de N *versus* intensidade de pastejo para os teores de N-Mineral no solo. Comparação feita entre intensidades de pastejo dentro de cada data e entre datas dentro de cada intensidade de pastejo para cada dose de N. Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. UTFPR, *Campus* de Pato Branco, 2008.

Os teores de N-Mineral tiveram variação significativa ($P=0,001$) com a profundidade estando mais concentrado essa forma de N nas camadas superficiais do solo, especialmente até 10 cm de profundidade (Figura 28) quando, a partir dessa profundidade os teores de N-Mineral passaram a não apresentar diferenças significativas até 40 cm de profundidade.

Assmann (2001) considera um fator positivo a maior disponibilidade de N-mineral, pois o nutriente está na forma que as plantas teriam fácil acesso, mas também enfoca que esta disponibilidade pode expor o elemento mais intensamente aos processos de lixiviação que são intensificados pela urina dos animais. No presente trabalho então se observa que não houve lixiviação de N-Mineral advinda da adição do fertilizante nitrogenado uma vez que grande parte do N inorgânico concentra-se nas camadas superficiais e é normal encontrar N-Mineral em camadas mais profundas do perfil do solo devido ao processo de lixiviação, especialmente nitrato, advindas de adubações nitrogenadas anteriores ou mesmo no processo de liberação do N contido na matéria orgânica após ser decomposta.

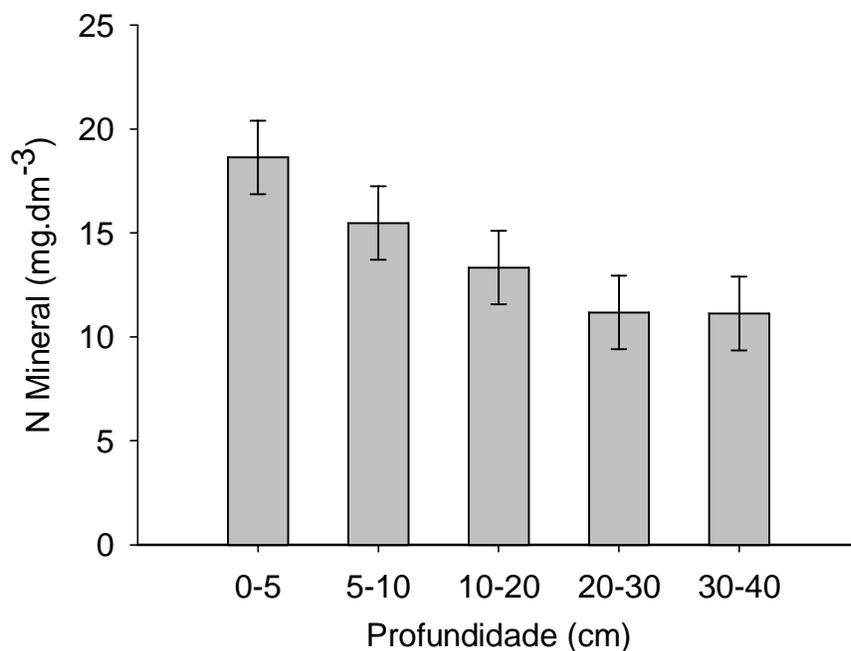


Figura 28 – Teores de N-Mineral ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) no solo em função da profundidade em pastagem de papuã (*Brachiaria plantaginea*). Entre as barras que não são coincidentes as médias diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. UTFPR, Campus de Pato Branco, PR.

Pode-se afirmar que não houve lixiviação devida também às características de solo e teores de matéria orgânica presente no solo. Solos argilosos, como os do experimento em questão são menos suscetíveis a lixiviação do nitrogênio (Bergström & Johansson, 1991). A prática do plantio direto também reduz o processo de lixiviação do nitrogênio (Assmann, 2001), pois em sistemas convencionais onde o solo é revolvido e a matéria orgânica é mais facilmente decomposta e o nitrogênio é disponibilizado no solo na forma inorgânica, sujeita a lixiviação (Viaux et al., 1999).

No trabalho realizado por Assmann (2001) em solo também com predominância de textura argilosa foi observado teores de 51,9 a 22,9 mg.dm⁻³ na profundidade variando de 0 a 20 cm com máximo de 300 kg de N.ha⁻¹, valores superiores ao desse trabalho onde a 40 cm encontrou-se de 13,3 a 11,1 mg.dm⁻³ de 10 a 40 cm de profundidade. Também Soares (1999) observou 26,56 mg.dm⁻³ de solo na profundidade de 20 a 40 cm com após 10 dias da aplicação de última fração de N totalizando 450 kg de N.ha⁻¹.

Não sendo observada interação entre profundidade *versus* doses de N ou mesmo entre profundidade *versus* período de coleta presume-se que o comportamento do N-Mineral no solo em profundidade foi uniforme em ambas as doses e em ambos os períodos, isso caracteriza ausência do processo de lixiviação do N-mineral a partir da adição de nitrogênio. Também se observa o mesmo comportamento em profundidade para dose 0 de N e para com as outras 200 e 400 kg de N.ha⁻¹ e que a presença de N-Mineral nas camadas mais profundas do solo se deve a liberação do elemento pela mineralização da matéria orgânica.

5 CONCLUSÕES

O papuã demonstrou ser uma excelente forrageira pela alta produtividade, longo período de utilização e alto valor nutritivo da forragem alcançando produções de 19.834 kg de MS.ha⁻¹ em 138 dias de cultivo.

A adubação nitrogenada proporciona maior produtividade de forragem e concentração de nitrogênio na biomassa aérea de plantas.

A adição de fertilizantes nitrogenados acelera a taxa de mineralização do nitrogênio contido na matéria orgânica aumentando a eficiência de uso do nutriente.

O nitrogênio interfere na absorção de fósforo e potássio e a demanda da planta por fósforo e potássio é maior com aumento da disponibilidade de nitrogênio.

As intensidades de pastejo propostas não influenciaram a produção de forragem bem como para os teores de nitrogênio fósforo e potássio e respectivos índices nutricionais.

Não foi observada lixiviação de N-Mineral, mesmo na maior dose de nitrogênio aplicada. Mas com aumento da dose de N ocorreu acúmulo de nitrato no solo nas camadas superficiais.

Os modelos matemáticos propostos caracterizaram o estado nutricional das plantas e servem para explicar variações na produtividade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices de fósforo, potássio e nitrogênio calculados podem ser usados como ferramenta na recomendação de adubação na pastagem já formada tendo como base análises bromatológicas da biomassa aérea das plantas. Sendo assim tem-se um instrumento para avaliar e quantificar o estado nutricional da planta quanto a nutrientes de grande importância ao desenvolvimento da planta, de forma simples e eficiente. Além disso, esse método permite ser usado em qualquer estágio vegetativo da cultura, especialmente nos períodos iniciais, o que evitará tanto o desperdício do nutriente quanto a falta do mesmo para a planta.

Contudo, em nível de produtor rural ainda existem limitações quanto à utilização desses modelos matemáticos, uma vez que o produtor tem restrições técnicas para diagnosticar a produção de forragem acumulada. Porém, essas ferramentas podem sim servir para caracterizar e explicar possíveis causas de variação na produtividade de determinadas espécies vegetais quando avaliadas em experimentos atrelados a nutrição de plantas.

Tendo isso em vista, novos e constantes estudos devem ser feitos a fim de diagnosticar resultados que comprovem a utilização de novas alternativas para diagnose da condição nutricional e em diferentes regiões edafoclimáticas, bem como se faz necessária a difusão dessas ferramentas de forma mais intensiva no meio produtivo.

Como visto, o papuã demonstrou satisfatória produtividade, valor nutritivo e tempo de utilização, além de apresentar ressemeadura natural. A afirmação de que essa espécie é uma planta invasora deve ser cautelosa. Para propriedades que se inserem em qualquer sistema que envolva produção de ruminantes (bovinos, caprinos e ovinos), o papuã é uma espécie forrageira de alto potencial e estudos sobre tal devem ser difundidos, assim como o uso racional dessas alternativas.

REFERÊNCIAS

AITA, Valmir. **Utilização de diferentes pastagens de estação quente na recria de bovinos de corte**. 1995. 103f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1995.

ALEXANDER, M. Decomposición de la materia orgánica. In: ALEXANDER, M. **Introducción a la microbiología del suelo**. México: AGT, 1980. p. 142-162.

ARAÚJO, A.A. **FORAGEIRAS PARA CEIFA**. Porto Alegre, Ed. Sulina, 1967. 257p.

ASSMANN, Tangriani. Simioni. **Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. 2001. 59f. Tese (Doutorado em Produção vegetal) - Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

ASSMANN, T.S.; CASSOL, L.C.; ASSMANN, A.L. Manejo da fertilidade do solo (ciclagem de nutrientes) em sistema de integração lavoura-pecuária. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 1., 2002, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p.300.

BARBOSA, R.A.; JÚNIOR, D.N.; EUCLIDES, V.P.B.; et al. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42, n.3, mar-2007

BAUER, A.; COLE, C.V. BLACK, A.L. Soil property comparisons in virgin grassland between grazed and non grazed management systems. **Soil Science Society America Journal**. v.51, p. 176-182, 1987

BERGSTRÖM, L.; JOHANSSON, R. Leaching of nitrate from monolith lysimeters of different types of agricultural soils. **Journal of Environment Quality**, v.20, p.801-807, 1991.

BOBATO, Alexon. **Curva de diluição: uma ferramenta para o diagnóstico do estado nutricional da cultura do milho**. 2003. 52 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco.

BOBATO, Alexon. **Índice nutricional do nitrogênio: uma ferramenta para o diagnóstico do estado nutricional da cultura do milho**. 2006. 76f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Pós-Graduação em Ciência do Solo, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 897-903, 2000.

BREMMER, J.M. Recent research on problems in the use of urea as a nitrogen fertilizer. **Fertilizer Research**, The Netherlands, v.42, p.321-329, 1985.

BROWN, R.H. Growth of C3 and C4 grasses under low N levels. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 954-957, 1985.

CAMARGO, A.O.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. ESALQ, Piracicaba, SP. 1997. 132p.

CAMPBELL, A.G. Grazed, pasture parameters: I. Pasture dry matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cow. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.67, n.2, p.199-210, 1966.

CARADUS, J.R. The structure and function of white clover roots systems. **Advances in Agronomy**, New York. v.43, p.1-46, 1990.

CARAMBULA, M. Verdeos de inverno. In: PRODUCCIÓN y MANEJO DE PASTURAS SEMBRADAS. Motevideo. Ed:Hemisfério Sru,p. 217-242. 1977.

CERETTA, C.A; FRIES, M.R. Adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. In: NUERNBERG, N.J. Plantio direto: conceitos, fundamentos e práticas culturais. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 1997. p. 111-120.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 2004. 393 p.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V. et al. Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizanta* cv. MG-5. **Ciência agrotécnica** . Lavras, v.31, n.4, p.1197-1202, jul./ago., 2007.

CORSI, M. Uréia como fertilizantes na produção de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 2, 1984, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1984. 363p. p.275-308.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PIEXOTO, A.M., MOURA, J.C. de, FARIA, V.P. de. PASTAGENS:FUNDAMENTOS DA EXPLORAÇÃO RACIONAL. Piracicaba: FALQ, 1986. p.109-132.

CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; PAGOTTO, D.S. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S (Ed.). A

PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS – PASTAGENS. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 838-852.

CÓSER, A.C., MARASCHIN, G.E. Desempenho animal em pastagens de milheto comum e sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.4, p. 421-426, 1983.

DROUINEAU, G. Influence of irrigation on the distribution of fertilizer elements in the soil profile. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 7., Bern, 1969. **Anais...** Bern, International Potash Institute, 1969. p.96-105.

DURU, M. Diagnostic de la nutrition minérale de praires permanentes au printemps. II. Validation de références. *Agronomie*, v.12, p.345-357, 1992.

DURU, M.; THÉLIER-HUCHÉ, L. N and P-K status of herbage: use for diagnosis on grasslands. In: DIAGNOSTIC PROCEDURES FOR CROP N MANAGEMENT. Les colloques de l'INRA, n.82, 125-138, 1997.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Curitiba: SUDESUL/ IAPAR, 1984. 2V. (Boletim Técnico, 27).

ECKERT, D. J.; DICK, W. A.; JOHNSON, J.W. Response of no-tillage grown in corn and soybean residues to several nitrogen fertilizer sources. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, p.231-235, 1986.

ERNANI, P.R.; BARBER S.A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.41-46, 1993.

FAQUIN, V.; HOFFMANN, C.R.; EVANGELISTA, A.R.; et al. O potássio e o enxofre no crescimento da braquiária e do colônio em amostras de um latossolo da região Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.3, p.87-94, 1995.

FERNANDES, M.S.; ROSSIELO, R.O.P. Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T. et al. (Ed.). Calagem e adubações de pastagens. Piracicaba: Potafós, 1986. p.93-123.

FOLLETT R.F.; WILKINSON S.R. Soil fertility and fertilization of forages. In: HEATH M.E., ET AL. , ED. FORAGES: THE SCIENCE OF GRASSLAND AGRICULTURE. Ames: Iowa State Univ. Press, 1985:304-317.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; et al. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com milho para silagem no sistema de plantio direto. **Revista Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.23, n.1, p.49-58, 2005.

FULKERSON, W.J.; SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 1. Effect of water-soluble carbohydrates and senescence. **Grass and Forage Science**, v.49, p.373-377, 1994.

GIMENES, M.J. **Alternativa de consórcio entre milho e brachiárias no manejo e controle de plantas daninhas**. 2007. 82f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

GUSS, A.; GOMIDE, J.A.; NOVAIS, R.F. Exigência de fósforo para o estabelecimento de quatro espécies de *Brachiaria* em solos com características físico-químicas distintas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v.19, p.278-289, 1990.

HODGSON, J. *Grazing management: science into practice*. New York: John Wiley & Sons, 1990. 203p.

HOGLUND, J.H.; CRUSH, J.R.; BROCK, J.L.; et al. Nitrogen fixation in pasture. 12. General discussion. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, Wellington, v.7, p.45-51, 1979.

HOPKINS, W.G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley, 1995. 46p.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.; SUHET, A.; PERES, J. Fixação biológica de nitrogênio na soja. IN: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. MICROORGANISMO DE IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA. 1994, EMBRAPA-CNPAP, p.9-89, 1994, documento 44.

JARVIS, S.C. Soil-plant-animal interactions and impact on nitrogen and phosphorus cycling and re-cycling in grazed pastures. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL "GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY", Curitiba, 1999. **Proceedings...** Curitiba: Ed. UFPR, 1999. p.215-234.

KORNDÖRFER, G.H.; VALLE, M.R.; MARTINS, M.; et al. Aproveitamento do nitrogênio da uréia pela cana-planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.1, p.23-26, 1997.

LANÇANOVA, J.A.C.; RESTLE, J.; SANTOS, G.L. Digestibilidade e produção de matéria seca digestível do capim papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc) sob efeito de frequências de corte e nitrogênio. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.18, n.3-4, p.319-327, 1988a.

LANÇANOVA, J.A.C., RESTLE, J., SANTOS, G.L. Produção e qualidade do capim papuã (*Brachiaria plantaginea*) sob efeito de frequências de corte e nitrogênio. **Ciências Rural**. Santa Maria, v.18, n.3, p.343-354., 1988b.

LEDGARD, S.F.; BRIER, G.J.; UPSDELL, M.P. Effect of clover cultivar on production and nitrogen fixation in clover-ryegrass swards under dairy cow grazing. **New Zealand Journal of Agriculture Research**, Wellington, v.33, p.243-249, 1990.

LEMAIRE, G.; SALETTE, J. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de l'effet du milieu. **Agronomie**, Paris, v. 4, p. 423-430, 1984.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F. SALETTE, J. Analysis of the effect of N nutrition on dry matter yield of a sward by reference to potential yield and optimum N content. In: XVI INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, Nice, p.179-180, 1989.

LEMAIRE, G. (Ed.). Diagnosis of the nitrogen status in crops. Berlin: Springer, 1997. p. 1-56. In: LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES E CORRETIVOS AGRÍCOLAS: ASPECTOS AGRONÔMICOS. 2.ed. rev.e atual. São Paulo: ANDA, 1992. 64p. (ANDA. Boletim Técnico, 4).

LUPATINI, G.C.; MOOJEN, E.L.; RESTLE, J.; et al. Avaliação de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) sob pastejo com níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.10, p.715-720, 1995.

LUPATINI, Gelci Carlos. **Produção animal em milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) submetido a níveis de adubação nitrogenada**. 1996. 126f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1996

MAAK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968. 350p.

MAGDOFF, F. Understanding the Magdoff pre-sidedress nitrate test for corn. **Journal of Production Agriculture**, Madison. v. 3, n. 4, p. 297-305, 1991.

MALLARINO, A.P. Manejo de fósforo e potássio y starters para maiz y soya en siembra directa. In: CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID, 5., Mar del Plata, 1997. **Conferências**. s. l. : s. ed., 1997. p.11-19.

MALAVOLTA, E. Os elementos minerais. In: ELEMENTOS DE NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS. Ed.: Agronômica Ceres. São Paulo, 1980.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola – adubos e adubações**. 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981, 596p.

MARTHA JÚNIOR, G.B. **Produção de forragem e transformações do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim tanzânia**. 2003. 149f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

MARTINEZ, H.E.P. **Níveis críticos de fósforo em *Panicum maximum* (Stapf) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt, *Digitaria decumbens* Stent, *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, *Panicum maximum* Jacq. e *Pennisetum purpureum* Schum.** 1980. 90p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

MARTINS, J.D.; RESTLE, J.; BARRETO, I.L. Produção animal em capim papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc) submetido a níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.5, p.887-892, 2000.

MATTOS, W.T.; MONTEIRO, F.A. Respostas de *Braquiaria brizanta* a doses de potássio. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v.55, n.3, p. 1998.

MELLO, F.A.F. **Uréia fertilizante**. 1 ed. Campinas: Fundação Cargil, 192 p., 1987.

MELLO, F. de A.F.; BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do.; ARZOLLA, S. et al. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1989. 400p.

MELLO, N.A. Degradação Física dos Solos sob Integração Lavoura Pecuária. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 1., 2002, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p.300.

MORAES, A.; LUSTOSA, S.B.C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 1997. p.129-149.

MORAES, A., MOOJEN, E.L., MARASCHIN, G.E. Comparação de métodos de estimativa de taxas de crescimento em uma pastagem submetida a diferentes pressões de pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27, 1990, Campinas. **Anais ...** Campinas: SBZ, 1990. p.332.

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J.; et al. Opções de forrageiras de entressafra e inverno em sistema de integração lavoura e pecuária. In: I ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL. **Anais...** Pato Branco, PR, 14-16 de agosto de 2002. p.327-346.

MOREIRA, S.G.; CARVALHO, C.A.. **Sistema Santa Fé: Uma alternative para produção de grãos e recuperação de pastagens**. Disponível em: <<http://www.rehagro.com.br/publicacao>>. Acesso em 30 de julho de 2008.

MOTT, G.O., LUCAS, H.L. The design, conduct and interpretation of grazing trails on cultivated and improved pastures. In: PROC. INTL. GRASSLD. CONGR., 6, 1952, State College. **Proceedings...** State College : Pennsylvania State College, 1952. p.1380-1395.

NEUMANN, M; LUPATINI, G.C. Sistemas de forrageamento e alternativas para intensificação da produção de carne bovina integrados a lavoura. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 1., 2002, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p.300.

PAGOTTO, D.S. comportamento do sistema radicular do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) sob irrigação e submetido a diferentes intensidades de pastejo.

Piracicaba, 2001. 51p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PETRUCCI, R.; SANTOS, G.L.; RESTLE, J. Efeito de diferentes épocas de preparo do solo e altura de corte na produção do capim papuã (*Brachiaria plantaginea* Linck Hitchc). In: REUNIÃO ANUAL SOC. BRAS. ZOOTEC., 26, 1989, Porto Alegre. **Anais...** Viçosa : Soc Bras Zootec, 1989. p.44. 461p.

PLÉNET, D.; CRUZ, P. Maize and sorghum. p. 93–106. In: G. LEMAIRE (ED.) DIAGNOSIS OF THE NITROGEN STATUS IN CROPS. Springer–Verlag, New York.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; et al.. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.1, p.68-78, 2004.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; et al. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.40, n.3, p.247-253, mar, 2005.

PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; PRIMAVESI, A.C. et al. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross**: eficiência e perdas. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001a. 42p. (Circular Técnica, 30)

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; CORRÊA, L.A.; et al. Lixiviação de nitrato em pastagem de coastcross adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.3, p.683-690, 2006.

RAIJ, B.V. **Avaliação da fertilidade do solo**. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1991. 142p.

RESTLE, J.; ROSO, C.; AITA, V., NORBERG. J.L et all. Produção Animal em Pastagem com Gramíneas de Estação Quente. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.31, n.3, p.1491-1500, 2002.

RESTLE, J.; PACHECO, P.S.; PASCOAL, L.L.; et al. Efeito da pastagem, da produção e da composição do leite no desempenho de bezerros de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.691-703, 2004.

ROSSI, C.; MOTEIRO, F.A. Doses de fósforo, épocas de coletas e o crescimento e diagnose nutricional nos capins brachiaria e colômbia. **Scientia Agriola**. v.56, n.4, p.1101-1110, out/dez, 1999.

SALETTE, J. **The role of fertilizers in improving herbage quality and optimization of its utilization**. Proc.of the 12th Intern. Postash Inst. Coar., Goslar, June 1982, 305p., Ed.: I.I.P., Berne, 117-144.

SÁ, J.C. de M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro : Fundação ABC, 1993. 96p.

SÁ, J.C. de M. Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, processos de transformação e estratégia de fertilização para a produção de grãos no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID, 5., Mar del Plata. 1997. **Conferências**. s. l. : s. ed., 1997. p.99-131.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. IN 8 INTERRELAÇÃO FERTILIDADE, BIOLOGIA DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. **Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships**. Viçosa: SBCS, 1999. p. 267-320.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p.65-70, jan./fev. 2003.

SANTI, A.; AMADO, T.J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. In. Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, nov./dez. 2003, vol.27, n.6, p.1075-1083.

SALETTE, J; HUCHÉ L. Diagnostic de l'état de nutrition minérale d'une prairie par analyse de végétal: principes, mise en ceuvre, exemples. *Fourrages*, n.125, 3-18, 1991.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO ESTADO DO PARANÁ - SEAB. **Perfil da Agropecuária paranaense de 1997**. Disponível em:<<http://www.pr.gov.br/seab/revista/pdf>> Acesso em: 20 dez. 2008.

SILVA, S.C.; FARIA, V.P.; CORSI, M. Sistema intensivo de produção de leite em pastagem de capim elefante do Departamento de Zootecnia da ESALQ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GADO LEITEIRO, 2., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p.97-122.

SOARES, André Brugnara. **Nível de adubação nitrogenada sobre a produtividade animal e da pastagem de triticale (Xtriticosecale) e azevém (Lolium multiflorum)**. 1999. 189f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

SWISTOCK, B.R.; W.E. SHARPE; P.D.;ROBILLARD. 1993. A survey of lead, nitrate, and radon contamination of private individual water systems in Pennsylvania. **Journal Environ. Health** 55:6–12.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. San Diego: The Benjamin/Cummings, 1991. 565p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**, Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 174p. 1995.

THÉLIER-HUCHÉ, L.; FARRUGGIA, A.; CASTILLON, P. **L'analyse d'herbe: un outil pour phosphate et potassique des prairies naturelles et temporaires**. Institut de L'Évage, Juin, 1999.

THOMSON, N.A. Techniques available for assessing pasture. **Dairy Farming Annual**, Palmerston North, v.38, n.2, p.113-121, 1986.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. New York: Macmillan Publishing Company, 1993. 634 p.

THORNLEY, J.H.M.; VERBERNE, E.L.J.A model of nitrogen flows in grassland. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.12, p.863-886, 1990.

THORNTON, B.; MILLARD, P. The effects of nitrógeno supply and defoliation on the seasonal internal cycling of nitrogen in *Molinia caerulea*. **Journal of Experimental Botany**, v.44, p.531-536, 1993.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales em América Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.25-29.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo. Agronômica Ceres, 1991. 343p.

VALE, F.R.; SILVA, C.A.; PORTO, D. Nitrificação em solos do sudoeste da Bahia incubados com uréia ou sulfato de amônio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1991, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1991. p.180.

VIAUX, P.; BODET, J.M.; LE GALL, A. Complémentarité herbe-cultures dans les rotations. **Fourrages**, Versailles, v.160, p.345-358, 1999.

VICENTE-CHANDLER, J. Intensive grassland management in Puerto Rico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.2, n.2, p.173-215, 1973.

WHITEHEAD, D.C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. 397p.

WILKINSON, S.R.; LOWREY, R.W. cycling of mineral nutrients in pasture e ecosystems. In: BUTLER, G.W.; BALLEY, R.W. (Eds.) **Chemistry and biochemistry of herbage**. New York: Academic Press, 1973. p.247-315.

WILM, H.G.; COSTELO, O.F.; KLIPPLE, G.E. Estimating forage yield by the double sampling method. **Journal of American Society of Agronomy**, v.36, p.194-203, 1949.

ANEXOS

Anexo 1 – Quadrados médios, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação e média geral da produção de forragem acumulada e taxa de acúmulo de *Brachiaria plantaginea*, Pato Branco, PR.

Fonte de variação	GL	Produção de	Taxa de acúmulo
		forragem acumulada	Quadrados médios
Período	5	347240000 *	6975,36 ^{ns}
Erro 1	5	1455070	4260,85
Intensidade	1	16797000 *	1604,08 ^{ns}
Dose de N	2	75471800 *	13660,10 *
Bloco	1	3069000 ^{ns}	87,37 ^{ns}
Período x Intensidade	5	1152240 ^{ns}	1339,55 ^{ns}
Período x Dose de N	10	4178730 ^{ns}	1119,66 ^{ns}
Intensidade X Dose de N	2	960067 ^{ns}	77,04 ^{ns}
Período x Intensidade x Dose de N	10	779725 ^{ns}	2199,60 ^{ns}
Erro 2	30	347240000	3330,44
Coeficiente de Variação		11,0	45,6
Média		9.338,7	126,5

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Anexo 2 – Quadrados médios, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação e média geral da produção de forragem total de *Brachiaria plantaginea*, Pato Branco, PR.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
		Produção de forragem total
Intensidade	1	5761600,0 ^{ns}
Dose de N	2	39665000,0 *
Bloco	1	16442,8 ^{ns}
Intensidade X Dose de N	2	65346,9 ^{ns}
Erro	5	2954550,0
Coeficiente de Variação		10,0
Média		17.104,5

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Anexo 3 – Quadrados médios, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação e média geral do teor de nitrogênio (%) e índice nutricional nitrogenado (INN) de *Brachiaria plantaginea*, Pato Branco, PR.

Fonte de variação	GL	Teor de N na planta	INN
		Quadrados médios	
Período	5	0,0382722 *	11807,800 *
Erro 1	5	0,2625370	126,192
Intensidade	1	0,0570792 ^{ns}	4,014 ^{ns}
Dose de N	2	0,0991820 *	32782,200 *
Bloco	1	0,5592570 ^{ns}	66,125 ^{ns}
Período x Intensidade	5	0,0722000 *	457,547 ^{ns}
Período x Dose de N	10	4,4027400 ^{ns}	604,783 *
Intensidade X Dose de N	2	0,1925370 ^{ns}	491,556 ^{ns}
Período x Intensidade x Dose de N	10	0,0678492 ^{ns}	271,639 ^{ns}
Erro 2	30	0,0924272	217,314
Coeficiente de Variação		15,4	11,4
Média		1,97	129,7

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Anexo 4 - Quadrados médios, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação e média geral da quantidade de nitrogênio absorvida pela pastagem de *Brachiaria plantaginea*, Pato Branco, PR.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio da quantidade de N absorvido
Período	5	172615,00 *
Erro 1	5	702,46
Intensidade	1	1971,20 ^{ns}
Dose de N	2	115930,00 *
Bloco	1	3268,47 ^{ns}
Período x Intensidade	5	4774,61 *
Período x Dose de N	10	5624,53 *
Intensidade X Dose de N	2	1308,83 ^{ns}
Período x Intensidade x Dose de N	10	965,68 ^{ns}
Erro 2	30	1795,57
Coeficiente de Variação		21,0
Média		201,8

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Anexo 5 - Quadrados médios, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação e média geral dos teores potássio (%) e quantidade de absorvida de potássio de plantas de *Brachiaria plantaginea*, Pato Branco, PR.

Fonte de variação	GL	Teor de Potássio	Quantidade absorvida de Potássio
		Quadrados médios	
Período	5	2,82920 ^{ns}	761919,00 *
Erro 1	5	0,61936	1857,66
Intensidade	1	3,31961 *	424,72 ^{ns}
Dose de N	2	3,27082 *	368770,00 *
Bloco	1	1,63202 *	89,89 ^{ns}
Período x Intensidade	5	0,24662 ^{ns}	686,61 ^{ns}
Período x Dose de N	10	0,25964 ^{ns}	19475,80 *
Intensidade X Dose de N	2	0,01903 ^{ns}	8783,95 ^{ns}
Período x Intensidade x Dose de N	10	0,22445 ^{ns}	2415,86 ^{ns}
Erro 2	30	2,82920	8914,33
Coeficiente de Variação		13,0	19,2
Média		4,64	490,771

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Anexo 6 - Quadrados médios, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação e média geral do índice de potássio em pastagem de *Brachiaria plantaginea*, Pato Branco, PR.

Fonte de variação	GL	Índice de potássio
Período	5	3896,380 *
Erro 1	5	431,492
Intensidade	1	1144,010 ^{ns}
Dose de N	2	205,931 ^{ns}
Bloco	1	946,125 ^{ns}
Período x Intensidade	5	785,581 ^{ns}
Período x Dose de N	10	249,564 ^{ns}
Intensidade X Dose de N	2	65,681 ^{ns}
Período x Intensidade x Dose de N	10	451,447 ^{ns}
Erro 2	30	530,597
Coeficiente de Variação		13,2
Média		174,181

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Anexo 7 - Quadrados médios, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação e média geral dos teores fósforo (%) e quantidade de absorvida de fósforo de plantas de *Brachiaria plantaginea*, Pato Branco, PR.

Fonte de variação	GL	Teor de Fósforo	Quantidade absorvida de fósforo
		Quadrados médios	
Período	5	0,001091390 ^{ns}	504,3880 *
Erro 1	5	0,000471389	2,5227
Intensidade	1	0,000612500 ^{ns}	4,4154 ^{ns}
Dose de N	2	0,000172222 ^{ns}	122,8850 *
Bloco	1	0,000168056 ^{ns}	1,3530 ^{ns}
Período x Intensidade	5	0,000355833 ^{ns}	0,3745 ^{ns}
Período x Dose de N	10	0,000333889 ^{ns}	6,3977 ^{ns}
Intensidade X Dose de N	2	0,000066667 ^{ns}	2,4664 ^{ns}
Período x Intensidade x Dose de N	10	0,000425000 ^{ns}	0,9137 ^{ns}
Erro 2	30	0,000208000	5,9724
Coeficiente de Variação		11,9	20,4
Média		0,12	11,9

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Anexo 8 - Quadrados médios, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação e média geral do índice de fósforo em pastagem de *Brachiaria plantaginea*, Pato Branco, PR.

Fonte de variação	GL	Índice de fósforo
Período	5	85,789 ^{ns}
Erro 1	5	67,167
Intensidade	1	40,500 ^{ns}
Dose de N	2	327,347 *
Bloco	1	50,000 ^{ns}
Período x Intensidade	5	24,933 ^{ns}
Período x Dose de N	10	43,631 ^{ns}
Intensidade X Dose de N	2	47,792 ^{ns}
Período x Intensidade x Dose de N	10	46,575 ^{ns}
Erro 2	30	48,472
Coeficiente de Variação		15,9
Média		43,78

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Anexo 9 - Quadrados médios, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação e média geral dos teores fósforo (%) e quantidade de absorvida de fósforo de plantas de *Brachiaria plantaginea*, Pato Branco, PR.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	Amônio (N-NH ₄ ⁺)
A = Período	3	442,6760 *	71,2225 ^{ns}
Erro 1	3	26,0477	121,2880
B = Intensidade	1	119,2370 *	0,36296 ^{ns}
C = Dose de N	2	914,0530 *	49,0671 *
D = Profundidade	4	318,4600 *	21,3889 ^{ns}
E = Bloco	1	18,4257 ^{ns}	29,3994 ^{ns}
A x B	3	13,4955 ^{ns}	28,8550 ^{ns}
A x C	6	216,2480 *	19,2971 ^{ns}
A x D	12	13,4709 ^{ns}	9,2034 ^{ns}
B x C	2	61,5267 *	7,6447 ^{ns}
B x D	4	15,7659 ^{ns}	5,2260 ^{ns}
C x D	8	29,1144 ^{ns}	13,9412 ^{ns}
A x B x C	6	77,4892 *	15,9247 ^{ns}
A x B x D	12	18,9493 ^{ns}	15,3245 ^{ns}
A x C x D	24	16,3221 ^{ns}	10,5517 ^{ns}
B x C x D	8	11,3296 ^{ns}	2,6187 ^{ns}
A x B x C x D	24	6,1480 ^{ns}	5,2936 ^{ns}
Erro 2	116	19,2494	14,4212
Coefficiente de Variação		58,9	58,4
Média		7,45	6,50

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Anexo 10 - Quadrados médios, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação e média geral dos teores fósforo (%) e quantidade de absorvida de fósforo de plantas de *Brachiaria plantaginea*, Pato Branco, PR.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio do N-Mineral
A = Período	3	363,7780 ^{ns}
Erro 1	3	213,0000
B = Intensidade	1	132,7570 ^{ns}
C = Dose de N	2	1376,3800 [*]
D = Profundidade	4	484,1400 [*]
E = Bloco	1	1,2760 ^{ns}
A x B	3	46,6455 ^{ns}
A x C	6	172,1150 [*]
A x D	12	34,4005 ^{ns}
B x C	2	96,5859 ^{ns}
B x D	4	16,9086 ^{ns}
C x D	8	47,9895 ^{ns}
A x B x C	6	103,2780 [*]
A x B x D	12	29,9297 ^{ns}
A x C x D	24	26,8663 ^{ns}
B x C x D	8	9,9161 ^{ns}
A x B x C x D	24	11,0503 ^{ns}
Erro 2	116	39,1556
Coeficiente de Variação		44,8
Média		13,96

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)