

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

MARCOS ANTONIO DE BORTOLLI

**ADUBAÇÃO DE SISTEMAS: ANTECIPAÇÃO DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA PARA A CULTURA DO MILHO EM INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

TESE

PATO BRANCO

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

MARCOS ANTONIO DE BORTOLLI

**ADUBAÇÃO DE SISTEMAS: ANTECIPAÇÃO DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA PARA A CULTURA DO MILHO EM INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

TESE

PATO BRANCO

2016

MARCOS ANTONIO DE BORTOLLI

**ADUBAÇÃO DE SISTEMAS: ANTECIPAÇÃO DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA PARA A CULTURA DO MILHO EM INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dra. Tangriani Simioni Assmann

Co-orientador: Prof. Dr. André Brugnara Soares

PATO BRANCO

2016

B739a Bortolli, Marcos Antonio de.
Adubação de sistemas: antecipação de adubação nitrogenada para cultura do milho em integração lavoura-pecuária / Marcos Antonio de Bortolli. -- 2016.
89 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Profa. Dra. Tangriani Simioni Assmann
Coorientador: Prof. Dr. André Brugnara Soares
Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2016.
Bibliografia: f. 83 – 89.

1. Nitrogênio. 2. Pastagens - Adubos e fertilizantes. 3. Fertilizantes nitrogenados. 4. Milho – Cultivo. I. Assmann, Tangriani Simioni, orient. II. Soares, André Brugnara, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD (22. ed.) 630



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



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Tese n.º 013

Adubação de Sistemas: Antecipação de Adubação Nitrogenada para a Cultura do Milho em Integração Lavoura-Pecuária

Por

Marcos Antonio de Bortoli

Tese apresentada às quatorze horas do dia dezessete de fevereiro de dois mil e dezesseis, como requisito parcial para obtenção do título de DOUTOR EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Integração Lavoura-Pecuária, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Prof. Dr. André Brugnara
Soares**
UTFPR/Pato Branco

Dr. Alceu Luis Assmann
IAPAR/Pato Branco

Dr^a. Joice Mari Assmann
IAPAR/Pato Branco

**Prof. Dr^a. Tangriani Simioni
Assmann**
UTFPR/Pato Branco
Orientadora

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. Giovanni Benin
Coordenador do PPGA

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa

*À minha **família**,
Aos meus **pais**,
À minha noiva **Bentania** e
À minha orientadora e amiga **Tangriani**
Dedico este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e saúde para trabalhar;

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do doutorado;

Ao professor e co-orientador André Brugnara Soares pelos ensinamentos e amizade;

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Agronomia que contribuíram para a minha formação no Doutorado;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos e financiamento do projeto;

Aos meus pais, Antonio e Elita por me proporcionarem condições de seguir nesta jornada;

Aos colegas, eternos amigos, companheiros de trabalho e de tantas discussões e confraternizações, integrantes do grupo de pesquisa GISPA;

À equipe do Projeto de Integração Lavoura-pecuária de Abelardo Luz;

À todas as pessoas que participam ou participaram da minha vida nestes últimos quatro anos, e que de uma forma ou outra contribuíram para que pudesse chegar ao final de mais esta etapa;

À Agropecuária Pacheco, pela área e estrutura necessária para condução do experimento, em especial ao José Caetano Munhoz da Rocha Pacheco pela disponibilidade sempre que precisamos e acima de tudo pela amizade construída neste período.

À professora, amiga e orientadora Dra. Tangriani Simioni Assmann, agradeço por todos os ensinamentos, pela dedicação a mim e a meu trabalho, pela amizade e orientação que já se estende á anos;

E por último, mas de forma especial, à minha noiva Betania Brum pelo companheirismo, carinho e atenção neste momento tão importante para mim, e também pela ajuda nas análises estatísticas do meu trabalho.

Determinação coragem e auto confiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.

Dalai Lama

RESUMO

BORTOLLI, Marcos Antonio de Adubação de sistemas: antecipação de adubação nitrogenada para a cultura do milho em integração lavoura-pecuária. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Tradicionalmente, em cultivo sob sistema de plantio direto, a adubação é feita para a cultura produtora de grãos e durante o cultivo de pastagens, poucos são os casos em que se utiliza algum tipo de fertilização. A demanda por nutrientes de uma cultura pode ser atendida pela ciclagem de nutrientes do sistema e pelas entradas ou adições oriundas da adubação mineral, porém de forma geral a ciclagem não tem sido tratada como uma ferramenta importante no processo de fornecimento de nutrientes para as plantas. O tipo e a condição em que se encontra o resíduo vegetal em decomposição sobre o solo pode afetar a eficiência da ciclagem de nutrientes principalmente o momento em que o nutriente da palhada vai ser liberado. Deste modo, faz-se importante um estudo dos efeitos da adubação nitrogenada e o manejo de altura do pasto sobre a produtividade de grãos de milho, os níveis de nitrogênio (N) mineral do solo bem como sobre a dinâmica da decomposição dos resíduos produzidos em um sistema de integração lavoura-pecuária. Foi realizado um experimento dividido em três fases: 1- cultivo e manejo de sorgo forrageiro sob pastejo; 2- cultivo de aveia preta sob pastejo e 3- cultivo de milho para produção de grãos. Nas fases 1 e 2 o experimento foi conduzido em um fatorial 2 x 2 sendo o primeiro fator duas alturas de manejo do pasto, alta e baixa altura do pasto (AAP e BAP) e o segundo fator foi a aplicação de 200 kg ha⁻¹ nitrogênio na pastagem ou na cultura de grãos (NP e NG). Na fase 3 que era composta pela produção de grãos de milho o experimento foi um tri-fatorial com parcela dividida sendo que os tratamentos são os mesmos das fases anteriores, porém as parcelas foram divididas e a elas incluído um terceiro fator: doses de nitrogênio aplicadas em cobertura na cultura do milho (0, 100, 200 e 300 Kg ha⁻¹). O experimento foi realizado em delineamento blocos ao acaso com três repetições e foi instalado no município de Abelardo Luz – SC no período de outubro de 2012 a agosto de 2014. Avaliou-se a velocidade de decomposição dos resíduos das culturas implantadas, bem como a liberação de nutrientes destes resíduos, o efeito dos tratamentos sobre o N-mineral do solo e a produtividade de grãos de milho e seus componentes principais. Os resultados demonstraram que a antecipação da adubação nitrogenada a qual é aplicada na fase de pastagens em sistemas de integração lavoura-pecuária mostrou-se uma tecnologia eficiente podendo vir a substituir a adubação de cobertura de plantas de milho cultivadas na sequência. O potássio componente dos resíduos vegetais apresentou elevada taxa de liberação sendo liberado em grande quantidade já nos primeiros dias após a secagem dos resíduos culturais. Apesar de consideravelmente alta a dose de nitrogênio utilizada tanto na pastagem quanto na cultura de grãos não apresentou riscos de lixiviação de nitrato no período avaliado.

Palavras-chave: Nitrogênio. Adubação de Pastagem. Decomposição de resíduos

ABSTRACT

BORTOLLI, Marcos Antonio de. Fertilization systems: anticipation of corn nitrogen fertilization in integrated crop-livestock systems. 92 f. Thesis (Ph.D. in Agronomy) Graduate Program in Agronomy – Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2016.

Traditionally in no-tillage systems, fertilization is done to the catch crop. In general nutrient cycling in crop systems has not been treated as an important tool in the process of nutrient supplying for plants. The type and the condition in which vegetable residues decomposed can affect the efficiency of nutrient cycling. This study assessed the effect of anticipated nitrogen fertilization in crop-livestock systems on cultivated corn production, rate of nutrient release from plant residue, and the N-mineral levels of soil. The study was carried out in the city Abelardo Luz (SC) in a Clayey Oxisol. The experimental design was a randomized block design with three replications. The treatments were arranged in a 2 x 2 factorial arrangement. The first factor was **N Fertilization Time**: in the N-Pasture level, nitrogen (200 kg ha⁻¹ N) and N-Grains level, no nitrogen was applied. The second factor was the **Grazing Height**, characterized by two sward heights of oat at 15 cm (Low Height Pasture) and at 30 cm (High Height Pasture). Corn hybrid 'Máximus' was sowed in 10th October, 31 days after the removal of animals. In the twelve resulting plots from the combination of treatments on pasture phase (**N Fertilization Time x Grazing Height**) rates of N-fertilizer (0, 100, 200 e 300 Kg ha⁻¹ of N) as urea were allocated in the split plot. We conclude that anticipated N fertilization of winter cover crop pasture to provide high-quality forage and carry-over N to the subsequent corn crop and may eventually replace side dress nitrogen fertilization on corn and can improve overall N fertilizer efficiency use in integrated crop-livestock systems. The rate of K release from plant residues is very fast, releasing large quantities in the first days after plant desiccation. Despite of considerably high nitrogen dose used in both the pasture and at the grain crop it was not observed nitrate leaching risks during the study period.

Keywords : Nitrogen; Pasture fertilization; plant residue decomposition

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo de nutrientes minerais simplificado para ecossistema de pastagem. Fonte: Adaptado de Wilkinson e Lowrey (1973).	25
Figura 2 - Fenologia do milho: estádios de desenvolvimento da cultura. Fonte: (PIONEER SEMENTES, 2015).	32
Figura 3 - Dados meteorológicos observados durante o período experimental (outubro/2012 à abril/2013) no município de Abelardo Luz. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, (2013); Agência Nacional de Águas, (2013).	34
Figura 4 - Linha do tempo ilustrando os cultivos, épocas de implantação e tratamentos utilizados em cada fase do experimento, onde AA = Alta altura do pasto; BA = Baixa altura do pasto; NG = Nitrogênio aplicado na cultura de grãos e NP = Nitrogênio aplicado na pastagem.	35
Figura 5 - Croqui experimental com a disposição dos tratamentos, Abelardo Luz – SC.	37
Figura 6 - Detalhamento do croqui experimental com ênfase a um piquete e a disposição das doses crescentes de nitrogênio aplicado na cultura de grãos, Abelardo Luz – SC.	38
Figura 7 - Matéria Seca remanescente (MSRT), em % para as culturas de: sorgo forrageiro (A), aveia (B) e milho (C e D), em função de dias após a deposição da palhada de um experimento conduzido no esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia - 2 x 2 x 9, Milho - 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto - Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio - N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição: Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia - 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho - 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.	48
Figura 8 - Nitrogênio remanescente (NRT), em % para as culturas de: sorgo forrageiro (A), aveia (B) e milho (C), em função de dias após a deposição da palhada de um experimento conduzido no esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia - 2 x 2 x 9, Milho - 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto - Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio - N no grão e N na pastagem; e, Fator D = dias após deposição: Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia - 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho - 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.	54
Figura 9 - Fósforo remanescente (PR), em % para as culturas de: sorgo forrageiro (A), aveia (B) e milho (C e D), em função de dias após a deposição da palhada de um experimento conduzido no esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia - 2 x 2 x 9, Milho - 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto - Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio - N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição: Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia - 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho - 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.	56
Figura 10 - Potássio remanescente (KR), em % para as culturas de: sorgo forrageiro (A), aveia (B) e milho (C e D), em função de dias após a deposição da palhada de um experimento conduzido no esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia - 2 x 2 x 9, Milho - 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto - Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio - N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição: Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia - 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho - 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.	59
Figura 11 - Comparação de médias para as variáveis NH ₄ (amônio, em mg kg ⁻¹ , figura 1A) e NO ₃ (nitrato, em mg kg ⁻¹ , figura 1B), em cinco profundidades de coleta de solo (cm), em um experimento com a cultura do sorgo forrageiro, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto - Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio - N no grão e N na pastagem; , Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC, 2013-2014.	63
Figura 12 - Comparação de médias para as variáveis NH ₄ (amônio, em mg kg ⁻¹ , figura 2A) e NO ₃ (nitrato, em mg kg ⁻¹ , figura 2B), em cinco profundidades de coleta de solo (cm), em um experimento com a cultura da aveia, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto - Alta e baixa; Fator C= época de	

	aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; , Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC, 2013-2014.....	66
Figura 13	- Comparação de médias para as variáveis NH ₄ (amônio, em mg kg ⁻¹ , figura 3A) e NO ₃ (nitrato, em mg kg ⁻¹ , figura 3B), em cinco profundidades de coleta de solo (cm), em um experimento com a cultura do milho, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; , Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC, 2013-2014.....	68
Figura 14	- Produtividade de milho em Kg ha ⁻¹ em função de doses de N aplicadas na cultura do milho e época de aplicação de N (NP = nitrogênio aplicado na pastagem e NG = nitrogênio aplicado na cultura de grãos) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha ⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.	71
Figura 15	- Produtividade de milho em Kg ha ⁻¹ em função de doses de N aplicadas na cultura do milho e altura do pasto (AAP = alta altura do pasto e BAP = baixa altura do pasto) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha ⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.	73
Figura 16	- Peso de mil grãos de milho em gramas em função de doses de N aplicadas na cultura do milho e época de aplicação de N (NP = nitrogênio aplicado na pastagem e NG = nitrogênio aplicado na cultura de grãos) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha ⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.	74
Figura 17	- Quantidade de grãos por espiga de milho em Kg ha ⁻¹ em função de doses de N aplicadas na cultura do milho, altura do pasto (AAP = alta altura do pasto e BAP = baixa altura do pasto) e época de aplicação de N (NP = aplicação de N na pastagem e NG = aplicação de N na cultura de grãos) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha ⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.	75
Figura 18	- Quantidade de grãos por fileira da espiga de milho em Kg ha ⁻¹ em função de doses de N aplicadas na cultura do milho, altura do pasto (AAP = alta altura do pasto e BAP = baixa altura do pasto) e época de aplicação de N (NP = aplicação de N na pastagem e NG = aplicação de N na cultura de grãos) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha ⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.	77
Figura 19	- Quantidade de fileiras por espiga de milho em Kg ha ⁻¹ em função de doses de N aplicadas na cultura do milho, altura do pasto (AAP = alta altura do pasto e BAP = baixa altura do pasto) e época de aplicação de N (NP = aplicação de N na pastagem e NG = aplicação de N na cultura de grãos) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha ⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.	78

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores de matéria orgânica, macronutrientes, pH em CaCl₂, CTCp, saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%), na profundidade de 0 a 20 cm antes dos cultivos de sorgo e aveia preta. 36
- Tabela 2 - Porcentagem de N e C total e NO₃⁻ e NH₄⁺ no solo antes da implantação do experimento, Abelardo Luz, SC 2012. 36
- Tabela 3 - Massa seca final (MS); Nitrogênio (N); Fósforo (P); Potássio (K); em Kg ha⁻¹; Fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), em %, 2 x 2: Altura do pasto – Alta (AA) e baixa (BA) versus épocas de aplicação de nitrogênio – N no grão (NG) e N na pastagem (NP), conduzido no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, com as culturas de sorgo forrageiro, aveia e milho. Abelardo Luz – SC, 2013-2014. 46
- Tabela 4 - Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade (Sorgo – GLS, Aveia – GLA e Milho GLM), coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da sub-parcela (CV SP, em %), da matéria seca remanescente (MSRT), para um experimento conduzido em esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia – 2 x 2 x 9, Milho – 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição: Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia – 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho – 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: MSRTS (Matéria seca remanescente sorgo, em %), MSRTA (Matéria seca remanescente aveia, em %), MSRTM (Matéria seca remanescente milho, em %). Abelardo Luz – SC, 2013-2014. 47
- Tabela 5 - Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade (Sorgo – GLS, Aveia – GLA e Milho GLM), coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da sub-parcela (CV SP, em %), do Nitrogênio remanescente (NRT), para um experimento conduzido em esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia – 2 x 2 x 9, Milho – 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição (Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia – 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho – 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NRTS (Nitrogênio remanescente sorgo, em %), : NRTA (Nitrogênio remanescente aveia, em %), : NRTM (Nitrogênio remanescente milho, em %). Abelardo Luz – SC, 2013-2014. 52
- Tabela 6 - Comparação de médias de alturas do pasto (BAP e AAP) para a variável nitrogênio remanescente em um experimento com a cultura do milho, conduzido em esquematrifatorial, 2 x 2 x 8, em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição: (0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. 54
- Tabela 7 - Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade (Sorgo – GLS, Aveia – GLA e Milho GLM), coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da sub-parcela (CV SP, em %), do Fósforo remanescente (PRT), para um experimento conduzido em esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia – 2 x 2 x 9, Milho – 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição (Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia – 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho – 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: PRTS (Fósforo remanescente sorgo, em %), : PRTA (Fósforo remanescente aveia, em %), : PRTM (Fósforo remanescente milho, em %). Abelardo Luz – SC, 2013-2014. 55
- Tabela 8 - Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade (Sorgo – GLS, Aveia – GLA e Milho GLM), coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da sub-parcela (CV SP, em %), do Potássio remanescente (KRT), para um experimento conduzido em esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia – 2 x 2 x 9, Milho – 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição (Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia – 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho – 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: KRTS (Potássio remanescente sorgo, em

	%), : KRTA (Potássio remanescente aveia, em %), : KRTM (Potássio remanescente milho, em %). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.	58
Tabela 9 -	Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade, coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da subparcela (CV SP, em %), de um experimento com a cultura do sorgo forrageiro, conduzido em esquematrifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NO3 (nitrato, em mg kg-1), NH4 (amônio, em mg kg-1). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.	62
Tabela 10 -	Comparação de médias para a variável nitrato (NO3), em mg kg-1 em duas épocas de aplicação de nitrogênio (NG e NP), em um experimento com a cultura do sorgo forrageiro, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; , Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NO3T (nitrato, em mg kg-1), NH4T (amônio, em mg kg-1). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.	62
Tabela 11 -	Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade, coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da subparcela (CV SP, em %), de um experimento com a cultura da aveia preta, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NO3T (nitrato em mg kg-1), NH4T (amônio, em mg kg-1). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.	64
Tabela 12 -	Comparação de médias alturas do pasto (AAP e BAP) para a variável nitrato (NO3) e amônio (NH4), em mg kg-1, em um experimento com a cultura da aveia, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; , Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NO3T (nitrato, em mg kg-1), NH4T (amônio, em mg kg-1). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.	64
Tabela 13 -	Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade, coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da subparcela (CV SP, em %), de um experimento com a cultura do milho, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NO3 (nitrato, em mg kg-1), NH4 (amônio, em mg kg-1). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.	67
Tabela 14 -	Comparação de médias para a interação entre épocas de aplicação de nitrogênio (NG e NP) e alturas do pasto (BAP e AAP) para a variável amônio (NH4), em mg kg-1, em um experimento com a cultura do milho, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; , Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC, 2013-2014.	67
Tabela 15 -	Quadrados médios da análise de variância de um experimento trifatorial 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de nitrogênio – 0, 100, 200, 300 kg N ha-1), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis da cultura de milho: PROD (Produtividade, em kg ha-1), PR (Produtividade Relativa, em %), FE (Fileiras espiga-1), GF (Grãos fileira-1), GE (Grãos espiga-1) e PMG (Peso de mil grãos, em g). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.	79

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
ILP	Integração lavoura-pecuária
PR	Unidade da Federação – Paraná
SC	Unidade da Federação – Santa Catarina
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

et al.	Entre outros
CV	Coeficiente de variação
C:N	Carbono: Nitrogênio
Ha	Hectare
NP	Nitrogênio aplicado na fase de pastagem
NG	Nitrogênio aplicado na fase de produção de grãos (milho).
AA	Alta altura do pasto
BA	Baixa altura do pasto
Sc	Saca
V4	Estádio de desenvolvimento em que a planta de milho apresenta quatro folhas completamente desenvolvidas
V6	Estádio de desenvolvimento em que a planta de milho apresenta seis folhas completamente desenvolvidas
MSR	Massa seca remanescente

LISTA DE SÍMBOLOS

dm^{-3}	Decímetro cúbico
%	Porcentagem
cm	Centímetro
CO_2	Gás Carbônico
g	Gramma
Kg	Quilograma
m	Metro
m^2	Metro Quadrado
mm	Milímetro
N	Nitrogênio
e	Exponencial
mg	Miligrama

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 ANTECIPAÇÃO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM MILHO	21
2.2 INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA	22
2.3 MANEJO DE PASTAGENS E A CICLAGEM DE NUTRIENTES	24
2.3.1 Adubação nitrogenada de pastagens	26
2.3.2 Manejo da Altura da Pastagem.....	28
2.4 Decomposição dos Resíduos das Culturas	29
2.5 O Nitrogênio e a Cultura do Milho	30
3 MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	36
3.1.1 Cultivo e Manejo das Pastagens de Sorgo e Aveia Preta	38
3.1.2 Cultivo e Manejo da Cultura do Milho	40
3.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	42
3.2.1 Análises Utilizadas no Experimento em Sub Parcelas ...	42
3.2.2 Análises Utilizadas Para as Variáveis do Solo	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DAS CULTURAS E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES	45
4.1.1 Ciclagem de Nitrogênio	51
4.1.2 Ciclagem de Fósforo.....	55
4.1.3 Ciclagem de Potássio	58
4.2 NITROGÊNIO MINERAL DO SOLO	61
4.3 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS	68
5 CONCLUSÕES	80
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

A demanda por nutrientes de uma cultura pode ser atendida pela ciclagem de nutrientes do sistema e pelas entradas ou adições de nutrientes em forma de adubação. Esta ciclagem por sua vez, depende de alguns fatores, dentre eles a velocidade com que os resíduos da cultura antecessora se decompõem.

O tipo de resíduo vegetal em decomposição na superfície do solo no sistema de plantio direto pode afetar a eficiência da utilização da adubação nitrogenada da cultura em sucessão. Os mais importantes componentes da produtividade do milho são definidos no início do seu ciclo sendo que, quando a cultura antecessora for uma gramínea com baixa relação C/N, como a tradicional aveia preta (*Avena strigosa*), deve-se optar por manejos da adubação nitrogenada que propiciem maior oferta de N para a planta nos estádios iniciais de desenvolvimento.

Tradicionalmente, em cultivo sob sistema de plantio direto, a adubação é feita para a cultura produtora de grãos e durante o cultivo de gramíneas como aveia preta por exemplo, pouca ou nenhuma adubação é aplicada nesta cultura. Porém no sistema de integração lavoura-pecuária preconiza-se a adubação das culturas forrageiras, com possibilidades que a adubação da planta forrageira possa suprir a produção animal e o cultivo de grãos implantado na sequência. Isto faz com que a pesquisa comece a sugerir um processo de antecipação de adubação nitrogenada destinada à cultura de grãos, sendo esta aplicada na pastagem antecessora a tal cultivo, tendo como princípio a adubação do sistema e não apenas da cultura a ser implantada.

Diversas vantagens podem ser apontadas em se aplicar nitrogênio na pastagem em comparação à aplicação feita sobre a cultura de grãos. Dentre estas vantagens estão o menor custo nesta época devido a baixa demanda do insumo, o clima de forma geral proporciona melhores condições de temperatura e umidade reduzindo possíveis perdas de N por volatilização, a maior população e distribuição do dossel de plantas tendo como consequência maior capacidade de absorção do nutriente em menor tempo.

Alem disso, a falta de diversificação dos sistemas agrícolas e a perda de uma cultura rural de subsistência, cuja prioridade seja suprir inicialmente as necessidades familiares, traz como consequências para o agricultor a falta de estabilidade

econômica, já que este possui poucas fontes de renda, ou seja, os seus investimentos estão centrados em poucas atividades.

Diversas poderiam ser as opções do produtor rural moderno visando à diversificação da propriedade agrícola, dentre elas se destacam os sistemas que integram a lavoura e a pecuária na mesma área durante um ciclo produtivo.

Do ponto de vista da sustentabilidade, a agricultura e a pecuária não devem ser vistas como atividades antagônicas, mas sim como atividades complementares que, quando integradas, funcionam em sinergismo tendo a lavoura um melhor resultado quando integrada com a pecuária e vice-versa. O sucesso deste sistema depende do manejo integrado dos seus componentes (solo-planta-animal) que por sua vez, são dinâmicos e interagem entre si.

A disponibilidade de nutrientes no sistema integração lavoura-pecuária, e uma maior eficiência no uso dos mesmos, por plantas e animais, está diretamente ligada à velocidade de decomposição dos resíduos vegetais e animais e à taxa de liberação de nutrientes para o solo. O fato de tratamentos feitos na pastagem antecessora influenciarem a decomposição de resíduos da cultura implantada sobre esta pastagem está diretamente ligado à maior disponibilidade de nutrientes proporcionada por algum dos tratamentos.

Desta forma, se tornam indispensáveis estudos que demonstrem a dinâmica dos nutrientes envolvidos no sistema desde o período em que acontece a produção animal até o aproveitamento pela cultura de verão. Contudo a ciclagem de nutrientes é um aspecto carente de informação e importante de ser estudado em sistemas integrados de produção, considerando que nestes sistemas a presença do animal aumenta a complexidade das interações entre seus componentes solo-planta-animal.

Embasado nisso, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito residual de aplicações de nitrogênio antecipado em pastagens para a cultura sucessora, a fim de confirmar a possibilidade de extinguir a aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ANTECIPAÇÃO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM MILHO

A adubação nitrogenada do milho, entre os temas sobre adubação de culturas, é um dos itens mais estudados. Inúmeras pesquisas têm sido feitas nos sentido de identificar qual o melhor momento de aplicação, qual a dose recomendada, tipos de fonte, manejo da adubação nitrogenada de inverno sobre o desenvolvimento da cultura de verão (Assmann *et al.*, 2003).

Atualmente, gramíneas de inverno como a aveia preta (*Avena strigosa*) são muito utilizadas como cultura antecessora às culturas de verão como o milho e a baixa relação C/N dessas culturas podem provocar um fenômeno conhecido como imobilização de N por um determinado período, com grande possibilidade de prejudicar a cultura sucessora (Ceretta *et al.*, 2002). O aumento do uso de plantio direto utilizando estas gramíneas como cobertura de solo ou pastagem tem estimulado a proposta de novas alternativas relativas à gestão da adubação nitrogenada para o milho nessas condições. Esta nova abordagem traza idéia da antecipação da adubação nitrogenada, onde a aplicação tradicional de N nos estagios vegetativos 5 e 6 da cultura do milho (V5-V6) seria substituída pela aplicação deste nutriente na fase de inverno, na cultura de cobertura (Sangoi, *et al.*, 2007).

Segundo Sangoi *et al.* (2007), a antecipação da adubação nitrogenada na cultura do milho pode ser uma alternativa viável em anos em que a precipitação pluviometria é baixa no período de primavera, no entanto devem ser estipuladas algumas normas relacionadas ao fato de aplicar a dose total de nitrogênio antes ou depois da semeadura do milho.

Com aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N na aveia preta, sem pastejo, Sá (1999) encontrou o mesmo resultado que quando esta mesma quantidade do nutriente foi aplicada na semeadura do milho e afirmam que este fato indica que os resíduos da aveia preta apresentavam maior conteúdo de N para ciclagem no solo indicando menor período de imobilização e maior disponibilidade para a planta de milho.

Trabalhando com aplicações de nitrogênio em pastagem de inverno Assmann (2001) observou que plantas de milho cultivadas em áreas que receberam o nitrogênio na pastagem anteriormente (300 kg ha⁻¹) não respondem a aplicação à

adubação nitrogenada de verão em cobertura, comprovando desta forma a existência do efeito residual da adubação nitrogenada de inverno.

Sartor (2012), observou que o rendimento de grãos de milho e os teores de proteína bruta no grão aumentaram com a adubação nitrogenada realizada na pastagem, caracterizando efeito residual do nitrogênio para a cultura sucessora.

Pauletti & Costa (2000) trabalhando com aplicação de nitrogênio na aveia utilizada como cobertura observaram efeito na altura de plantas de milho e inserção da espiga, sendo maiores as alturas quanto maior a dose do N aplicado na aveia.

Sandini (2011) verificou que o nitrogênio aplicado na pastagem antecedente influenciou significativamente a produtividade de grãos de milho.

Nesse sentido, o N aplicado no inverno possibilita maiores rendimentos da pastagem e, conseqüentemente do produto animal, permanecendo no sistema e usando pela cultura sucessora (especialmente gramíneas). Isto caracteriza a prática de fertilização do sistema de produção e não restritivo a apenas a cultura em questão. Isto permite melhor aproveitamento dos nutrientes, o que caracteriza um sistema de produção dentro dos princípios da sustentabilidade (Sartor, 2012).

2.2 INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

Na busca pela diversificação e estabilidade dos sistemas agrícolas, a integração lavoura-pecuária, vem ganhando espaço no panorama agrícola do Sul do Brasil, pois não deixa de lado práticas essenciais como a rotação de cultura, plantio direto, uso de genótipos melhorado e insumos (MORAES et al., 2002).

Para Alvarenga e Noce (2005) o sistema ILP (Integração Lavoura-Pecuária) pode ser definido como a diversificação rotação, consorciação ou sucessão das atividades de agricultura e pecuária dentro da propriedade rural, trazendo benefícios para o sistema. Consiste, portanto, em um sistema multi-cultivo que tem como fundamento essencial incorporar espacial e/ou temporalmente culturas graníferas à alta capacidade dos ecossistemas de pastagens para alimentação de herbívoros domésticos e para a produção de serviços ecossistêmicos essenciais, como o seqüestro de CO₂, a fertilidade do solo, qualidade da água, a biodiversidade (FRANZLUEBBERS et al., 2014).

Este sistema apresenta alternância temporária de cultivos para grãos e pastagens gramíneas ou leguminosas, essa alternância pode aumentar a produtividade nestas áreas. Isto é atribuído segundo Mckenzie et al. (1999), por melhorias na fertilidade e estrutura do solo, favorecendo o controle das plantas daninhas, quebrando ciclos de doenças e reduzindo os custos com inseticidas e fungicidas.

Na região Sudoeste do Paraná, a integração-lavoura pecuária vem sendo praticada empiricamente durante décadas, herança étnica da colonização italiana que sempre associou a criação de animais com os cultivos agrícolas. Mas o manejo incorreto desse sistema pode iniciar um ciclo de degradação do solo com sérios riscos do ponto de vista econômico e ambiental. No entanto, se bem conduzido torna-se lucrativo (MELLO, 2002).

A presença de animais no sistema produtivo pode alterar a produtividade do ecossistema para uma direção positiva ou negativa. A magnitude dessas alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, os quais são responsáveis por afetar o desenvolvimento radicular das culturas (Taylor & Brar, 1991), estão na dependência do manejo que é aplicado nessas áreas, o qual tem influência pela textura e teor de matéria orgânica do solo (Smith et al., 1997), bem como o seu teor de umidade (Correa & Reichardt, 1995), a biomassa vegetal sobre o solo (Silva et al., 2003), a espécie de planta utilizada, a adubação, a intensidade de pastejo e a forma como os animais reagem às estruturas de pasto decorrentes e a espécie e categoria animal (SALTON et al., 2002).

Um fator muito debatido com relação ao sistema integração lavoura-pecuária, e que também tem sido um grande entrave ao uso deste sistema é a ideia de compactação do solo disseminada entre os agricultores, apesar de trabalhos científicos demonstrarem que o manejo adequado das pastagens mantendo um nível adequado de palha sobre o solo pode evitar este problema. Com relação a este fato Cassol (2003) e também Flores (2004), observaram aumento da densidade do partículas e diminuição da macroporosidade com a redução da altura da pastagem imediatamente após o período de pastejo, porém este fato foi revertido pela cultura de verão utilizada, neste caso a soja (*Glycinemax*).

Além das vantagens econômicas e sociais asseguradas pelo sistema ILP, Balbinot Junior et al. (2009) cita benefícios de ordem agrônômica e biológica: elevada velocidade de ciclagem de nutrientes, melhoria da qualidade do solo,

recuperação da capacidade produtiva do solo e de pastagens degradadas, redução da biota nociva às espécies cultivadas.

A estrutura básica de um sistema de ILP consiste em rotação de culturas, uso de sistema de plantio direto, cobertura permanente, manejo correto de pastagens, uso de animais e vegetais melhorados, produção animal intensiva em pastejo (MORAES et al., 2002), isso somado ao uso equilibrado de insumos para correção da acidez e fertilidade associado a ciclagem dos nutrientes e conseqüentemente a sustentabilidade do sistema.

Para Assmann et al (2008) é de extrema importância conciliar o manejo da pastagem de inverno e a produção de grãos no verão, tendo como desafios suprir as necessidades forrageiras da propriedade em determinadas épocas e garantir aporte de palhada residual de qualidade para a cultura sucessora.

2.3 MANEJO DE PASTAGENS E A CICLAGEM DE NUTRIENTES

O manejo adequado da pastagem envolve a sustentabilidade da mesma e o balanço de nutrientes para suficiente produção de matéria seca, sendo que essa matéria seca será utilizada na alimentação dos animais. Os elementos químicos presentes no sistema solo- planta- animal desempenham funções vitais para o normal funcionamento desse sistema. Especialmente, o estabelecimento e a produtividade das plantas forrageiras são influenciados pela disponibilidade de nutrientes, particularmente no solo. Como os herbívoros utilizam as forrageiras como alimento, eles têm um importante papel na movimentação de nutrientes minerais nesse sistema (EVANGELISTA, 2004).

A produção animal a partir das pastagens deve ser compreendida como um ecossistema, no qual os fatores solo-planta-animal, clima e manejo, estão interrelacionados. Uma parte dos nutrientes ingeridos na pastagem é retida para a formação do corpo dos animais e para integrarem os produtos sistematicamente fornecidos por esses animais. Cerca de 90% dos nutrientes minerais retornam ao solo através das excreções dos animais em pastejo (RODRIGUES, 2000).

Elementos químicos presentes no sistema solo-planta-animal desempenham funções vitais para o normal funcionamento desse sistema. O estabelecimento e a produtividade das plantas forrageiras são influenciados pela disponibilidade de

nutrientes no solo. Por sua vez, os herbívoros utilizam as plantas forrageiras como fonte básica na alimentação e têm um relevante papel na movimentação de nutrientes minerais nesse sistema (RODRIGUES, 2000).

A Figura 1 é um esquema simplificado de como ocorre este ciclo onde os nutrientes estão envolvidos em um sistema composto pelo solo, a planta, o animal e a atmosfera.

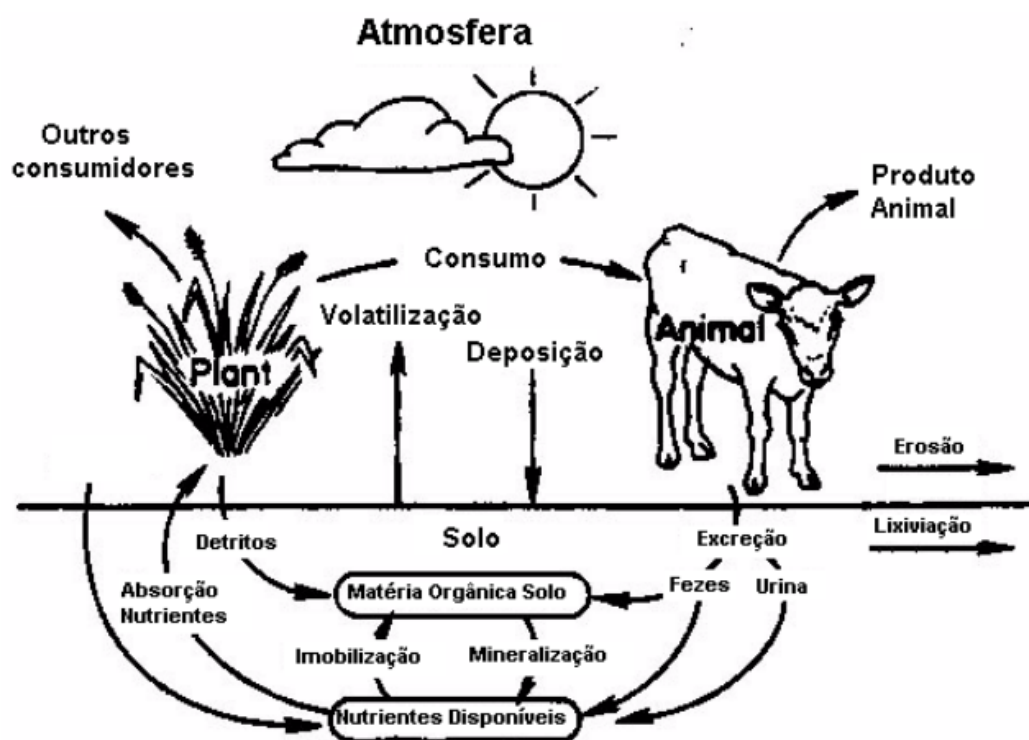


Figura 1 - Ciclo de nutrientes minerais simplificado para ecossistema de pastagem. Fonte: Adaptado de Wilkinson e Lowrey (1973).

Alguns resultados de pesquisa sugerem que os sistemas de produção baseados em pastejo são praticamente auto-sustentáveis, exigindo baixas quantidades de insumos (fertilizantes e corretivos) para responderem as perdas exportadas no produto animal. A continuidade da produtividade em tais sistemas parece ter condições de manter-se em equilíbrio por um longo tempo, antes que se indique a necessidade de reposição de nutrientes (CORSI & MARTHA JUNIOR, 1997)

O retorno de nutrientes via fezes varia, uma vez que a quantidade e a qualidade das excretas produzidas diariamente dependem do tamanho do animal, da dieta utilizada e das condições ambientais (Mathews e Sollenberger, 1996).

Entretanto, Haynes & Williams (1993), afirmam que um animal é responsável em média pela liberação de aproximadamente 20 kg de fezes por dia com um teor de matéria seca de aproximadamente 15%. Assim, considerando uma carga animal de três animais por hectare e um período de pastejo de 105 dias, tem-se uma produção e deposição de esterco de 945 kg de matéria seca. A partir deste valor e considerando os valores iniciais de nutrientes do esterco de 35,5; 3,5; 22,2; 3,5 e 2,2 g de N, P, K, Ca e Mg em cada kg de MS de esterco, respectivamente, estima-se que o retorno de nutrientes via fezes tenha sido de 33 kg de N, 3,3 kg de P, 21 kg de K, 3,31 kg de Ca e 2,1 kg de Mg, armazenados na matéria seca do esterco.

2.3.1 Adubação nitrogenada de pastagens

Apesar de ser fonte primária de nutrientes para as plantas, os solos onde normalmente são cultivadas pastagens são de baixa fertilidade, o que compromete seu potencial produtivo e sua permanência. O problema pode ser agravado quando uma série de culturas cresce em um mesmo local ao longo do tempo, pois os nutrientes são continuamente extraídos do solo quando a cultura é colhida. Frequentemente o solo e os resíduos vegetais não são capazes de suprir os elementos requeridos tornando-se necessário sua reposição por meio da adubação. Tal fato aliado a alterações na composição botânica do ambiente pastoril contribui com o processo de degradação das pastagens (CASTAGNARA *et al.*, 2011).

Para alcançar elevadas produtividades em um ecossistema de pastagem fatores do solo, planta, ambiente e a capacidade nutricional devem ser levados em conta. Desta forma, o nitrogênio, por desempenhar funções estruturais, metabólicas e de reserva, se torna um elemento essencial ao cultivo de pastagens. Após assimilado pela planta, o nitrogênio é translocado pelo xilema e floema para os “sítios de consumo”, ou seja, os tecidos que se encontram em intensa divisão celular como folhas em expansão, meristemas, pontas de raízes e em órgãos de reserva como as sementes (KERBAUY, 2004).

Cerca de 95 – 98% do nitrogênio presente no solo estão associados à matéria orgânica do solo (MOS) (COSTA *et al.*, 2006). Em situações onde não há fertilização nitrogenada, o processo de mineralização da MOS é fonte do nutriente para o

sistema e determina a produção de forragem. Lemaire *et al.* (2004) explica que o processo simultâneo de mineralização-imobilização é alterado na presença de N mineral vindo da fertilização, e também depende da disponibilidade de C no solo. A quantidade de nitrogênio imobilizado por unidade de C decomposto diminui quando o nitrogênio se torna limitante.

Desta forma, entende-se como objetivos da adubação nitrogenada de pastagens a manutenção ou promoção da fertilidade do solo, método de evitar a escassez de pasto, alteração nos valores nutricionais das pastagens bem como apresentar incrementos na produção vegetal. Esses efeitos resultam também em efeitos relacionados à decomposição das plantas o que influencia positivamente na ciclagem de nutrientes e, por consequência, na taxa de N liberado através da decomposição da palhada remanescente do período de pós-pastejo, e em caso de ILP, no N disponível para a cultura sucessora. Além disso a maior produção vegetal mantém uma cobertura adequada do solo, propiciando proteção mecânica e melhoria dos componentes físicos deste, criando assim um ambiente favorável para o enraizamento das plantas (FONSECA *et al.*, 2011).

Por ocasionar efeitos sobre o aumento da produção de forragem, a adubação nitrogenada eleva a capacidade de suporte da pastagem. Correa *et al.* (2006) observaram que a produção obtida com 200 kg há⁻¹ de N, um hectare adubado suportaria uma carga animal equivalente a dois hectares sem adubo.

No entanto, a adubação com nitrogênio deve ser realizada de acordo com o sistema produtivo empregado. Sistemas de pastejo moderado garantem maior fertilidade do solo devido a ciclagem dos nutrientes advindas de maior aporte de resíduos vegetais causados pelo pastejo mais leve. Enquanto em sistemas de pastejo intensivos, ou seja, pasto manejado em menor altura, menos matéria orgânica retornará aos solos pela reduzida quantidade de tecido em senescência, aumentando assim sua dependência de nutrientes provenientes de fontes externas (FONSECA *et al.*, 2011).

Vários autores têm observado o efeito positivo da adubação nitrogenada em forrageiras tropicais; Viana, *et al.*, (2011) verificaram em capim-brachiária que a adubação nitrogenada aumentou a produção de matéria seca da pastagem e o teor de proteína bruta, entretanto os teores de FDA, FDN e hemicelulose não foram afetados. Sartor *et al.* (2009), ao avaliar a pastagem de papuã, verificaram que esta foi mais eficiente na utilização do N quando usaram doses de até 200 kg de N ha⁻¹.

2.3.2 Manejo da Altura da Pastagem

Existem várias maneiras para atingir tal objetivo, como o manejo em função da massa de forragem, oferta de forragem e, ganhos preconizados. No entanto, a altura da pastagem tem se mostrado bastante promissora como critério de manejo da pastagem por ser de fácil aplicação a campo pelos produtores. Neste sentido, surge uma questão importante em relação à altura de pastejo: qual a altura de manejo da pastagem capaz de otimizar a produção vegetal e animal e ao mesmo tempo e proporcionar biomassa residual adequada para a manutenção do sistema plantio direto, sem afetar a fertilidade do solo e a produção das culturas seguintes?

A resposta é complexa porque para cada espécie forrageira e condições de crescimento existe um índice de área foliar (IAF) que promove um nível ótimo de crescimento, pois este possibilita uma máxima interceptação da luz (IL) e uma melhor taxa de fotossíntese. Zeferino (2006), por exemplo, cita que a *Brachiariabrizantha* deve ser manejada a 25 cm de altura em pré pastejo e o mesmo deve ser interrompido quando o rebaixamento atingir um resíduo de 15cm em pastejo rotativo, pois nestas alturas a IL fica próxima a 95%, interceptação na qual ocorre a maior taxa de fotossíntese líquida. Assim sendo, o pastejo, dependendo de sua intensidade em afetar a área foliar e a interceptação luminosa do dossel o que, por sua vez, afeta as taxas de fotossíntese e a capacidade de produzir novas folhas (DA SILVA & PEDREIRA, 1997).

A quantidade de animais presente por área influenciará diretamente a intensidade de desfolha das plantas, que por sua vez, interagem com a morfogênese da planta e com as características estruturais do relvado para determinar a produção colhível. Conseqüentemente, a intensidade de pastejo é considerada como um dos principais fatores condicionante das produções primária e secundária (NABINGER, 2005). Portanto, a prática da desfolhação deve ser baseada em informações que assegurem um equilíbrio entre os processos de crescimento, senescência e consumo de forma a possibilitar elevada produtividade de forragem de boa qualidade (DA SILVA, 2004). O processo de desenvolvimento das plantas leva em consideração processos complexos que envolvem a utilização de energia solar,

água e nutrientes fornecidos pelo solo, sendo influenciado pela ação do animal através da remoção de folhas pelo pastejo, da seletividade deste, do pisoteio e das dejeções (NABINGER, 2005).

A utilização de pastejos mais leves, ou lenientes, permitem uma maior área foliar residual e conseqüentemente, uma maior interceptação da luz. Melhores condições físico-químico-biológicas do solo devido a uma maior cobertura, maior senescência, maior teor de matéria orgânica, menor compactação do solo, maior taxa de infiltração da água, menor perda de nutrientes, etc, também são observadas em tais situações. Além disso, a maior disponibilidade ou oferta de forragem permite que o animal selecione melhor o alimento colhido, proporcionando um melhor desempenho animal e otimização do processo do pastejo (CARVALHO & MORAES, 2005).

2.4 DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DAS CULTURAS

Além dos fatores já discutidos que fazem da ação do animal um fator importante na ciclagem de nutrientes, ainda, os fatores relacionados a decomposição da palhada remanescente também são influenciados pelo pastejo.

O pastejo pode aumentar o teor de N da planta e, conseqüentemente, a qualidade dos resíduos que retornam ao solo (Shariffet al., 1994). Os herbívoros podem acelerar as taxas de decomposição pela redução da relação C:N da planta (MCNAUGHTON, 1992).

Desta forma a melhor relação C:N das plantas pastejadas e do solo aumentam a mineralização líquida pela redução da demanda microbiana por N durante o processo de decomposição (Holland et al. 1992). Entretanto, o pastejo pode também reduzir a ciclagem e a disponibilidade de nitrogênio, uma vez que os animais em função da sua seletividade por plantas com alto teor de N acabam por aumentar a dominância de espécies de plantas com baixo teor de N, sendo que estas espécies se decompõe mais lentamente. A redução na disponibilidade de N favorece as espécies pobres em N, porque elas são mais eficientes na competição por N. Percebe-se assim que os animais podem influenciar diferentemente a ciclagem de N modificando a produtividade do ecossistema para uma direção positiva ou negativa.

O pastejo altera também a estrutura da pastagem e desta forma a composição da vegetação e o teor de N nos tecidos vegetais. Estas mudanças nas pastagens

ocasionadas pelo pastejo tendem a aumentar a disponibilidade de N inorgânico pela melhoria da qualidade da biomassa das plantas, pelo efeito da imobilização microbiana e por alterar o fluxo de carbono das plantas em direção ao solo (STARKE GRELLMANN, 2002).

Quando falamos de decomposição de palhada em pastejo, é importante que seja considerada a decomposição também dos dejetos eliminados pelos animais, pois eles carregam parte dos nutrientes contidos na forrageira consumida.

Segundo Brady e Weil (2002), as taxas típicas de decomposição anuais dos vegetais, suas raízes e dejetos são da ordem de 85, 67 e 75% respectivamente. Contudo, estes valores podem variar em função de fatores ambientais e da qualidade do material sendo decomposto.

Kozelinski (2009), trabalhando com diferentes períodos de pastejo em trigo de duplo propósito, avaliou a decomposição dos dejetos e dos restos culturais do trigo e observou que os dejetos tem decomposição mais lenta, por serem formados por material mais lignificado, não digestível pelo rúmen do animal, porém este material contém grande quantidade de nutrientes os quais estarão retornando ao sistema, mesmo que à longo prazo.

2.5 O NITROGÊNIO E A CULTURA DO MILHO

A quantidade de nutrientes extraídos do solo durante o ciclo de desenvolvimento da cultura define as exigências nutricionais da planta. Para suprir essa necessidade é ideal que os nutrientes sejam disponibilizados na forma e no período adequado para que não haja redução da produtividade efetiva (YAMADA; ABDALLA, 2006).

Por possuir uma alta eficiência de conversão da radiação em biomassa, o nitrogênio é o nutriente mais demandado quantitativamente para o milho, tornando a adubação uma das práticas de manejo mais importantes. Por este elemento afetar o crescimento e desenvolvimento da cultura, produz respostas positivas no rendimento influenciando seu potencial produtivo. Em função disto, ocorre o estímulo do mercado de fertilizantes nitrogenados, constituindo o principal fator que onera os custos da produção do milho (MELO *et al.*, 2011; GOMES *et al.*, 2007).

Para o milho, a maior parte dos nutrientes fósforo e nitrogênio são translocados para os grãos – cerca de 75% do nitrogênio absorvido do solo é translocado para o

grão, concentrado aproximadamente 15 kg de N/ton de grãos colhidos (NEUMANN *et al.*, 2005). Ao incorporar restos de palhada há retorno parcial dos nutrientes extraídos, em especial o potássio e o cálcio, fazendo-se necessária a reposição dos nutrientes para os cultivos subsequentes (YAMADA, 2006; COELHO, 2008).

A produtividade do milho é dada com base nos seus componentes de rendimento, sendo os principais: número de espigas por planta, número de grãos por espiga e peso de mil grãos. A avaliação dos componentes do rendimento de grãos de milho permite obter um indicativo da disponibilidade de N durante o seu ciclo de desenvolvimento (BORTOLINI *et al.*, 2001). Os componentes de rendimento são definidos em cada estágio de desenvolvimento da cultura conforme ilustrado na Figura 2.

A fase que vai do estágio V_6 a V_8 , corresponde a uma das épocas de maior demanda nutricional do milho, em especial ao nitrogênio. Esta etapa é caracterizada por intenso crescimento das raízes e alongamento dos entrenós (WEISMANN, 2008; MAGALHÃES 2006), justificando a necessidade da disponibilidade de N, visto que este é componente das proteínas estruturais e funcionais, enzimas, coenzimas, além de participar da molécula de clorofila e fitocromo (RAIJ, 1991). A deficiência nutricional neste período pode afetar severamente o número de fileiras de grãos nas espigas e a produção potencial.

O manejo da adubação deve ser realizado visando a disponibilidade dos nutrientes no período crítico da cultura. No sul do Brasil as recomendações de adubação nitrogenada são feitas de acordo com a quantidade de matéria orgânica do solo e a expectativa de rendimento. Habitualmente, esta adubação é dividida em duas aplicações, uma na semeadura e a segunda quando a planta apresenta de quatro a oito folhas expandidas (BORTOLINI *et al.*, 2001). Para Broch e Ranno (2012) uma adubação de cobertura precoce, no estágio V_4 , traz resultados significativos traduzidos em altos potenciais tendo em vista que componentes de rendimento importantes são definidos nesta fase.

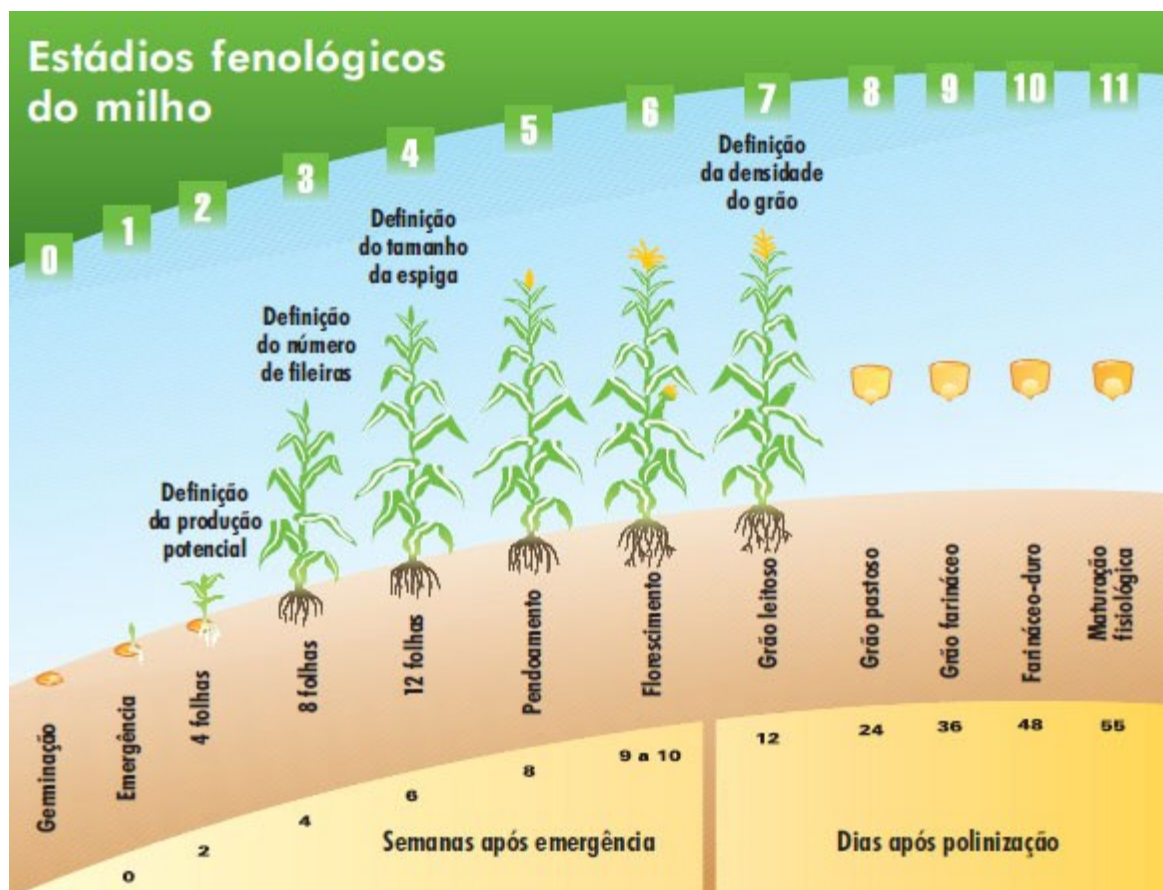


Figura 2 - Fenologia do milho: estádios de desenvolvimento da cultura. Fonte: (PIONEER SEMENTES, 2015).

No sistema de plantio direto (SPD), o resíduo gerado pela palhada da sultura antecessora serve como fonte de nutrientes para a cultura que será implantada. Por não haver revolvimento do solo a velocidade de liberação de nutrientes é menor que no plantio convencional (BOER *et al.*, 2007), pois a decomposição do material vegetal é dependente da interação dos fatores climáticos com a qualidade do resíduo. Qualitativamente a cobertura morta é caracterizada pelas concentrações de nitrogênio, carbono solúvel em água, lignina, hemicelulose, celulose, nutrientes, compostos fenólicos e principalmente a relação C:N (AZEVEDO; SPEHAR, 2002). Plantas ricas em carbono estrutural apresentam elevada relação C:N e, conseqüentemente, maior permanência no solo.

Entretanto, no período inicial da decomposição dos resíduos vegetais de elevada relação C:N, ocorre imobilização microbiana de boa parte dos nutrientes constituintes da palha, deixando-os indisponíveis para as plantas (TEIXEIRA *et al.*, 2009; ASSIS *et al.*, 2003).

Segundo Silva *et al.*, (2009) restos vegetais de relação C:N intermediária propiciam taxas mais elevadas de disponibilização de N e ao mesmo tempo proporcionam persistência satisfatória da cobertura no solo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na propriedade do Sr. Caetano Pacheco, localizada no município de Abelardo Luz-SC. A área experimental encontra-se localizada entre as coordenadas de 26° 31' 29,67" Sul e -52° 15' 35,17" Oeste (ao centro do experimento), com altitude de aproximadamente 851 metros. O clima da região é classificado como Cfb (subtropical úmido), segundo classificação de Köppen (Maak, 1968). O solo do local experimental é classificado Latossolo bruno, apresentando relevo levemente ondulado de textura argilosa.

Os dados meteorológicos registrados para o município de Abelardo Luz/SC, durante o período experimental, são apresentados na Figura 3.

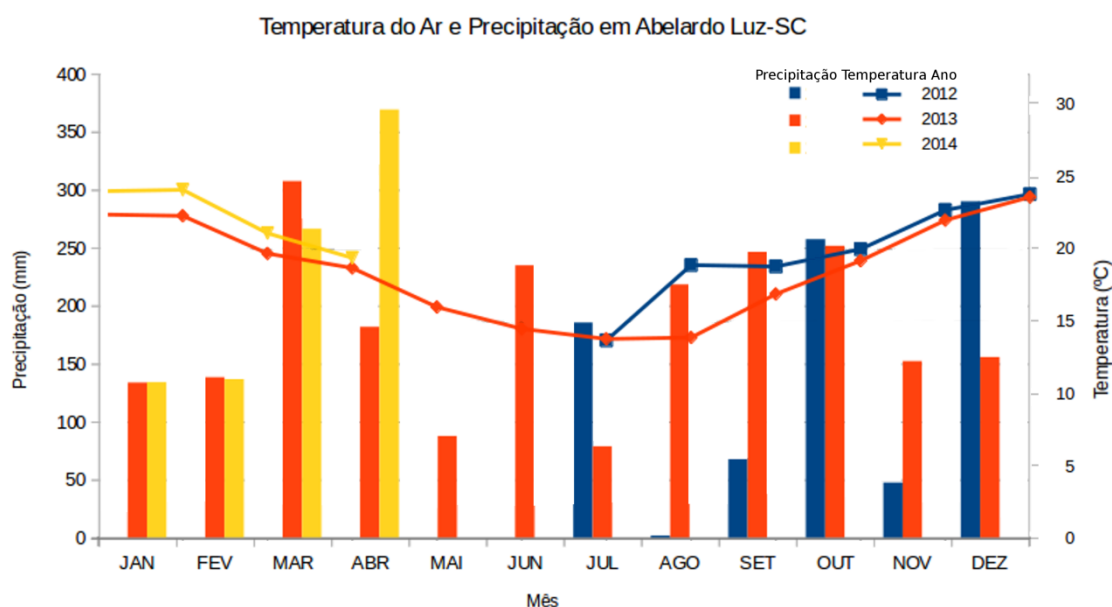


Figura 3 - Dados meteorológicos observados durante o período experimental (outubro/2012 à abril/2013) no município de Abelardo Luz. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, (2013); Agência Nacional de Águas, (2013).

O experimento foi implantado em uma área previamente utilizada no sistema de Integração lavoura-pecuária em sistema de cultivo mínimo (gradagem para plantio de cereais de inverno). A cultura antecessora a semeadura do sorgo foi o azevém (*Lolium multiflorum*).

O experimento foi conduzido em três fases principais, que podem ser caracterizadas individualmente por: Cultivo e manejo da cultura do sorgo em pastejo (verão 2012/13); Cultivo e manejo da cultura da aveia preta em pastejo (inverno de 2013) e Cultivo de milho para produção de grãos (verão 2013/14) conforme ilustrado na Figura 4.



Figura 4 - Linha do tempo ilustrando os cultivos, épocas de implantação e tratamentos utilizados em cada fase do experimento, onde AA = Alta altura do pasto; BA = Baixa altura do pasto; NG = Nitrogênio aplicado na cultura de grãos e NP = Nitrogênio aplicado na pastagem.

Após estabelecido o local exato do experimento, foram efetuadas coletas de solo nas profundidade de 0 – 5; 5 – 10; 10 – 20; 20 – 40 e 40 - 60 cm em 10 pontos aleatórios em cada bloco para análise de nitrogênio e carbono total, e outra coleta nestes mesmos pontos, desta vez apenas na profundidade de 0 – 20 cm para análise química de rotina, a qual serviu de parâmetro para que fosse feita a adubação de base quando da implantação da pastagem de sorgo. Este mesmo processo se repetiu antes da implantação da pastagem de aveia e antes da cultura do milho.

As análises de rotina realizadas antes do plantio do sorgo e antes do plantio da aveia (Tabela 1), e a Tabela 2 apresenta os teores de N e C total do solo antes da implantação do experimento.

Tabela 1 - Valores de matéria orgânica, macronutrientes, pH em CaCl₂, CTCp, saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%), na profundidade de 0 a 20 cm antes dos cultivos de sorgo e aveia preta.

	MO (g dm ⁻³)	P	K (mg dm ⁻³)	Ca	Mg (Cmol _c dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	CTC (Cmol _c dm ⁻³)	V	M
								(%)	(%)
Sorgo	45,10	4,09	86,20	3,70	2,60	5,20	11,52	52,80	0,97
Aveia	36,3	4,57	87,87	3,85	1,97	4,94	10,41	55,95	3,93

Tabela 2 - Porcentagem de N e C total e NO³⁻ e NH⁴⁺ no solo antes da implantação do experimento, Abelardo Luz, SC 2012.

Profundidade	N (%)	C (%)	NO ³⁻ (mg dm ⁻³)	NH ⁴⁺ (mg dm ⁻³)
0 – 5	0,213	3,575	13,07	22,40
5 – 10	0,223	3,678	12,13	19,60
10 – 20	0,207	3,492	10,27	12,13
20 – 40	0,212	3,580	9,33	3,73
40 – 60	0,221	3,753	5,60	2,80

3.1 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

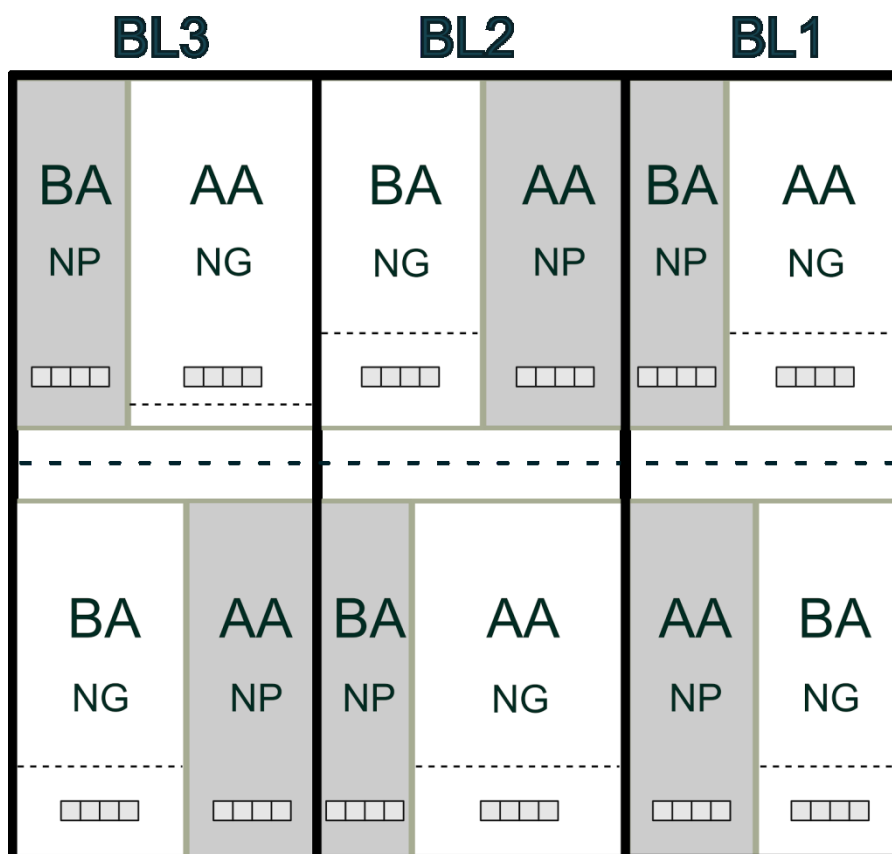
Para a condução do experimento foram alocados na área experimental doze piquetes os quais constituíram as unidades experimentais. A área total do experimento foi de aproximadamente 14,21 ha e, adjacente a esta, foi mantida uma área de 10 ha para manutenção dos animais reguladores. O dimensionamento do tamanho dos piquetes foi realizado de modo a permitir a manutenção de no mínimo trêsanimais *testes* na pastagem de sorgo/aveia.

A área dos piquetes foi determinada de acordo com os tratamentos, variando de 10,7 à 12,9 ha, esta diferença de área entre piquetes é reflexo do uso de N e da altura de pastejo utilizada.

O delineamento experimental adotado para a condução do experimento foi de blocos ao acaso em esquema fatorial (2 X 2), com três repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um piquete. O primeiro fator foi constituído por época de aplicação de adubação nitrogenada em cobertura, sendo: nitrogênio aplicado na pastagem (NP) e nitrogênio aplicado na cultura de grãos (NG). O segundo fator considerado foi a altura do pasto, alta altura do pasto (AA) e baixa altura do pasto (BA) sendo que para o sorgo estes valores foram de 60 e 30 cm e para aveia de 30 e 15 cm para aveia respectivamente Figura 4.

Desta forma, as parcelas que receberam aplicação de N em cobertura na cultura do milho, foram as parcelas que não receberam esta aplicação durante o cultivo das pastagens.

No período de condução da lavoura de grãos foi incluído aos tratamentos mais um fator, doses crescentes de nitrogênio na cultura do milho. Para que fosse possível trabalhar com estas doses foram alocadas quatro sub parcelas de 24,5 m² em cada um dos 12 piquetes onde foi efetuada a aplicação de 0; 100; 200 e 300 kg ha de N. Estas sub parcelas foram em uma parte do piquete que foi isolada no momento da aplicação do nitrogênio em cobertura na cultura de grãos (NG), conforme mostra o detalhamento do croqui na figura 6.



LEGENDA:

- AA - Alta altura de pasto
- BA - Baixa altura de pasto
- NP - Aplicação de nitrogênio na pastagem
- NG - Aplicação de nitrogênio na cultura de grãos

Figura 5 - Croqui experimental com a disposição dos tratamentos, Abelardo Luz – SC.



Figura 6 - Detalhamento do croqui experimental com ênfase a um piquete e a disposição das doses crescentes de nitrogênio aplicado na cultura de grãos, Abelardo Luz – SC.

3.1.1 Cultivo e Manejo das Pastagens de Sorgo e Aveia Preta

A dessecação da área do experimento foi realizada antes de todos os cultivos (sorgo, aveia e milho) com o intuito de eliminar todas as ervas daninhas presentes bem como restos das culturas antecessoras em todos os casos utilizando o herbicida Glyphosate na dosagem de 2,5 litros por ha de produto comercial contendo 360 g/l de ingrediente ativo (Glyphosate). A dessecação da área para implantação do sorgo foi realizada no dia 15/10/2012.

A semeadura do sorgo foi realizada no dia 07/11/2012 em sistema plantio direto, utilizando uma semeadoura adubadora da marca Semeato com espaçamento entre linhas de 45 cm, na ocasião fora utilizado o híbrido de sorgo BMR – ADV 2800, com população de 450000 plantas ha^{-1} e 530 kg do adubo NPK 08-20-20, adubação esta que corresponde a 42 kg de N ha^{-1} , 106 kg de P_2O_5 ha^{-1} e 106 kg de K_2O ha^{-1} .

Para o cultivo das pastagens (Sorgo e Aveia) a adubação de base na área foi realizada conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2004), a partir dos resultados de análises de solo apresentadas na Tabela 1.

Anteriormente ao período experimental de verão (em pastagem de sorgo), ocorreu o rebaixamento da pastagem de sorgo que iniciou no dia 20/12/2012, quando a pastagem estava com aproximadamente 90 cm de altura. As alturas pretendidas para iniciar o período experimental eram de 30 cm e 60 cm. No dia 15/01/2013 a fim se assegurar as alturas pretendidas (30 ou 60 cm) foi realizada uma roçada mecanizada a 30 cm de altura.

Após este procedimento, no dia 06/02/2013 realizou-se a adubação nitrogenada em cobertura utilizando 200 kg de N ha⁻¹, na forma de uréia (45% de N) apenas nos piquetes que continham os tratamentos com N na pastagem. Todos os animais foram retirados da área, para a realização da roçada e da adubação nitrogenada.

No dia 08/02/2013 foi realizada a entrada dos animais nos piquetes a fim de iniciar o período experimental. A carga animal era ajustada de forma a chegar à altura pretendida de cada piquete.

O método de pastejo foi o de lotação contínua com taxa de lotação variável (MOOT & LUCAS, 1952) usando novilhos cruzados entre as raças nelore e charolês.

A entrada e saída dos animais reguladores da pastagem eram dependentes da distância entre o valor real de altura da pastagem e o valor preconizado para cada altura de pastejo. A cada 21 dias os animais foram presos em curral para jejum de sólidos e líquidos, de 12 h, para sua pesagem, a fim de calcular o ganho de peso, individual e por ha, e a carga animal. Cada unidade experimental (piquete) contou com três animais *testers* distribuídos nas unidades experimentais.

Foi realizado o monitoramento da altura da pastagem nas unidades experimentais com auxílio de um bastão graduado em centímetros, realizando avaliações semanais em dez pontos por piquete. A altura foi manejada através da entrada e saída dos animais reguladores a fim de manter a altura real, mais próxima possível das alturas pretendidas, e obter o contraste entre a Alta e Baixa Altura de Pastejo.

A dessecação e semeadura da aveia aconteceu no dia 22/04/2013. Foi utilizando sementes de aveia preta comum com 100 Kg de semente por hectare. A forma de manutenção das alturas da pastagem e manejo dos animais foram iguais ao sorgo. A semeadura da aveia preta foi efetuada sem uso de adubação de base e foi feita com o auxílio de uma semeadora de plantio direto da marca semeato com espaçamento entre linhas de 17 cm. Na adubação de cobertura da pastagem de aveia foram aplicados 300 kg ha⁻¹ de N em forma de uréia parcelados em três aplicações: uma de 140 kg ha⁻¹ no dia 15/06/2013, 60 kg ha⁻¹ no dia 02/07/2013 e mais 100 kg ha⁻¹ no dia, 03/09/2013 dias após uma severa geada que ocorreu na região onde estava implantado o experimento no dia 01/08/2013.

Estas fortes geadas causaram a perda de muitas plantas e grande parte das folhas das plantas que restaram, sendo que o período de pastejo foi interrompido, e

a aplicação de 100 Kg ha⁻¹ de N descrita anteriormente foi necessária para que a pastagem apresentasse reação mais rápida, permitindo assim o retorno dos animais.

3.1.2 Cultivo e Manejo da Cultura do Milho

No dia 10/10/13 o milho foi semeado, em sistema de plantio direto, com espaçamento de 70 cm entre linhas, apresentando uma população final de 70000 plantas ha⁻¹. Utilizou-se o híbrido Máximus da Syngenta. A área foi adubada no sulco com 400 kg ha⁻¹ do formulado NPK 08-20-15.

No dia 13/11/2013 foi efetuada a adubação nitrogenada de cobertura nas parcelas que não receberam N na pastagem, conforme indicado pelos tratamentos, com 200 kg N há⁻¹ em uma única aplicação, com exceção da área reservada para aplicação de N nas sub-parcelas, onde nesta mesma data foram aplicados os tratamentos já descritos acima e ilustrados na figura 6.

No estágio V4 das plantas de milho, foi aplicado o herbicida Atrazina+Simazina na dose de 8 l ha⁻¹ com o intuito de controlar plântulas de Papuã (*Brachiária plantaginea*) que estavam se desenvolvendo bem como algumas outras ervas daninhas presentes na área.

Foi avaliada a taxa de decomposição dos resíduos e liberação de nutrientes do sorgo e da aveia preta; comportamento dos teores de nitrato e amônio do solo durante o período de avaliações, além da produtividade de grãos de milho e seus componentes de rendimento.

A avaliação da taxa de decomposição dos resíduos vegetais, bem como a taxa de liberação de nutrientes referente à matéria seca das plantas existentes em todas as fases do experimento foram realizadas pela metodologia do uso de sacos de decomposição, os *litter bags*, com metodologia descrita a seguir.

Para a avaliação da velocidade de decomposição, após cada cultivo (sorgo, aveia e milho), foram coletados, aleatoriamente nas parcelas, amostras de massa seca residual em dez pontos de 0,5 m² cortando com tesoura rente ao solo, para que todo o material existente acima do solo fosse removido. Este processo se deu no final das fases do experimento, ou seja, após a pastagem de sorgo (08/04/2013), após a pastagem de aveia (06/10/2013) e após o cultivo do milho (10/03/2013).

Após a coleta, as amostras foram secas em estufa a 60 °C, por 72 horas e posteriormente pesadas, sendo que 20 g de matéria seca de cada amostra foi alocada em sacos de nylon (Litter Bags) com malha de 2 mm, medindo 20 x 20 cm. Para melhor acomodar dentro dos Litter Bags o material seco foi cortado em fragmentos de aproximadamente 15 cm.

As coletas de Litter Bags dos resíduos de sorgo foram aos 15, 35, 55, 75, 100 e 135 dias após a deposição dos mesmos no campo, para a aveia aos 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150 dias e os resíduos de milho foram avaliados aos 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182 dias.

Após coletados os Litter Bags na área experimental foi avaliada a velocidade de decomposição por diferença de peso, baseando-se na quantidade inicial de cada Litter Bag (20 g) alocado no início das avaliações, menos a quantidade obtida através das pesagens ao longo do período de avaliação. Pela diferença de peso é possível calcular a quantidade de material remanescente em determinada data.

As taxas de decomposição da matéria seca (MS) dos resíduos culturais das plantas cultivadas no experimento, bem como a taxa de liberação de nutrientes foram estimadas ajustando-se um modelo de regressão não linear aos valores observados, conforme proposto por Wieder e Lang (1982). O modelo ajustado têm a seguinte equação matemática:

$$MSR = A e^{-kat} + (100-A)$$

Onde: MSR = percentagem de MS remanescente ou percentagem do nutriente remanescente em tempo t (dias); ka = taxa constante de decomposição da MS ou liberação de nutrientes do compartimento mais facilmente decomponível (A). A mesma equação foi utilizada para determinar a taxa de liberação dos nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio substituindo-se na fórmula o MSR por N, P e K.

O modelo considera que a MS dos resíduos culturais ou a quantidade de nutrientes remanescente pode ser dividida em dois compartimentos, porém apenas a MS ou os nutrientes remanescentes do compartimento mais facilmente decomponível é transformada, diminuindo exponencialmente com o tempo a uma taxa constante. A MS ou a quantidade de nutriente remanescente do segundo compartimento é considerada mais recalcitrante e, por isso, não sofre transformação no período de tempo considerado.

Para o ajuste do modelo foi utilizado o aplicativo computacional estatístico SigmaPlot® versão 12.5 (Systat Software, San Jose, CA).

Tendo o modelo já ajustado, e com os valores da constante de decomposição da MS ou de liberação de nutriente de cada compartimento, foi calculado o tempo de meia vida ($t_{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para 50% da MS ou o nutriente daquele compartimento seja decomposto ou liberado. Para este cálculo foi utilizada a fórmula a seguir, cuja dedução é apresentada em Paul e Clark (1996):

$$T_{1/2} = 0,693/k(a,b)$$

Ao final da fase de pastejo no sorgo e na aveia e após o cultivo do milho, foram realizadas coletas de solo para quantificação dos teores de nitrato e amônio do solo. Utilizando pá de corte nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm, em três pontos por piquete. As amostras de solo foram secas em estufa à 60 °C e peneiradas em malha de 2 mm. A análise de nitrato e amônio foi realizada conforme metodologia descrita por Bremner e Keeney (1966) pelo método Kjeldahl de destilação de arraste a vapor, com a utilização de KCl 1M, visto as condições dos solos em análise.

Com o intuito de observar o efeito da aplicação de nitrogênio nas pastagens antecessoras e das diferentes alturas do pasto na produtividade de grãos de milho foram avaliados os componentes de rendimento da cultura: número de fileiras por espiga; número de grãos por fileira; número de grãos por espiga e peso de mil grãos bem como a produtividade total de grãos de milho.

Tais avaliações foram feitas em uma parcela útil de 10,5 m² – 3 fileiras de milho com espaçamento de 0,7 metros X 5 metros – em cada sub parcela que continha as doses crescentes de nitrogênio em cobertura (0, 100, 200 e 300 Kg de N ha⁻¹).

3.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

3.2.1 Análises Utilizadas no Experimento em Sub Parcelas

Para as variáveis produtividade (kg ha⁻¹), produtividade relativa (%), fileiras espiga⁻¹, grãos fileira⁻¹, grãos espiga⁻¹ e peso de mil grãos (g) foram verificados os

pressupostos da análise de variância e, quando necessário, efetuadas as devidas transformações de dados. Após, os dados foram submetidos à análise de variância (alfa= 5%) conforme esquema trifatorial 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de nitrogênio – 0, 100, 200, 300 kg ha⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições.

Quando houve interação trifatorial, esta foi desdobrada realizando-se análise de regressão das doses de nitrogênio em cada uma das combinações de altura do pasto e época de aplicação de N. Procedimento semelhante foi adotado em caso de interação bifatorial entre fator A X D e CXD.

Em caso de interação bifatorial entre os dois fatores qualitativos (altura do pasto e época de aplicação de N) e significância desses fatores principais; as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

As análises foram realizadas utilizando-se os aplicativos computacionais NTIA/EMBRAPA(EMBRAPA, 1997) e SigmaPlot® versão 12.5 (Systat Software, San Jose, CA)

3.2.2 Análises Utilizadas Para as Variáveis do Solo

Para as variáveis NH₄⁺ e NO₃⁻ foram verificados os pressupostos da análise de variância e, quando necessário, efetuadas as devidas transformações de dados. Após, os dados foram submetidos à análise de variância (alfa= 5%) conforme esquema trifatorial 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= profundidade do solo – 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições.

Para os efeitos principais dos fatores qualitativos, com dois níveis, altura do pasto e época de aplicação de nitrogênio utilizou-se o resultado do teste F da análise de variância para discriminação das médias.

O efeito principal profundidade (com 5 níveis), quando significativo foi analisado por meio de teste de Tukey (alfa= 5%) para comparação múltipla de médias.

As análises de variância e testes de Tukey foram realizadas utilizando-se o aplicativo computacional estatístico NTIA/EMBRAPA (EMBRAPA, 1997). A representação das médias e respectiva DMS de Tukey foram representadas graficamente, utilizando-se o aplicativo computacional estatístico SigmaPlot® versão 12.5 (Systat Software, San Jose, CA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DAS CULTURAS E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES

As diferentes alturas do pasto influenciam diretamente na quantidade de resíduo remanescente deixado pela pastagem. O fato de um tratamento proporcionar maior quantidade de cobertura ao solo traz implicações relacionadas às adições de nutrientes oriundos da decomposição deste resíduo. Outro fator que também pode ser influenciador neste processo é a adição ou não de adubação nitrogenada na pastagem, pois, esta tem relação direta com a qualidade do material produzido e com a velocidade de decomposição deste.

Os valores médios de massa seca remanescente após o período de pastejo no sorgo forrageiro foram em média de 4909,45 kg ha⁻¹ (Tabela 03). Nas parcelas em que o pasto foi manejado na maior altura assim como embora os tratamentos aplicados não tenham influenciado estes valores, as parcelas que receberam N na pastagem apresentaram maior quantidade de palhada residual, porém esta diferença é muito pequena, uma vez que a alta altura era de 60 cm enquanto a baixa era de 30 cm. O fato de a baixa altura representar apenas 50% do valor da alta altura deveria refletir na quantidade de material residual, porém devido à grande dificuldade em manter as alturas preconizadas durante o pastejo, o resultado final semelhante.

Tabela 3 - Massa seca final (MS); Nitrogênio (N); Fósforo (P); Potássio (K); em Kg ha⁻¹; Fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), em %, 2 x 2: Altura do pasto – Alta (AA) e baixa (BA) *versus* épocas de aplicação de nitrogênio – N no grão (NG) e N na pastagem (NP), conduzido no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, com as culturas de sorgo forrageiro, aveia e milho. Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

SORGO FORRAGEIRO						
Tratamentos	MS	N	P	K	FDA (%)	FDN (%)
	----- kg ha ⁻¹ -----					
AANG	5048,6	88,59	50,98	294,77	30,87	52,97
AANP	5204,7	116,43	49,63	310,83	31,4	55,46
BANG	4537,2	102,92	41,11	268,97	32,63	54,55
BANP	4847,4	92,72	55,68	330,36	28,16	47,7
AVEIA						
Tratamentos	MS	N	P	K	FDA (%)	FDN (%)
	----- kg ha ⁻¹ -----					
AANG	1557	40,31	22,06	89,68	24,67	42,29
AANP	1483,7	37,71	15,22	111,29	24,26	41,53
BANG	1250,3	33,52	12,69	69,31	25,7	46,62
BANP	1250,7	45,83	12,72	76,6	28,11	47,76
MILHO						
Tratamentos	MS	N	P	K	FDA (%)	FDN (%)
	----- kg ha ⁻¹ -----					
AANG	7195,1	132,01	26,37	142,56	47,4	76,57
AANP	6030,6	110,69	25,59	132,17	42,3	76,29
BANG	6639	114,52	32,61	156,73	46,55	71,99
BANP	7227	121,48	34,42	139,93	41,66	72,95

Esta homogeneidade observada entre os piquetes ao final do período de pastejo na cultura do sorgo refletiu na não influência dos tratamentos sobre a velocidade de decomposição da matéria secado sorgo (Tabela 4) sendo que a cinética de decomposição dos resíduos culturais do sorgo apresentou padrão semelhante para ambos os tratamentos com decaimento exponencial, com progressivo decréscimo desta (Figura 5A).

O tempo necessário para decompor 50% do compartimento mais prontamente decomponível (71,4%) dos resíduos da pastagem de sorgo foi de 144 dias sendo que em todos os tratamentos houve uma decomposição mais rápida no início de avaliação tendendo a estabilização ao final do período (Figura 5A). Teixeira et. al. (2012) avaliando decomposição de diferentes resíduos de pastagem observaram um tempo de meia vida para o sorgo de 75 dias. Já Torres & Pereira (2008) avaliando sorgo como planta de cobertura no cerrado, verificaram uma meia vida de 118 dias.

Tabela 4 - Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade (Sorgo – GLS, Aveia – GLA e Milho GLM), coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da sub-parcela (CV SP, em %), da matéria seca remanescente (MSRT), para um experimento conduzido em esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia – 2 x 2 x 9, Milho – 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição: Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia – 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho – 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: MSRTS (Matéria seca remanescente sorgo, em %), MSRTA (Matéria seca remanescente aveia, em %), MSRTM (Matéria seca remanescente milho, em %). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Causas de variação	Quadrados médios					
	GLS	GLA	GLM	MSRTS ¹	MSRTA ¹	MSRTM ¹
Bloco	2	2	2	0,0049 ^{ns}	0,0093 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
A	1	1	1	0,0039 ^{ns}	0,0919 ^{ns}	0,0869*
C	1	1	1	0,0019 ^{ns}	0,0593 ^{ns}	0,0211*
A*C	1	1	1	0,0027 ^{ns}	0,0795 ^{ns}	0,0032*
Erro AC	6	6	6	0,0137*	0,0173*	0,0004 ^{ns}
D	6	8	7	1,2784*	0,5851*	0,0621*
A*D	6	8	7	0,0028 ^{ns}	0,0067*	0,0035*
C*D	6	8	7	0,0031 ^{ns}	0,0023 ^{ns}	0,0017*
A*C*D	6	8	5	0,0008 ^{ns}	0,0033 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Bloco*D	12	16	14	0,0028 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Erro B	36	48	38	0,0033	0,002	0,0005
CV PP (%)	-	-	-	12,26	8,17	1,06
CV SP(%)	-	-	-	6,05	2,7742	1,2128

¹ Variáveis com transformação logarítmica, para atender o pressuposto de homogeneidade de variâncias e normalidade dos erros. * Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ^{ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

A produção de matéria seca residual de aveia ao final do pastejo foi semelhante com uma produção média de 1520 e 1251 kg ha⁻¹ para a alta altura do pasto e baixa altura do pasto, respectivamente. Estes resultados estão abaixo dos observados por Assmann et al. (2015) para uma altura de 20 cm (2500 kg ha⁻¹) e maiores que da altura do pasto de 10 cm (1060 kg ha⁻¹).

Constatou-se influência da interação tempo *versus* alturas de pasto na pastagem de aveia preta, sobre a decomposição da matéria seca dos seus resíduos (Tabela 4), evidenciando uma acentuada aceleração na velocidade de decomposição com a diminuição na altura do pasto (Figura 7B). A decomposição dos resíduos vegetais da aveia se ajustou ao modelo exponencial simples onde apenas o material contido no compartimento mais facilmente decomponível (A), diminuíram exponencialmente a taxas constantes.

Os resíduos da pastagem de aveia preta apresentaram um menor tempo de meia vida deste mesmo compartimento de 133 e 70 dias para AAP e BAP respectivamente (Figura 7A), este fato se deve provavelmente à maior quantidade

de material renovado na menor altura do pasto, contendo maior relação folha/colmo. Estes dados corroboram com os de Assmann et al. 2015, sobre a cinética de decomposição de carbono, o qual verificaram que áreas pastejadas com baixa intensidade de pastejo (40 cm de altura do pasto) apresentaram uma meia vida de 110 dias e áreas com intensidade de pastejo moderadas (20 e 30 cm de altura do pasto) uma meia vida média de 80 dias.

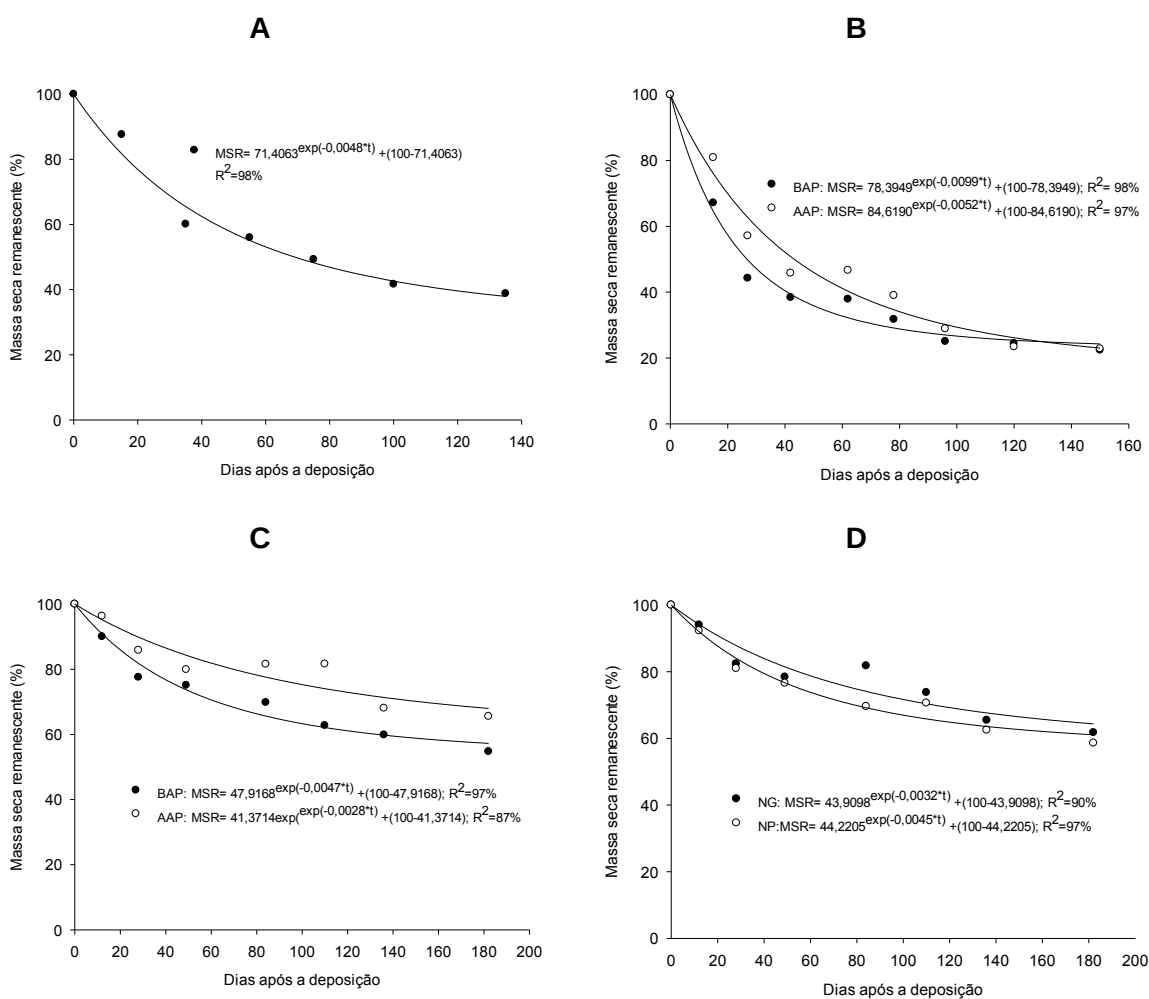


Figura 7 - Matéria Seca remanescente (MSRT), em % para as culturas de: sorgo forrageiro (A), aveia (B) e milho (C e D), em função de dias após a deposição da palhada de um experimento conduzido no esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia - 2 x 2 x 9, Milho - 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto - Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio - N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição: Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia - 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho - 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz - SC. 2013-2014.

O comportamento da pastagem de aveia preta em função das duas alturas de manejo do pasto possivelmente se deve à constante rebrota no tratamento em que o pasto foi manejado na menor altura, o que ocasiona presença de um maior número

de folhas e colmos jovens e maior número de perfilhos jovens. Nas parcelas em que o pasto foi conduzido na maior altura, ocorreu comportamento inverso, com uma menor relação folha/colmo, afetando assim a quantidade de celulose e lignina (% FDA) dos materiais (Tabela 03).

Segundo Parsons & Congdon (2008) maiores quantidades de lignina influenciam negativamente as taxas de decomposição de resíduos, tanto no solo como no metabolismo animal. Para Sanaullah et al.(2010) resíduos vegetais mais velhos (senescentes) se decompõem mais lentamente em relação a resíduos mais jovens, por apresentar maiores quantidades de lignina e menor teor de açúcares solúveis e N. Resultados semelhantes foram observados por Shariff et al. (1994), onde verificaram que a intensidade de pastejo moderada (44% de remoção da pastagem) resultou em maiores taxas de decomposição (menor meia vida) em relação a tratamentos que não foram pastejadas ou pastejo intensivo.

O pastejo altera também a estrutura da pastagem e desta forma a composição da vegetação e o teor de N nos tecidos vegetais. Estas mudanças nas pastagens ocasionadas pelo pastejo tendem a aumentar a disponibilidade de N inorgânico pela melhoria da qualidade da biomassa das plantas (Bardgett et al., 1998)

Para Carvalho et al (2010), de modo geral, pastagens manejadas a baixas alturas representam pequena quantidade de forragem, porém de maior valor nutritivo, enquanto que pastagens altas representam elevada quantidade de forragem de menor valor nutritivo. Assmann et. al. (2014), trabalhando com trigo de duplo propósito submetido a diferentes intensidades de pastejo, observou que na maior intensidade de pastejo o material residual se decompunha mais rápido e atribuiu a isto o fato de este material ser composto por rebrotas da pastagem, maior número de folhas do que colmos e maior número de perfilhos jovens, quando comparado ao material extraído dos tratamentos com menor intensidade de pastejo.

Com relação à quantidade de palhada residual após a colheita do milho, o que se pode observar não houve diferença estatística entre os tratamentos com uma produção de MS de média de 6772,92 kg ha⁻¹.

Na decomposição dos resíduos da cultura do milho observou-se interações altura do pasto *versus* época de aplicação de N; altura do pasto *versus* tempo e época de aplicação do N *versus* tempo, sobre a velocidade de decomposição dos resíduos de milho cultivado após as pastagens (Tabela 4).

Foi observada uma acentuada aceleração na velocidade de decomposição dos resíduos de milho quando os mesmos são provenientes de piquetes com o pasto manejado na menor altura (Figura 1C e 1D), isto mostra a importância do efeito benéfico do pastejo sobre o sistema.

O manejo com baixa altura de pasto e com adubação nitrogenada apresentaram uma mais rápida decomposição da palhada de milho em relação ao manejo de alta altura de pasto e com aplicação de nitrogênio na cultura do milho, isto se deve pelo fato de que estes tratamentos proporcionam um ambiente nutricional melhor para a cultura sucessora, principalmente com relação ao nitrogênio, e, esta melhor disponibilidade do nutriente resulta na produção de palhada residual do milho com menor relação C:N e menores teores de celulose e lignina (% FDA) de 41,7% BANP e de 47,4% na AANG.

Da mesma forma que acontece com as diferentes alturas do pasto, a época de aplicação de nitrogênio também faz com que a quantidade de material que compõe a parte mais facilmente decomponível da palhada de milho seja maior em um dos tratamentos. Neste caso, a presença de adubação nitrogenada na pastagem fez com que o compartimento A da palhada de milho apresentasse leve aumento, passando de 40,1% (onde o N foi aplicado na cultura de grãos) para 40,4% (N na pastagem), este fato pode ter sido colaborador para a maior velocidade de decomposição da palhada do milho registrada neste tratamento.

O tempo de meia vida calculado para o compartimento A dos resíduos de milho foi de 9 dias para o tratamento NP e de 23 para o NG, Figura 1D. Este maior tempo para decompor os resíduos do milho com aplicação de N na cultura do grão deve-se ao fato de que estes resíduos apresentaram uma porcentagem de FDA (% celulose e lignina) de 5% a mais em relação ao tratamento NP (Tabela 03). Este fato ajuda evidenciar o efeito residual da aplicação de N na pastagem contribuindo com a nutrição nitrogenada da cultura implantada na sequência.

A maior quantidade de material no compartimento mais prontamente decomponível e menor meia vida na menor altura de pasto e adubada com N, quando comparado à maior altura do pasto e aplicação de N em cobertura na cultura de grãos, evidencia que houve uma melhor nutrição da cultura do milho nesta situação, principalmente com relação a N. Este fato faz com que a relação C:N da palhada de milho seja menor tornando possível este resultado.

Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo, CQFS– RS/SC (2004), a recomendação de adubação nitrogenada na cultura do milho deve ser baseada no teor de matéria orgânica do solo, isto comprova que a condição do solo antes do plantio da cultura de grãos tem fundamental importância na produção da mesma, porém se o manejo do sistema proporcionar grande acúmulo de palhada sobre o solo, ainda assim o fornecimento de N pode não ser satisfatório, devido à alta relação C/N do material, situação esta em que a liberação do N contido na palhada se dará em uma velocidade muito pequena.

Quando o material residual da pastagem cultivada anteriormente ao milho for mais rico em N e conseqüentemente de mais rápida decomposição (e liberação dos nutrientes nela contidos) provavelmente tanto a produção de grãos como a qualidade da palhada do milho serão melhores. Assim, maior qualidade nutricional da palhada resulta em mais rápida velocidade de decomposição.

Outro fator importante é o pastejo que segundo Shariffet al., (1994) este pode aumentar o teor de N da planta e, conseqüentemente, a qualidade dos resíduos que retornam ao solo. Os herbívoros podem acelerar as taxas de decomposição pela redução da relação C:N da planta (Mcnaughton, 1992).

Nesse sentido, o N aplicado no inverno possibilita maiores rendimentos da pastagem e, conseqüentemente do produto animal, permanecendo no sistema e sendo utilizado pela cultura sucessora, especialmente gramíneas como o milho. Isto caracteriza a prática de fertilização do sistema de produção e não restritivo a apenas a cultura em questão permitindo menor entrada de insumos na propriedade com melhor aproveitamento dos nutrientes, o que caracteriza um sistema de produção dentro dos princípios da sustentabilidade.

4.1.1 Ciclagem de Nitrogênio

Foi observado efeito da interação tripla altura do pasto *versus* época de aplicação de N *versus* tempo sobre o comportamento da liberação de N presente nos resíduos de sorgo (Tabela 5).

Tabela 5 - Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade (Sorgo – GLS, Aveia – GLA e Milho GLM), coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da sub-parcela (CV SP, em %), do Nitrogênio remanescente (NRT), para um experimento conduzido em esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia – 2 x 2 x 9, Milho – 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição(Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia – 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho – 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NRTS (Nitrogênio remanescente sorgo, em %), : NRTA (Nitrogênio remanescente aveia, em %), : NRTM (Nitrogênio remanescente milho, em %). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Causas de variação	Quadrados médios					
	GLS	GLA	GLM	NRTS	NRTA ¹	NRTM ¹
Bloco	2	2	2	105,0799 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
A	1	1	1	75,0141 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0345*
C	1	1	1	672,9740*	0,0996 ^{ns}	0,0014 ^{ns}
A*C	1	1	1	30,5046 ^{ns}	0,0203*	0,0079 ^{ns}
Erro AC	6	6	6	89,3359 ^{ns}	0,0032 ^{ns}	0,0056 ^{ns}
D	6	8	7	1415,9355*	0,1097*	0,0687*
A*D	6	8	7	49,6113 ^{ns}	0,0026 ^{ns}	0,0042 ^{ns}
C*D	6	8	7	97,0319 ^{ns}	0,0116*	0,0014 ^{ns}
A*C*D	6	8	5	170,9317*	0,0052 ^{ns}	0,0049 ^{ns}
Bloco*D	12	16	14	102,4585 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0046 ^{ns}
Erro B	36	48	38	73,124	0,0028	0,0025
CV PP (%)	-	-	-	11,94	3,04	4,11
CV SP (%)	-	-	-	10,81	2,83	2,74

¹ Variáveis com transformação logarítmica, para atender o pressuposto de homogeneidade de variâncias e normalidade dos erros. * Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ^{ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

A liberação de N do sorgo para o solo foi mais rápida no tratamento da pastagem manejada na baixa altura e o nitrogênio foi aplicado apenas na cultura de grãos(Figura 8A), chegando a uma liberação de 93,87 kg ha⁻¹ do nutriente contido nos resíduos aos 35 dias após a dessecação da área, período em que a aveia cultivada na seqüência estaria na fase de perfilhamento onde seria sua maior demanda pelo nutriente. A liberação de N dos resíduos da pastagem de sorgo apresentou meia vida de 136, 71, 57 e 39 dias para a BANG, AANP, BANP e AANG, respectivamente. As maiores meias vidas encontradas no BANG e AANP deve-se pelo fato destes apresentarem maiores porcentagem de lignina e celulose - % FDA (Tabela 01).

Quando o pasto foi manejado em baixa altura, a quantidade de animais presentes no tratamento foi maior e pelo herbívoro ser um elemento que exerce grande influência na distribuição e ciclagem de nutrientes, ele participa ativamente

da reciclagem dos nutrientes retornando grande parte dos mesmos consumidos, na forma de fezes e urina (Cantaruttiet al., 2001).

Moraes e Lustosa (1997) encontraram resultados mostrando que os animais usam apenas uma pequena quantidade do que é ingerido, cerca de 60 a 90% dos nutrientes ingeridos retornam a pastagem na forma de excreções. Isto leva a concluir que o efeito de animais em pastagens resulta em uma maior velocidade de decomposição do material após o término do período de pastejo.

Diversos estudos conduzidos no Sul do Brasil demonstram que do ponto de vista das propriedades químicas do solo, o pastejo pode causar uma melhoria na fertilidade do solo devido ao acúmulo de matéria orgânica e melhoria na eficiência do uso de fertilizantes via alteração na ciclagem de nutrientes (Assmann et al., 2004).

Observou-se interação significativa altura do pasto *versus* épocas de aplicação de N e épocas de aplicação de N *versus* dias após a deposição para nitrogênio remanescente da pastagem de aveia (Tabela 5). A aplicação de N acelerou a cinética de liberação de N dos resíduos da aveia (Figura 8B). A aplicação de N na pastagem resultou em uma palhada residual com uma meia vida de 693 dias.

Quando analisada a velocidade de liberação de N da palhada do milho, esta apresentou influência das alturas em que as pastagens cultivadas anteriormente foram manejadas, sendo que, quando a pastagem foi manejada na alta altura (AAP) 70,92% do N contido na palhada foi liberado, enquanto que, quando a pastagem era manejada na baixa altura, apenas 65,29% do nutriente foi liberado durante o período de avaliação (Tabela 6).

A figura 8C mostra o comportamento do teor de N liberado da palhada de milho em função dos dias após a deposição do material no campo, sendo que na média dos tratamentos 39,1% do N contido nos resíduos estavam no compartimento mais facilmente decomponível o qual apresentou meia vida de 12,1 dias.

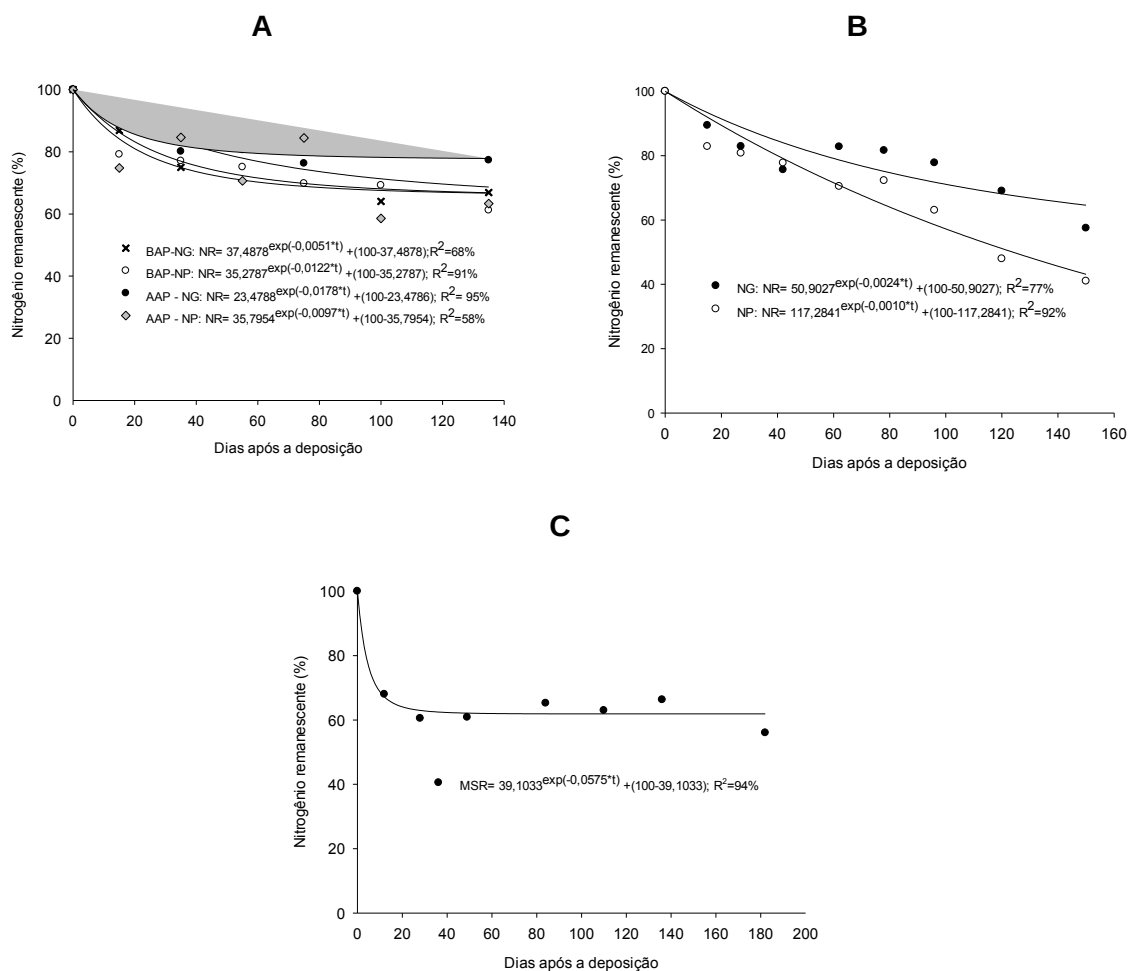


Figura 8 - Nitrogênio remanescente (NRT), em % para as culturas de: sorgo forrageiro (A), aveia (B) e milho (C), em função de dias após a deposição da palhada de um experimento conduzido no esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia - 2 x 2 x 9, Milho - 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto - Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio - N no grão e N na pastagem; e, Fator D = dias após deposição: Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia - 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho - 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz - SC. 2013-2014.

Tabela 6 - Comparação de médias de alturas do pasto (BAP e AAP) para a variável nitrogênio remanescente em um experimento com a cultura do milho, conduzido em esquematrifatorial, 2 x 2 x 8, em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto - Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio - N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição: (0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições.

Alturas do pasto	Médias (%)
Alta altura do pasto (AAP)	70,92 a
Baixa altura do pasto (BAP)	65,29 b

*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem significativamente, pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade de erro.

4.1.2 Ciclagem de Fósforo

A mineralização de fósforo dos resíduos das pastagens de sorgo (Figura 7A) e aveia (Figura 7B) não apresentaram diferença estatística ($p>0,05$), Tabela 7, para as alturas do pasto e época de aplicação de N. A cinética de liberação desse nutriente dos resíduos destas pastagens diferiram ($p<0,05$) somente quanto ao fator tempo de deposição (Tabela 7) e o modelo que mais se ajustou aos dados de ambos os resíduos foi o modelo exponencial simples. Neste caso, o conteúdo de fósforo diminuiu primeiramente da primeira fração (A), considerada lábil, transformada mais rapidamente do que a segunda (100-A), que é de mais difícil decomposição (recalcitrante).

Tabela 7 - Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade (Sorgo – GLS, Aveia – GLA e Milho GLM), coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da sub-parcela (CV SP, em %), do Fósforo remanescente (PRT), para um experimento conduzido em esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia – 2 x 2 x 9, Milho – 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição(Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia – 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho – 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: PRTS (Fósforo remanescente sorgo, em %), : PRTA (Fósforo remanescente aveia, em %), : PRTM (Fósforo remanescente milho, em %). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Causas de variação	Quadrados médios					
	GLS	GLA	GLM	PRTS ¹	PRTA ¹	PRTM ¹
Bloco	2	2	2	0,1023 ^{ns}	0,0596 ^{ns}	161,6332 ^{ns}
A	1	1	1	0,0537 ^{ns}	0,1261 ^{ns}	1,4576 ^{ns}
C	1	1	1	0,1595 ^{ns}	0,1274 ^{ns}	71,8385 ^{ns}
A*C	1	1	1	0,0254 ^{ns}	0,0930 ^{ns}	234,5203 ^{ns}
Erro AC	6	6	6	0,1473*	0,0719*	80,9151 ^{ns}
D	6	8	7	0,6199*	0,0526*	1114,5177*
A*D	6	8	7	0,0161 ^{ns}	0,0041 ^{ns}	366,5708*
C*D	6	8	7	0,0092 ^{ns}	0,0088 ^{ns}	216,1842 ^{ns}
A*C*D	6	8	5	0,0317 ^{ns}	0,0092 ^{ns}	202,1858 ^{ns}
Bloco*D	12	16	14	0,0239 ^{ns}	0,0048 ^{ns}	60,6284 ^{ns}
Erro B	36	48	38	0,0141	0,0067	136,2617
CV PP (%)	-	-	-	36,13	14,44	11,1
CV SP(%)	-	-	-	11,18	4,42	14,41

¹ Variáveis com transformação logarítmica, para atender o pressuposto de homogeneidade de variâncias e normalidade dos erros. * Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ^{ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

A meia vida da liberação de P da pastagem de sorgo é de 1 dia, porém apenas 32,9% deste nutriente se encontra nesta fração mais lábil de decomposição (Figura 9A). Já quanto a liberação de P na pastagem de aveia esta apresentou 28,9% deste no compartimento lábil com uma meia vida de 1 dia (Figura 9B).

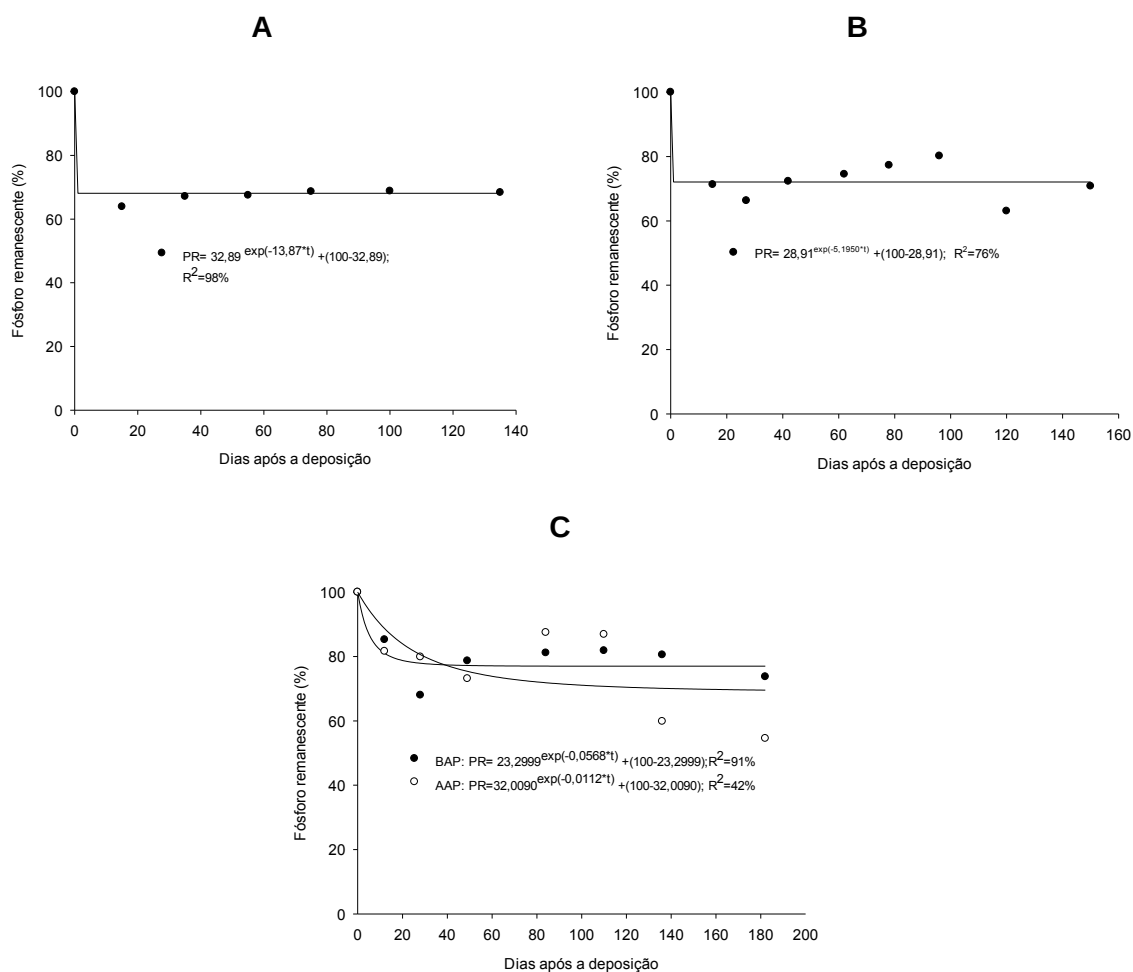


Figura 9 - Fósforo remanescente (PR), em % para as culturas de: sorgo forrageiro (A), aveia (B) e milho (C e D), em função de dias após a deposição da palhada de um experimento conduzido no esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia - 2 x 2 x 9, Milho - 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto - Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio - N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição: Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia - 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho - 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz - SC. 2013-2014.

Mesmo havendo liberação rápida de fósforo nestas pastagens, mais de 71% do seu conteúdo inicial ainda permaneciam nos tecidos 135 dias após a sua deposição sobre o solo. Giacomini et al. (2003), que encontraram 70% do conteúdo inicial de fósforo aos 29 dias da deposição de resíduos de aveia no solo.

A maior parte do P do tecido vegetal encontra-se nos vacúolos das células, na forma mineral, bastante solúvel em água (Marschner, 1995). Para que ele seja liberado dos resíduos culturais, os vacúolos devem ser rompidos por fatores abióticos (chuva) e o P solúvel em água (Psa), constituído principalmente por P inorgânico (Pi) e monoésteres, seja liberado, restando nos resíduos as formas de P não solúvel em água (maioria como diésteres, ácidos nucléicos, fosfolipídios e fosfoproteínas), dependentes da população microbiana do solo para a sua mineralização (Giacomini et al, 2003).

Foi observada interação ($p > 0,05$) entre altura do pasto e dias de deposição no tempo de meia vida de P dos resíduos da cultura do milho (Tabela 9), cultivada na sequência, da pastagem de aveia. O modelo que mais se ajustou foi o exponencial simples (Figura 9C). O compartimento lábil dos resíduos do milho cultivados na baixa altura do pasto possui um período de meia vida menor (em torno de 12 dias), com uma pequena participação do material lábil (somente 23,29%), já a liberação do P dos resíduos do milho cultivado na alta altura do pasto apresentou uma maior quantidade de material prontamente decomponível (32%) e uma maior meia vida deste de 61 dias. Tais diferenças, podem ser atribuídas pelo maior teor de lignina e celulose encontrados nos resíduos iniciais do milho, 44,9% na maior altura do pasto e 44,1% na baixa altura do pasto.

As quantidades totais de P a ser liberado das pastagens de sorgo, aveia e milho (Tabela 9) foram similares entre os tratamentos, com um total a ser liberado de em média de 49, 16 e 30 kg de P ha⁻¹ dos resíduos do sorgo, aveia e milho, respectivamente. Essa quantidade de P que volta para o sistema representam uma boa porcentagem da quantidade indicada para produção das culturas em solos com teor disponível de fósforo na faixa de suficiência (acima do teor crítico). Esta ciclagem de P é importante principalmente pelo fato de que o fósforo se encontra na forma orgânica nos resíduos, e sua liberação é gradativa, diminuindo a possibilidade de sua retenção aos óxidos-hidróxidos de Fe e Al, elevados nesse solo (Silva Neto et al., 2008), o que pode levar a uma utilização mais eficiente desse nutriente pelas plantas, em relação aplicação de adubos minerais prontamente solúveis.

4.1.3 Ciclagem de Potássio

A cinética de liberação de potássio dos resíduos do sorgo não diferiu entre alturas do pasto e épocas de aplicação de N ($p > 0,05$), Tabela 8. Verificou-se uma rápida liberação no início e, aos 50 dias, praticamente já não havia mais K na massa seca remanescente (Figura 10A). A liberação do K é descrita pelo modelo exponencial simples em que mais de 97% do K está no compartimento lábil, apresentando uma meia vida de 56 dias. Torres & Pereira (2008) trabalhando com plantas de cobertura no cerrado, verificaram meia vida de em média 100 dias para liberação do K em plantas de sorgo, com uma produção de resíduos de 5.55 Mg ha⁻¹.

Tabela 8 - Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade (Sorgo – GLS, Aveia – GLA e Milho GLM), coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da sub-parcela (CV SP, em %), do Potássio remanescente (KRT), para um experimento conduzido em esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia – 2 x 2 x 9, Milho – 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição (Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia – 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho – 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: KRTS (Potássio remanescente sorgo, em %), : KRTA (Potássio remanescente aveia, em %), : KRTM (Potássio remanescente milho, em %). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Causas de variação	Quadrados médios					
	GLS	GLA	GLM	KRTS ¹	KRTA ¹	KRTM ¹
Bloco	2	2	2	0,0747 ^{ns}	0,1729 ^{ns}	0,0313 ^{ns}
A	1	1	1	0,0399 ^{ns}	0,0382 ^{ns}	0,0052 ^{ns}
C	1	1	1	0,1783 ^{ns}	0,2552 ^{ns}	0,0011 ^{ns}
A*C	1	1	1	0,0186 ^{ns}	0,3040 ^{ns}	0,0336 ^{ns}
Erro AC	6	6	6	0,0829*	0,2554*	0,0345 ^{ns}
D	6	8	7	2,5014*	1,3926*	0,8771*
A*D	6	8	7	0,0085 ^{ns}	0,0387 ^{ns}	0,0101 ^{ns}
C*D	6	8	7	0,0332 ^{ns}	0,0758*	0,0263 ^{ns}
A*C*D	6	8	5	0,0426 ^{ns}	0,0378 ^{ns}	0,0065 ^{ns}
Bloco*D	12	16	14	0,0272 ^{ns}	0,0408 ^{ns}	0,0139 ^{ns}
Erro B	36	48	38	0,0235	0,0313	0,0158
CV PP (%)	-	-	-	23,87	34,86	12,37
CV SP%)	-	-	-	12,70	12,21	8,37

Esta maior liberação nos primeiros dias é atribuída ao fato de que o K não faz parte de compostos estruturais da planta. O K se movimenta livremente no fluído das células, atuando em processos fisiológicos (potencial osmótico e elétrico, balanço iônico, funcionamento da membrana celular e síntese dos aminoácidos e

das proteínas), quando a membrana perde a funcionalidade, esse nutriente é facilmente separado (liberado) do material orgânico pelo mecanismo de transferência pela água da chuva (Costa et al., 2005). Assim, à medida que a parte aérea das plantas de cobertura inicia o processo de secagem e se degrada, a concentração desse nutriente no tecido diminui drasticamente, pois o mesmo é facilmente removido em solução (Rosolem et al., 2003). Esta liberação relevante para o solo confirma a alta reciclagem desse nutriente pelas gramíneas, favorecendo a próximo cultivo no processo de rotações e sucessões de culturas.

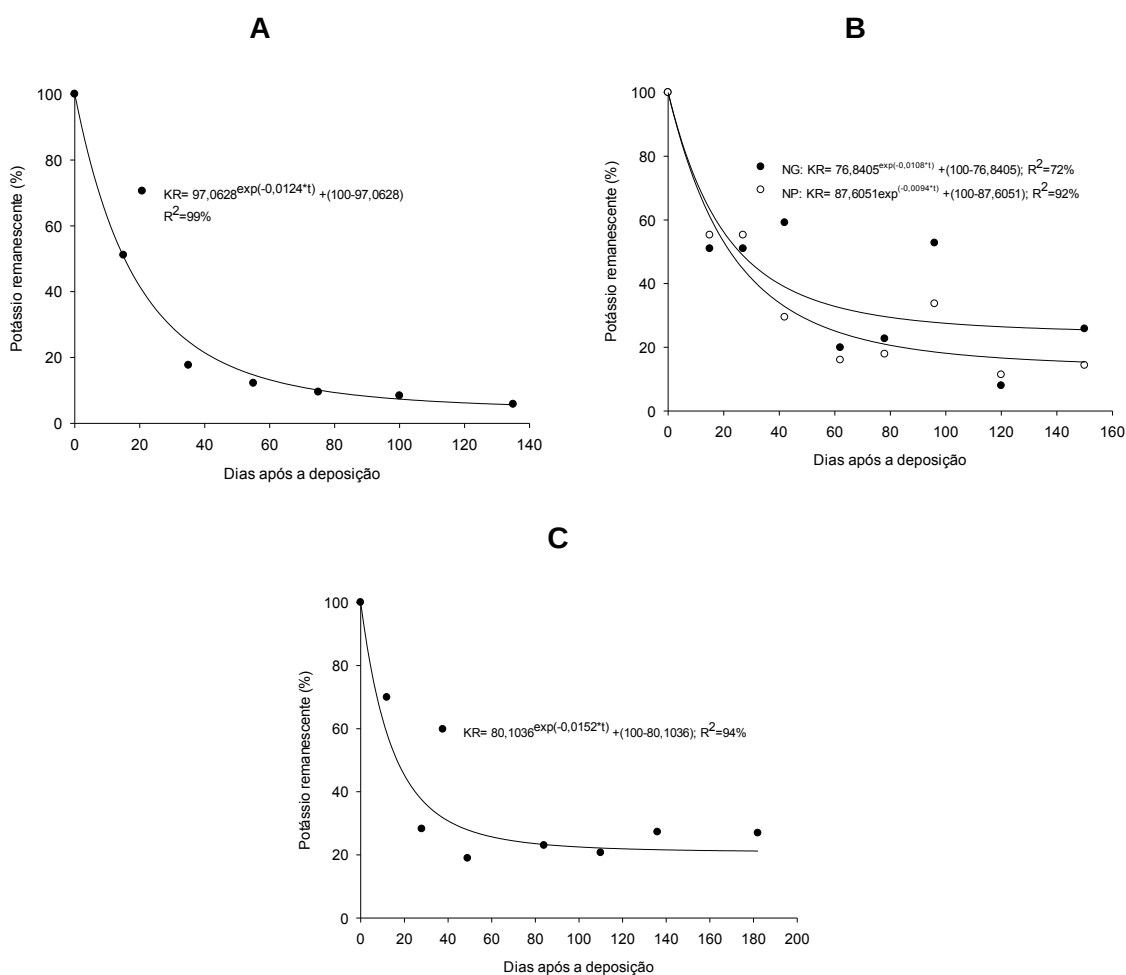


Figura 10 - Potássio remanescente (KR), em % para as culturas de: sorgo forrageiro (A), aveia (B) e milho (C e D), em função de dias após a deposição da palhada de um experimento conduzido no esquema trifatorial (Sorgo - 2 x 2 x 7, Aveia - 2 x 2 x 9, Milho - 2 x 2 x 8), em parcelas subdivididas no tempo (Fator A= Altura do pasto - Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio - N no grão e N na pastagem; e, Fator D= dias após deposição: Sorgo - 0, 15, 35, 55, 75, 100 e 135; Aveia - 0, 15, 27, 42, 62, 78, 96, 120 e 150; Milho - 0, 12, 28, 49, 84, 110, 136 e 182), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz - SC. 2013-2014.

Observou-se efeito das épocas de aplicação de N sobre a cinética de liberação de K dos resíduos da pastagem de aveia. A liberação de K pelos resíduos seguiu um padrão semelhante entre as épocas de aplicação de N (Figura 10B), descrita pelo modelo exponencial simples e elevada proporção na fração prontamente decomponível (lábil): em torno de 77% nos resíduos com aplicação de N pastagem e 87% nos resíduos com aplicação de N na cultura do milho. Nos resíduos do pasto com aplicação de N pastagem, a taxa de liberação do K (meia-vida) foi 73 dias, e de 64 dias para o pasto com aplicação de N nos Grãos.

Giacomini et al. (2003), constataram liberação de 55% do potássio de resíduos de aveia em 15 dias. Já, Assmann et al. (2014) em trigo duplo propósito pastejado em diferentes dias constataram que 86% do K estava presente no compartimento prontamente disponível (A) com uma meia vida de 8 dias.

A taxa de liberação de K dos resíduos do milho também não foi influenciado pelas alturas do pasto e nem pelas épocas de aplicação de N (Tabela 8) e seguiu modelo exponencial simples (Figura 10C), tendo 80% do seu conteúdo presente no compartimento lábil, com o tempo de meia vida de 46 dias. Resultados semelhantes foram verificados por Calonego et al. (2012), onde 60% do K contido inicialmente no tecido vegetal do milho estava prontamente disponível, com meia vida de 19 dias.

A quantidade total de K a ser ciclada pelos resíduos do sorgo, aveia e milho não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 8). As quantidades a ser liberadas ao longo do tempo são grandes e na seguinte ordem: sorgo, milho e aveia com em média de 301, 143 e 87 kg de K ha⁻¹, respectivamente. Assim, pela alta rapidez na disponibilização de K dos restos vegetais pode levar à lixiviação do nutriente, pois, este em solução do solo fica sujeito a perdas principalmente quando a demanda da planta cultivada for menor que a quantidade do elemento disponível. Assim, torna-se importante manter o solo sempre com cobertura vegetal viva para não haver perdas de nutrientes.

A idéia de dessecação antecipada, muitas vezes difundida pelos agricultores e técnicos passa a ser uma prática descabida quando analisamos os dados deste e de outros trabalhos com relação principalmente à liberação de potássio, pois o período pós-dessecação tão defendido na prática passa a ser um período de perda do nutriente uma vez que o nutriente liberado da palhada não é absorvido por outra planta e fica muito tempo no solo sem aproveitamento algum podendo ser perdido por lixiviação e erosão do solo.

4.2 NITROGÊNIO MINERAL DO SOLO

Os valores de nitrato (NO_3^-) foram influenciados pela época de aplicação de nitrogênio (NP e NG), conforme representado na tabela 2, e o amônio (NH_4), não sofreu influência dos tratamentos aplicados neste experimento, na coleta de solo que se deu após o cultivo da pastagem de sorgo forrageiro.

O valor médio de NO_3^- no tratamento onde a pastagem de sorgo recebeu aplicação de nitrogênio (NP) foi de $27,44 \text{ mg Kg}^{-1}$ enquanto no tratamento onde o nitrogênio seria aplicado na cultura do milho posteriormente (NG) a média de N-NO_3^- foi de $11,48 \text{ mg Kg}^{-1}$.

Foi desenvolvida uma metodologia nos Estados Unidos da América chamada Pre-Side-Dress Soil Test, com o intuito de avaliar a necessidade de aplicação de nitrogênio na cultura do milho a partir do teor de NO_3^- do solo a uma profundidade de 30 cm. De acordo com este teste, considera-se que valores de NO_3^- maiores que 24 mg dm^{-3} indicam a não necessidade de adubação nitrogenada na cultura do milho (Tisdale et al., 1993). Considerando este padrão e os valores expostos acima, o tratamento onde a pastagem recebeu nitrogênio (NP) estaria com os teores adequados e onde a pastagem não recebeu aplicação de N (NG) a cultura do milho deveria receber aplicação de N em cobertura.

O fato de os teores de NO_3^- observados no tratamento onde houve aplicação de nitrogênio na pastagem de sorgo serem mais altos do que quando a pastagem não recebeu esta adubação pode ser explicado pelas transformações que o nitrogênio passa quando aplicado em forma de uréia no solo, o último estágio de transformação é a forma NO_3^- , desta forma é esperado que onde a pastagem recebeu uréia os teores observados sejam maiores, visto que a coleta que deu origem ao solo analisado se deu ao final do ciclo desta pastagem, logo após a retirada dos animais e a aplicação de uréia foi no início do ciclo da cultura.

Desde o momento da aplicação da uréia até a coleta do solo se passaram aproximadamente quatro meses e levando em consideração também, que as condições hídricas foram favoráveis neste período (Figura 11) é natural que os níveis de NO_3^- do solo se tornem mais altos.

Tabela 9 - Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade, coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da subparcela (CV SP, em %), de um experimento com a cultura do sorgo forrageiro, conduzido em esquematrifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NO₃ (nitrato, em mg kg⁻¹), NH₄ (amônio, em mg kg⁻¹). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	
		NO ₃	NH ₄
Bloco	2	131,6896 ^{ns}	348,8390 ^{ns}
A	1	95,256 ^{ns}	470,1760 ^{ns}
C	1	3820,5048*	42,3024 ^{ns}
A*C	1	486,2107 ^{ns}	2073,7585 ^{ns}
Erro AC	6	230,6236*	872,4744*
D	4	127,5969 ^{ns}	7990,6141*
A*D	4	129,5233 ^{ns}	152,1800 ^{ns}
C*D	4	95,1958 ^{ns}	374,7884 ^{ns}
A*C*D	4	42,25434 ^{ns}	419,4251 ^{ns}
Erro B	32	51,3989	231,6453 ^{ns}
Média geral		19,46	45,54
CV PP (%)	-	78,04	64,86
CV SP (%)	-	36,84	33,42

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ^{ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Tabela 10 - Comparação de médias para a variável nitrato (NO₃), em mg kg⁻¹ em duas épocas de aplicação de nitrogênio (NG e NP), em um experimento com a cultura do sorgo forrageiro, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; , Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NO₃T (nitrato, em mg kg⁻¹), NH₄T (amônio, em mg kg⁻¹). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Alturas do pasto	NO ₃ (mg kg ⁻¹)
Nitrogênio na pastagem (NP)	27,44 a
Nitrogênio no grão (Ng)	11,48b

* Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem significativamente, pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade de erro.

A Figura 11 traz o comportamento do NO₃⁻ (A) e NH₄ (B) no perfil do solo.

Os teores de NO₃⁻ se mantiveram sem diferenças significativas ao longo do perfil do solo, levando ao entendimento de que não houve lixiviação alguma de NO₃⁻ neste período.

Pode-se observar que a diferença para o NH_4 que ocasionou significância, se dá nas camadas mais superficiais, até 20 cm e entre 20 e 60 cm de profundidade os teores são mais baixos. Provavelmente este comportamento se dá devido ao aporte de material morto do sorgo na parte final do período de pastejo em sorgo e também pela deposição de dejetos dos animais. Outro fator que contribui significativamente com esta retenção de NH_4 no solo é o fato de a CTC da camada mais superficial ser mais alto.

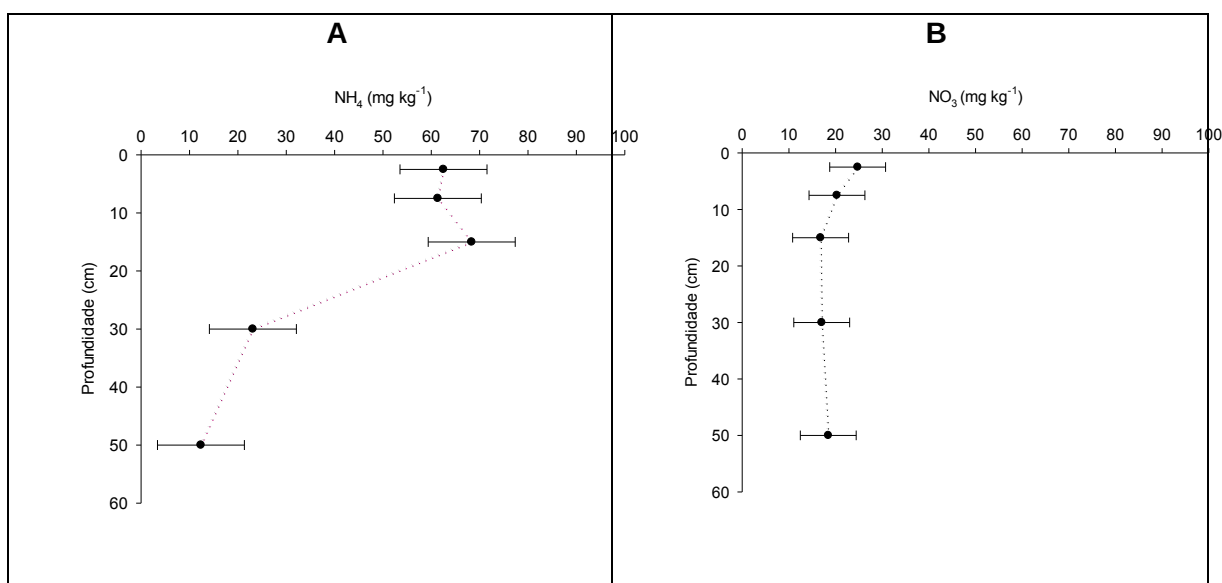


Figura 11 - Comparação de médias para as variáveis NH_4 (amônio, em mg kg^{-1} , figura 1A) e NO_3 (nitrato, em mg kg^{-1} , figura 1B), em cinco profundidades de coleta de solo (cm), em um experimento com a cultura do sorgo forrageiro, conduzido em esquema trifatorial, $2 \times 2 \times 5$, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Para os valores de NO_3^- e NH_4 observados após o período de pastejo na aveia preta, foi observado efeito significativo das diferentes alturas do pasto e das profundidades amostradas para as duas variáveis, conforme pode-se observar na tabela 9.

A média observada de N-NO_3^- foi maior na baixa altura do pasto ($50,15 \text{ mg Kg}^{-1}$) quando comparada à média de teor deste nutriente na alta altura do pasto ($31,34 \text{ mg Kg}^{-1}$).

Os teores de N-NH_4^+ também apresentaram níveis maiores onde o pasto foi manejado na menor altura sendo que a média para este tratamento foi de $12,81 \text{ mg Kg}^{-1}$ e para o tratamento de maior altura do pasto a média geral foi de $8,68 \text{ mg Kg}^{-1}$.

Tendo em vista que após o período de pastejo em aveia preta seria implantada a cultura do milho, o fato de a baixa altura do pasto (BAP) proporcionar teores maiores de N mineral, seja $N-NO_3^{-1}$ ou $N-NH_4$ se torna muito importante, pois leva à compreensão de que o tratamento BAP é mais eficiente em fornecimento de N à cultura do seqüente. Ferreira (2011) trabalhando com ciclagem de potássio em sistemas de integração lavoura-pecuária obsevou maior ciclagem de nutrientes proporcionada por tratamentos onde o pastejo é mais intenso, como o caso da menor altura do pasto utilizada no presente trabalho.

Tabela 11 - Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade, coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da subparcela (CV SP, em %), de um experimento com a cultura da aveia preta, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NO3T (nitrato em $mg\ kg^{-1}$), NH4T (amônio, em $mg\ kg^{-1}$). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	
		NO3	NH4
Bloco	2	45,3321 ^{ns}	39,1020 ^{ns}
A	1	5304,4204*	255,8535*
C	1	1008,0261 ^{ns}	32,4135 ^{ns}
A*C	1	170,9269 ^{ns}	26,5335 ^{ns}
Erro AC	6	780,0641 ^{ns}	21,6580 ^{ns}
D	4	2800,7226*	139,3928*
A*D	4	123,4167 ^{ns}	16,0598 ^{ns}
C*D	4	613,6688 ^{ns}	62,7323 ^{ns}
A*C*D	4	203,6818 ^{ns}	47,2973 ^{ns}
Erro B	32	524,5375	32,9096
CV PP (%)	-	43,29	68,54
CV SP (%)	-	56,21	53,39

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ^{ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Tabela 12 - Comparação de médias alturas do pasto (AAP e BAP) para a variável nitrato (NO3) e amônio (NH4), em $mg\ kg^{-1}$, em um experimento com a cultura da aveia, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; , Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NO3T (nitrato, em $mg\ kg^{-1}$), NH4T (amônio, em $mg\ kg^{-1}$). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Alturas do pasto	Variáveis	
	NO3 ($mg\ kg^{-1}$)	NH4 ($mg\ kg^{-1}$)
Baixa Altura do pasto (BAP)	50,15 a	12,81 ^a
Alta altura do pasto (AAP)	31,34 b	8,68 b

* Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem significativamente, pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade de erro.

As figuras 12 (A) e 12 (B) apresentam o comportamento do NH_4 e NO_3^- após a cultura da aveia preta respectivamente. Os teores de N-NO_3^- foram maiores nas camadas mais superficiais, apresentando médias consideravelmente altas para esta forma do elemento, sendo 57,87 e 56,06 mg kg^{-1} para as camadas de 0 – 5 e 5 – 10 cm respectivamente.

O menor teor de NO_3^- foi observado na camada intermediária (5 – 10 cm) com média de 24,11 mg Kg^{-1} e a partir desta camada as seqüentes tiveram teores mais altos não diferindo assim das camadas mais superficiais. Este fato pode ser atribuído ao grande intervalo entre um aporte de nitrogênio via uréia e outro, sendo que as aplicações foram feitas no início do desenvolvimento das pastagens, ou seja, no início do sorgo e no início da aveia, a descida do nitrato no perfil do solo, apesar de não ser preocupante devido à quantidade observada, pode ter existido sendo que o NO_3^{-1} observado nas camadas mais inferiores pode ser fruto da aplicação de uréia feita na pastagem de sorgo forrageiro e o NO_3^{-1} observado nas camadas mais superficiais pode ser proveniente da aplicação de nitrogênio na pastagem de aveia preta.

Outro fato que pode explicar os teores de NO_3^{-1} das camadas superficiais mais altos é a ocorrência de uma forte geada no período em que a aveia estava em pleno pastejo, a qual ocasionou a morte de grande parte das plantas de aveia bem como de grande quantidade de folhas das plantas que restaram, isto provocou um aporte muito grande de nitrogênio proveniente da decomposição deste material morto, podendo influenciar nos níveis de N mineral do solo. Em um patamar menor os teores de NH_4 (Figura 12A) também apresentaram diferenças nas camadas superficiais, onde os teores desta forma de N mineral se mostraram maiores – até 20 cm – quando comparadas às camadas mais profundas, dando suporte à idéia de que os teores de N foram influenciados por algum acontecimento durante o período em que foi cultivada a aveia preta.

Contudo considerando que o presente trabalho foi desenvolvido em um latossolo (solo bastante intemperizado) o qual normalmente é muito profundo, raramente com espessura menor que 1 m (SANTOS, 2013), e que este tipo de solo possui boa capacidade de troca aniônica, é improvável que exista lixiviação de nitrato para os lençóis freáticos proveniente das doses de N aplicadas nos tratamentos utilizados,

principalmente quando o N é aplicado na pastagem, pelo fato deste entrar em um ciclo de produção de biomassa onde a possibilidade de haver perdas é ainda menor.

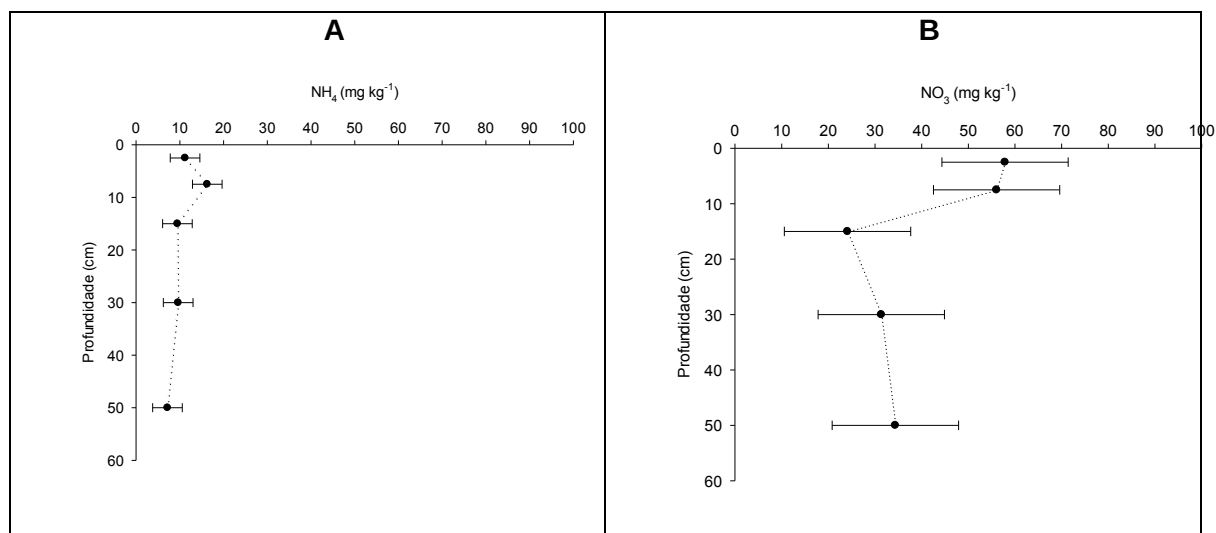


Figura 12 - Comparação de médias para as variáveis NH₄ (amônio, em mg kg⁻¹, figura 2A) e NO₃ (nitrato, em mg kg⁻¹, figura 2B), em cinco profundidades de coleta de solo (cm), em um experimento com a cultura da aveia, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; , Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Quando avaliados o NH₄ e o NO₃⁻ do solo coletado após o cultivo do milho, foi observado efeito da interação entre os tratamentos época de aplicação de nitrogênio e altura do pasto sobre a variável NH₄ (Tabela 13).

Os teores de NH₄ foram maiores na combinação entre baixa altura do pasto (BAP) e aplicação de nitrogênio no milho (NG) apresentando média de 15,12 mg Kg⁻¹.

O tratamento em que o pasto foi manejado na menor altura, como mencionado anteriormente, pode ter havido maior ciclagem de nutrientes durante os períodos de pastejo e isto combinado ao tratamento onde a cultura do milho recebeu aplicação de N na forma de uréia (NG), provavelmente foi o motivo de os níveis de N-NH₄ observados serem maiores, já que o período em que foi cultivada a cultura do milho, foi de recesso hídrico e desta forma o NH₄ ainda não havia sido transformado em sua grande maioria na forma N-NO₃⁻.

Tabela 13 - Quadrados médios da análise de variância, graus de liberdade, coeficiente de variação da parcela principal (CV PP, em %) e coeficiente de variação da subparcela (CV SP, em %), de um experimento com a cultura do milho, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis: NO₃ (nitrato, em mg kg⁻¹), NH₄ (amônio, em mg kg⁻¹). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	
		NO ₃	NH ₄
Bloco	2	225,2155 ^{ns}	37,2645*
A	1	403,0560 ^{ns}	21,2415*
C	1	237,4070 ^{ns}	111,7935*
A*C	1	1,9548 ^{ns}	45,9375*
Erro AC	6	385,9621 ^{ns}	2,7685 ^{ns}
D	4	346,9411 ^{ns}	43,0710 ^{ns}
A*D	4	163,8251 ^{ns}	69,0165 ^{ns}
C*D	4	296,8595 ^{ns}	33,1485 ^{ns}
A*C*D	4	205,2873 ^{ns}	58,8000 ^{ns}
Erro B	32	173,2484	28,0219
Média geral	-	22,72	12,29
CV PP (%)	-	86,47	13,54
CV SP (%)	-	57,92	43,09

* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ^{ns} Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Tabela 14 - Comparação de médias para a interação entre épocas de aplicação de nitrogênio (NG e NP) e alturas do pasto (BAP e AAP) para a variável amônio (NH₄), em mg kg⁻¹, em um experimento com a cultura do milho, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 5, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; , Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Épocas de aplicação de nitrogênio	Alturas do pasto	
	AAP	BAP
NG	12,18 a	15,12a
NP	11,20 a	10,6 b

* Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem significativamente, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

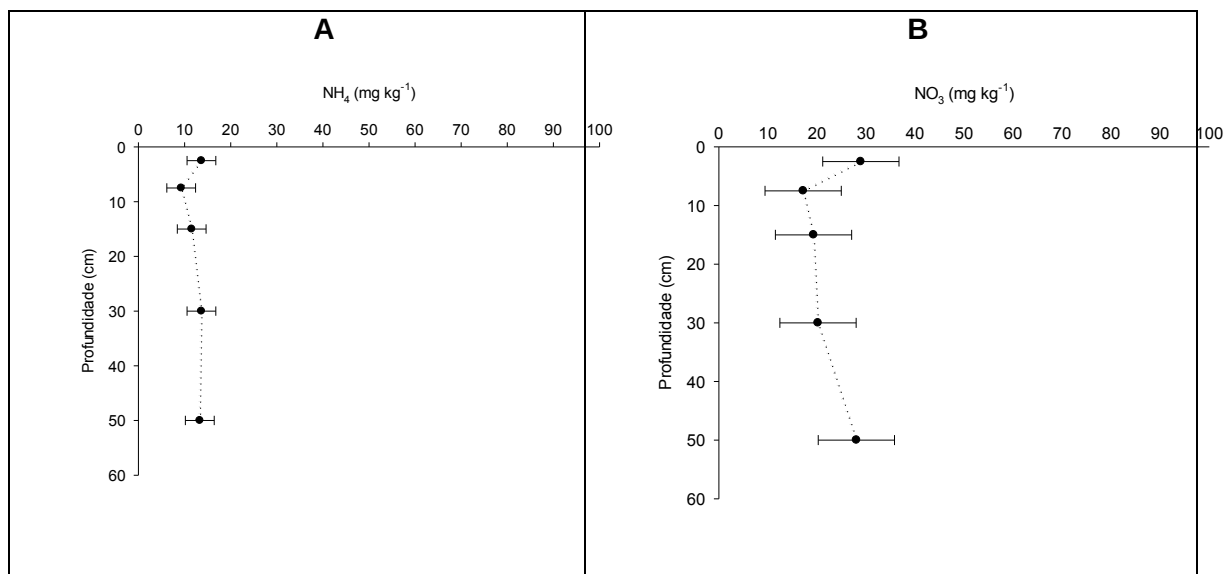


Figura 13 - Comparação de médias para as variáveis NH₄ (amônio, em mg kg⁻¹, figura 3A) e NO₃ (nitrato, em mg kg⁻¹, figura 3B), em cinco profundidades de coleta de solo (cm), em um experimento com a cultura do milho, conduzido em esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; , Fator D= profundidades do solo: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

4.3 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS

A produtividade de grãos de milho foi influenciada pela interação entre presença e ausência de nitrogênio na pastagem (NP e NG) e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho, bem como pela interação entre baixa e alta altura do pasto (AAP e BAP) e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Não foi observada interação tripla entre os fatores altura de pastagem; presença e ausência de nitrogênio na pastagem e dose de nitrogênio na cultura do milho (Figura 14).

A média geral de produtividade do milho (5133,33 Kg ha⁻¹) foi inferior às expectativas de produção para o experimento (10000 Kg ha⁻¹). Pela figura 6, nota-se que houve um período muito grande de seca durante o ciclo da cultura, e isso acabou, de certa forma, afetando diretamente o desenvolvimento da espiga e o enchimento dos grãos ocasionando uma evidente perda de produtividade. A cultura do milho exige grandes precipitações pluviais para que possa manifestar seu potencial produtivo, ficando esta necessidade entre 400 à 600 mm, pois seu consumo oscila entre 4 a 6 mm dia⁻¹ (FANCELLI, 2000).

Sabe-se que o potencial produtivo desta cultura é definido ente V3 e V5, quando as espigas potenciais são formadas. Portanto acredita-se que a produtividade de

milho que recebeu N apenas no verão foi influenciada por um suposto atraso no suprimento de N para a cultura neste período, uma vez que, a aplicação de cobertura na cultura do milho foi efetuada na transição entre os estádios V4 e V5 de desenvolvimento da cultura devido à falta de condições hídricas ideais para a aplicação antes deste período.

Este fato pode ter afetado os tratamentos onde não foi efetuada adubação nitrogenada na pastagem antecedente ao milho, pois nos tratamentos em que a pastagem foi adubada com N no inverno, acredita-se que o suprimento inicial para a cultura do milho veio do nitrogênio aplicado na pastagem, o qual durante todo o tempo decorrente do período de inverno até a implantação da cultura de grãos esteve envolvido em um ciclo dentro do sistema solo-planta-animal. Esta afirmação se confirma com os dados de N-mineral do solo avaliados neste trabalho e até mesmo pela liberação de N dos resíduos das pastagens que são maiores no tratamento onde a pastagem foi adubada com N, indicando assim o caminho percorrido pelo nutriente durante todo o período de avaliação.

Observando o gráfico da figura 14 podemos ter a comprovação de que o nitrogênio aplicado no inverno se mantém no sistema, uma vez que, no tratamento em que a pastagem não foi adubada com N as doses deste nutriente aplicadas no verão tem resposta crescente linear, partindo de 4070,9 Kg ha⁻¹ na dose zero. Quando a pastagem foi adubada com N a dose zero de N no milho produziu 5833,33 Kg ha⁻¹ de grãos de milho, ficando evidente que esta diferença está diretamente relacionada ao efeito residual do N aplicado na pastagem.

Outra evidência deste efeito residual do N está na média de produtividade alcançada nos dois tratamentos (NP e NG) onde temos 5540,48 Kg ha⁻¹ para NP e 4726,19 Kg ha⁻¹ para NG, demonstrando que o tratamento em que a pastagem foi adubada com N produziu 14,7% a mais. Assmann *et al.* (2003) obteve eficiência 1,5 vezes maior para a aplicação das doses de N em milho cultivado sobre pastagem não adubada com N, quando comparado à milho cultivado sobre pastagem que recebeu adubação nitrogenada.

Além disso, onde a pastagem recebeu adubação nitrogenada, as doses de N sobre a cultura do milho não apresentaram um padrão de resposta com relação a produtividade de grãos, não demonstrando assim viabilidade de adubar o milho quando cultivado na sequência de pastagens de aveia preta adubados com N no inverno. Estes resultados corroboram com os encontrados por Lopes *et al.* (2012) e

Assmann *et al.* (2003), que, comprovam a disponibilidade de boa parte do N aplicado na pastagem de inverno para o cultivo posterior. A mesma constatação foi feita por Navakowski *et al.* (2011) trabalhando com aplicação de diferentes doses de nitrogênio e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho.

Efeitos positivos da adubação nitrogenada na aveia sobre a nutrição e rendimento do milho cultivado em sucessão também foram constatados por Amado *et al.* (2003) ao trabalhar com adubação de aveia preta. Segundo Assmann *et al.* (2003) com o efeito residual do N da adubação nitrogenada na pastagem, o N aplicado no verão, em cobertura na cultura do milho, poderia ser dispensado.

A disponibilidade de nutrientes no solo é um dos principais fatores que alteram a capacidade de absorção pelas plantas (UENO *et al.*, 2011), e para o milho, a disponibilidade foi controlada pela decomposição da matéria orgânica e por adubação mineral (FARINELLI & LEMOS, 2012; ARGENTA & SILVA, 1999). Dessa forma, a não resposta do milho às doses de N aplicadas em cobertura pode estar relacionada ao suprimento nutricional provocado pela decomposição da palhada de aveia preta.

O potencial das plantas de coberturas em fornecer nitrogênio para as culturas é definido principalmente pela produção de fitomassa e a capacidade de acumular N (BOER *et al.*, 2007). Entretanto o grande aporte de nutrientes não garante que eles estarão prontamente disponíveis. Diversos autores relatam redução na disponibilidade de nitrogênio no plantio de milho em sucessão a aveia preta devido à alteração do equilíbrio entre os processos de imobilização e mineralização em função da alta relação C:N do resto cultural que permanece sobre a superfície do solo (CAZETTA *et al.*, 2005; BORTOLINI *et al.*, 2001; SILVA *et al.*, 2006; PÖTTKER; ROMAN, 1994; AMADO *et al.*, 2002; AITA *et al.*, 2001; LÁZARO *et al.*, 2013) e consideram que, dessa maneira, haja alta resposta ao nitrogênio proveniente da adubação de cobertura da cultura anterior (BROCH; RANNO, 2002).

Baseado nesta teoria, a adubação de pastagens vem como uma alternativa para modificar a relação C:N do material vegetal. Amado *et al.* (2003) encontrou com o decréscimo em uma unidade da relação C:N incrementos de 1,5 e 1,9 Kg ha⁻¹ na quantidade de N mineralizado dos resíduos.

Pode-se dizer que os resultados do presente trabalho demonstram que a adubação da pastagem favoreceu a decomposição dos resíduos de aveia preta deixando mais nitrogênio disponível para o estabelecimento inicial da cultura do

milho e promoveu melhor sincronia com os períodos de maior necessidade da cultura, o que pode ser constatado pela avaliação dos seus componentes de rendimento. Amado *et al.* (2003) assim como Argenta e Silva (1999) explicam que a adubação nitrogenada em pastagens de aveia aumenta a concentração de nitrogênio armazenado na fitomassa, acelerando desta forma a mineralização e liberação do nutriente, resultando em um subsequente aumento de produtividade de milho.

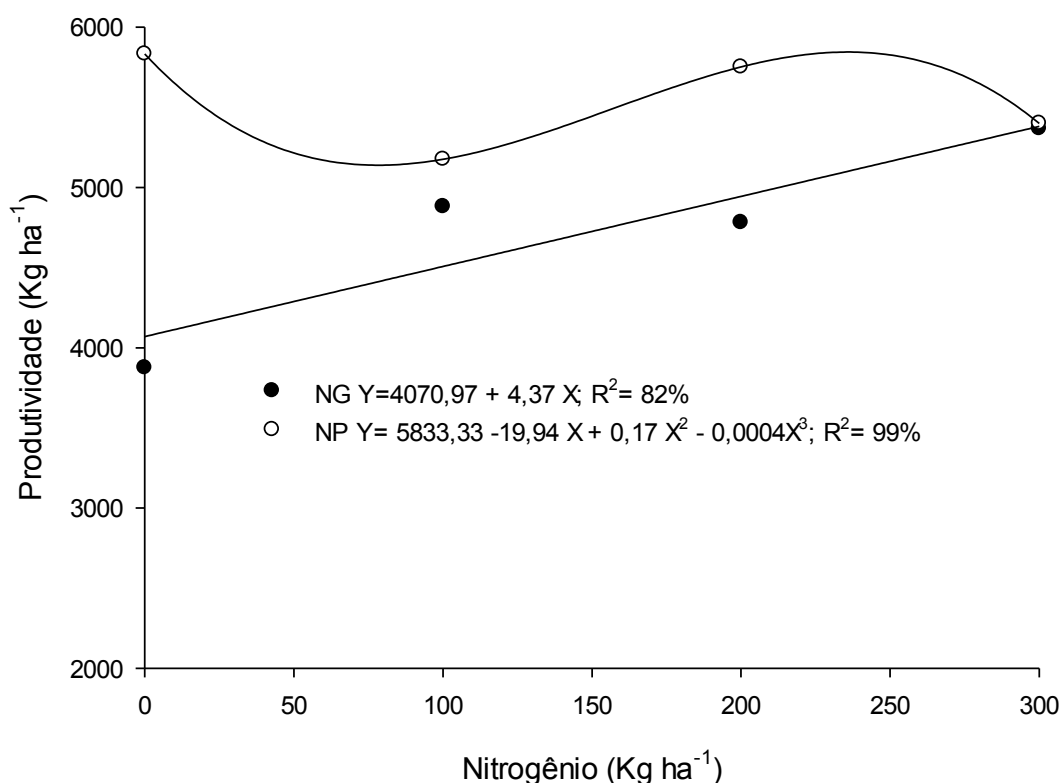


Figura 14 - Produtividade de milho em Kg ha⁻¹ em função das doses de N aplicadas na cultura do milho e época de aplicação de N (NP = nitrogênio aplicado na pastagem e NG = nitrogênio aplicado na cultura de grãos) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.

Dentro deste contexto, a modificação na velocidade de decomposição dos resíduos da pastagem e conseqüente liberação dos nutrientes nela contidos, tem grande relação com a segunda interação relacionada a produtividade de grãos de milho deste trabalho (Altura do pasto e doses de N em cobertura no milho). Este fato se deve à alteração nas características morfológicas e bromatológicas da planta quando submetida a intensidades maiores ou menores de pastejo resultando em diferentes alturas de manutenção do pasto (AAP e BAP).

Observando a figura 15 percebe-se claramente a distinção entre os resultados obtidos para BAP e AAP, sendo que, na maioria das situações – doses 0; 100 e 200 Kg ha⁻¹ – a BAP apresenta produtividades maiores, e apenas na dose de 289 Kg ha⁻¹ de N, resultando em uma produtividade de 5384,7 Kg ha⁻¹ de milho, é que os resultados se equivalem para os dois tratamentos. Este dado se contrapõe ao que se afirma na maioria dos trabalhos com relação à quantidade de massa seca necessária para compor uma cobertura ideal de solo, a partir deste dado observa-se que além da quantidade de massa seca restante sobre o solo existem outros fatores influenciando mais fortemente na produtividade da cultura sucessora, e que estas modificações no sistema atribuídas pelas altas intensidades de pastejo devem ser melhor estudadas para que possam servir de ferramenta na tomada de decisões relacionadas a adubação de sistema.

Se de um lado as plantas crescem utilizando a energia solar, água e nutrientes fornecidos pelo solo, por outro lado este crescimento é constantemente influenciado pela ação do animal devido à remoção das folhas pelo pastejo, da seletividade animal, do pisoteio e das dejeções (Nabinger, 2005). O pastejo mais intenso provavelmente favoreceu a reciclagem de N do sistema, atuando como uma espécie de catalisador deste processo, desta forma, possibilitando maior aproveitamento do nutriente presente no solo pela pastagem e aumentando a velocidade de decomposição e conseqüentemente de liberação do mesmo para a cultura sucessora, neste caso o milho.

Adami (2012); Assmann et al. (2014) trabalhando com diferentes alturas do pasto, concluíram que o pastejo acelera a decomposição da biomassa residual de aveia + azevem e as taxas de decomposição aumentam com o aumento da intensidade de pastejo.

Supõe-se que a ciclagem de nutrientes é mais eficiente nos tratamentos com pastejo foi mais intenso, pois o consumo pelo animal estimula a maior produção de

matéria seca da pastagem e transforma sua composição bromatológica sendo que as plantas passam a apresentar relação C:N menor e mais fácil decomposição, por se tratar de plantas formadas basicamente por folhas e perfilhos jovens com pouca presença de colmos e outras partes mais fibrosas.

Em resíduos orgânicos o nitrogênio está ligado ao carbono e sua disponibilização para as plantas só ocorre mediante a quebra das ligações químicas desses elementos pelos organismos do solo no processo de mineralização. A mineralização por sua vez pode ser afetada por diversos fatores, dentre estes fatores está a concentração de N nos tecidos (Parton et al., 2007).

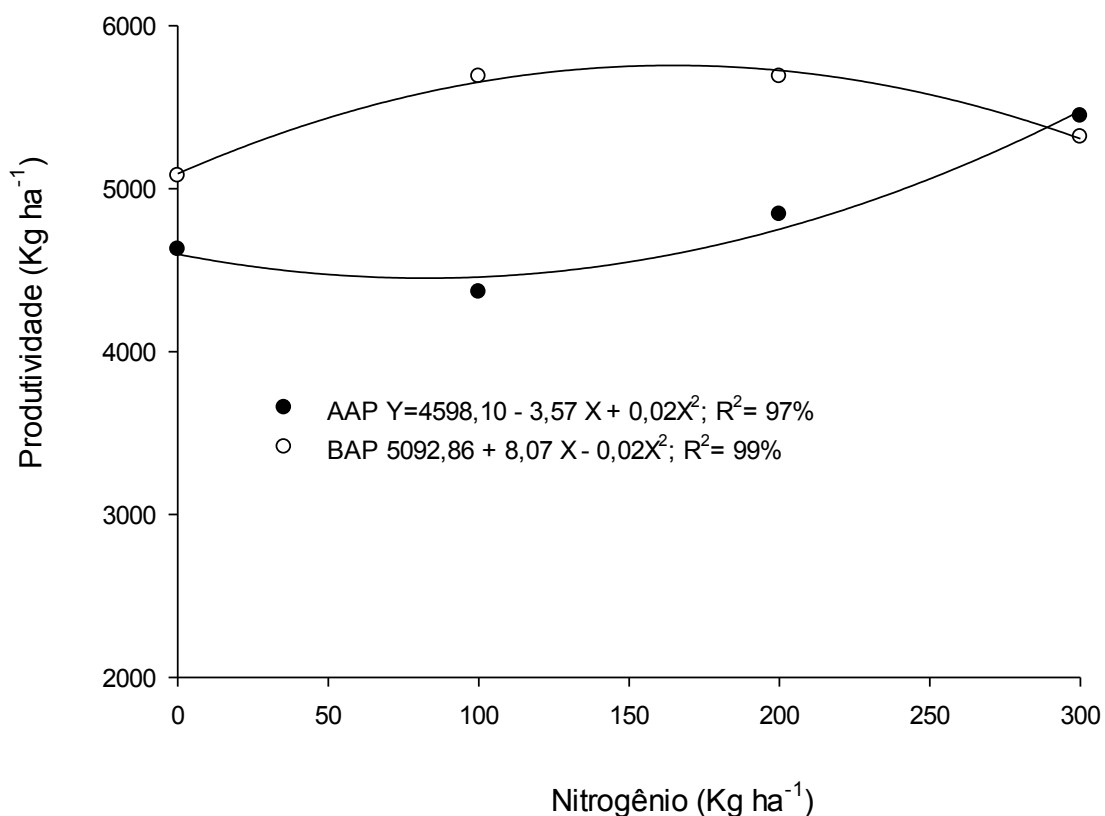


Figura 15 - Produtividade de milho em Kg ha⁻¹ em função das doses de N aplicadas na cultura do milho e altura do pasto (AAP = alta altura do pasto e BAP = baixa altura do pasto) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.

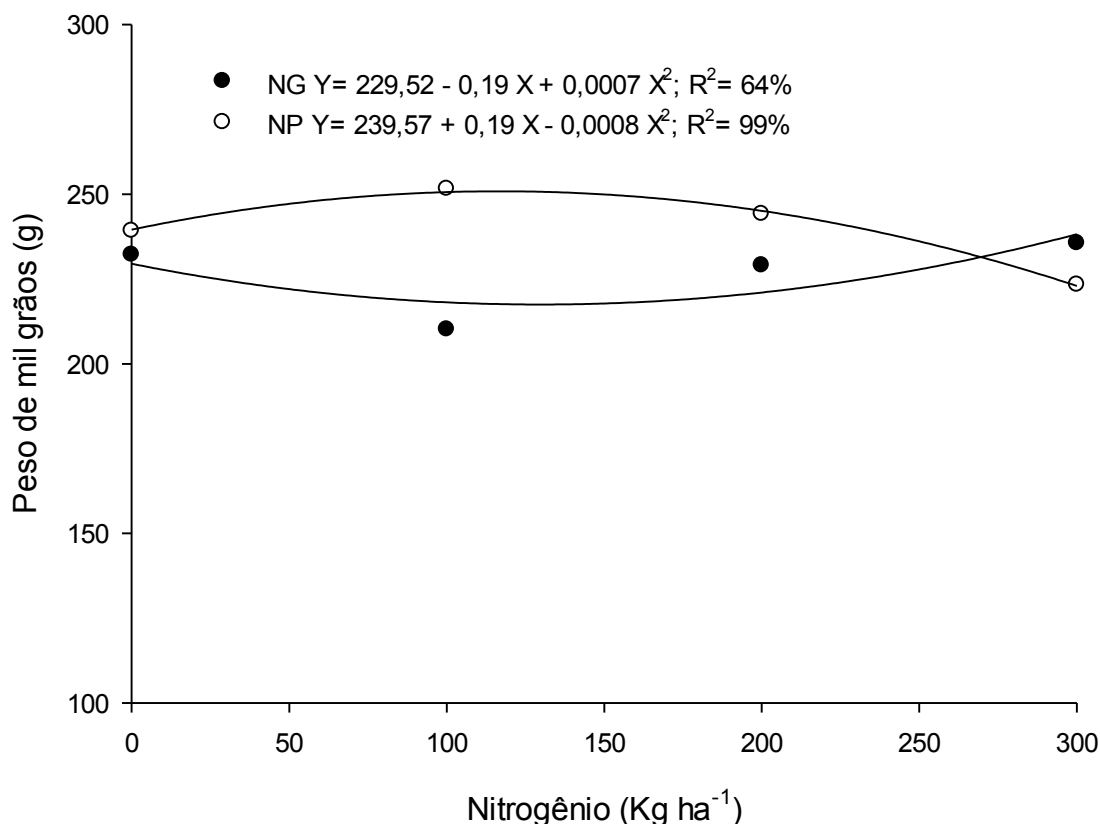


Figura 16 - Peso de mil grãos de milho em gramas em função das doses de N aplicadas na cultura do milho e época de aplicação de N (NP = nitrogênio aplicado na pastagem e NG = nitrogênio aplicado na cultura de grãos) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.

Conforme se observa na Tabela 15, houve interação entre presença e ausência de N na pastagem (NP e NG) e as doses crescentes de nitrogênio aplicadas em cobertura na cultura do milho.

O gráfico da figura 16 mostra o comportamento da massa de mil grãos em função das doses de N aplicadas no milho para NP e NG, os valores obtidos foram baixos quando comparados com dados de outros trabalhos como o de Santos et al. (2003) que obtiveram média de 334g cultivando milho em sistema de plantio direto. Este fato pode ser explicado pela severa estiagem que ocorreu no período de enchimento de grãos na região onde estava alocado o experimento, conforme pode-se observar na Figura 3.

A média geral obtida neste experimento para a massa de mil grãos (233,16g) foi inferior inclusive ao potencial especificado pela empresa produtora do híbrido. O peso de mil grãos médio esperado pelo híbrido maximus da Syngenta é de 375g (RURAL CENTRO MERCADO, 2015).

Esta variável é fortemente influenciada pelo material genético do milho, entretanto, é afetada pelas condições de temperatura e de umidade durante a fase de maturação. Neste trabalho, a massa dos grãos pode ter sido influenciada pelas condições desfavoráveis de temperatura e pluviosidade no período de enchimento de grãos

Foi constatado interação entre presença e ausência de N na pastagem, doses de N aplicado na cultura do milho e alturas do pasto para a variável grãos por espiga (Figura 17).

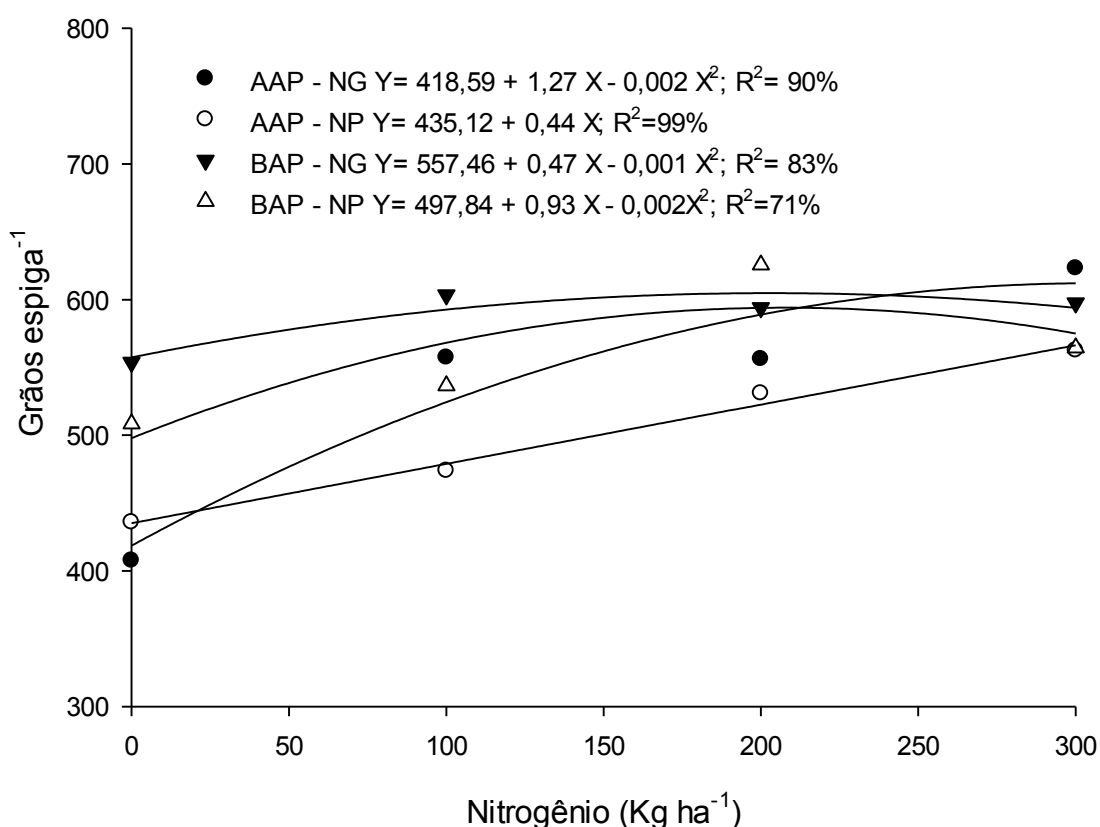


Figura 17 - Quantidade de grãos por espiga de milho em Kg ha⁻¹ em função das doses de N aplicadas na cultura do milho, altura do pasto (AAP = alta altura do pasto e BAP = baixa altura do pasto) e época de aplicação de N (NP = aplicação de N na pastagem e NG = aplicação de N na cultura de grãos) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A = Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C = época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D = doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.

O comportamento do número de grãos por espiga em função das doses de nitrogênio aplicadas na cultura do milho pode ser representado por equações quadráticas para as combinações AAP - NG; BAP - NG e BAP - NP. Por outro lado, na situação AAP - NP o comportamento foi linear crescente.

Observa-se que para as combinações onde o pasto foi manejado na menor altura (BAP) os pontos de máxima eficiência técnica para o uso de N em cobertura no milho foram alcançados em menores doses do insumo quando comparado ao pasto manejado em alta altura (AAP). Além disso, na BAP a presença ou ausência de N no pasto (NP e NG) seguiram um padrão muito semelhante, apresentando valores de máxima eficiência técnica de 235 e 232,5 Kg ha⁻¹ com resposta de 612,7 e 603,6 grãos por espiga para NG e NP, respectivamente.

Para as variáveis: grãos por fileira e fileiras por espiga este comportamento se repete (Figuras 18 e 19) fatores que certamente refletiram no número de grãos por espiga.

Na situação onde o pasto foi manejado mais alto (AAP) a presença de N na pastagem (NP) refletiu em um comportamento linear crescente das doses de N em cobertura na cultura do milho para a variável grãos por espiga e a ausência de N na pastagem (NG) apresentou resposta quadrática com ponto de máxima eficiência técnica de 317 Kg ha⁻¹ de N aplicado na cultura do milho resultando em 620,2 grãos por espiga.

Com o incremento nas doses de N, Amaral Filho *et al.* (2005) e Scotta (2012) também verificaram aumento linear no número de grãos por espiga. Carmo *et al.* (2012) também observaram que com o aumento nas doses de N, os valores de número de grãos por fileira foram superiores usando doses de N de (0, 50, 100, 150 Kg ha⁻¹). Melo *et al.* (2011) concluíram que o incremento da dose de N aplicada proporcionou aumento no número de grãos por fileira, atingindo o ponto de máxima eficiência técnica com a dose de 125 Kg ha⁻¹ de N.

Contudo, fica evidente que os tratamentos onde o pasto foi manejado mais alto a adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho apresenta resposta menor, ou seja, o ponto de máxima eficiência do uso de nitrogênio em cobertura na cultura do milho é atingido em doses bem maiores, do que na situação onde o pasto foi manejado em baixa altura.

O genótipo está estreitamente relacionado às características como enchimento de grãos e número de fileiras por espiga (OHLAND *et al.*, 2005). Dado o papel do

nitrogênio na expansão e multiplicação das células, a presença dele é indispensável na definição do número de fileiras que ocorre entre os estádios V_6 e V_8 (MAGALHÃES; DURÃES, 2006) através da duplicação dos óvulos (FANCELLI, 2000). Embora a determinação de grãos por fileira só ocorra no estágio V_{17} , o número de óvulos (grãos em potencial) é definido em V_{12} juntamente com o tamanho da espiga, e dessa forma são severamente afetados pela disponibilidade de nutrientes (WEISMANN, 2008).

Diante do exposto, a menor disponibilidade de nitrogênio no estágio V_6 para o tratamento de NG pode ter reduzido a multiplicação dos óvulos e gerado espigas com menor número de fileiras.

Contudo, se observarmos os resultados obtidos para NP, onde supostamente existe disponibilidade de N no sistema, fruto da adubação nitrogenada da pastagem, o desenvolvimento inicial da planta foi favorecido tendo assim suprimento necessário de N no momento da definição das fileiras por espiga, resultando em maior número de grãos por espiga.

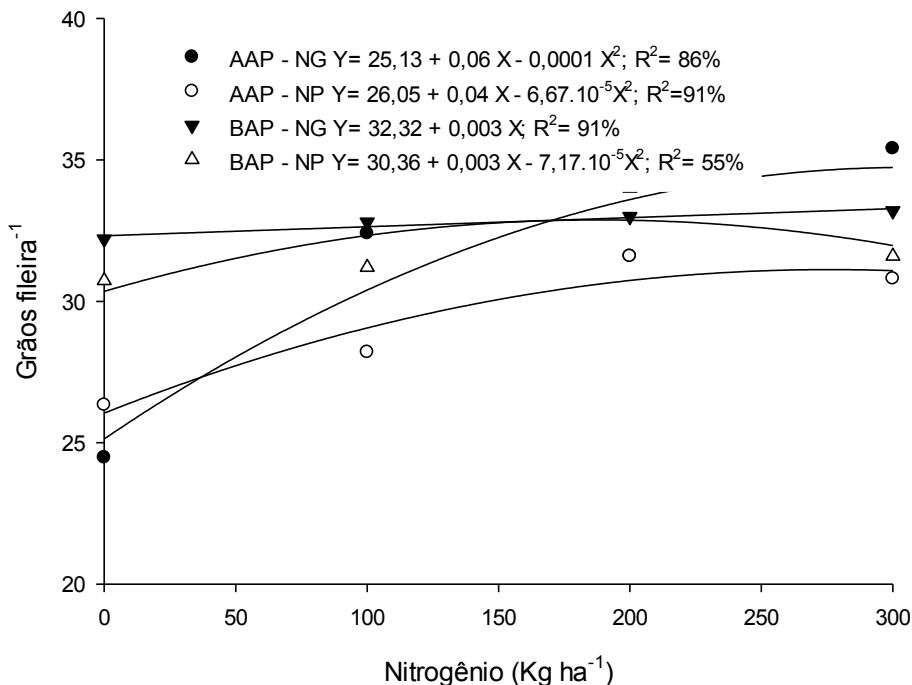


Figura 18 - Quantidade de grãos por fileira da espiga de milho em Kg ha^{-1} em função das doses de N aplicadas na cultura do milho, altura do pasto (AAP = alta altura do pasto e BAP = baixa altura do pasto) e época de aplicação de N (NP = aplicação de N na pastagem e NG = aplicação de N na cultura de grãos) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, $2 \times 2 \times 4$, em parcelas subdivididas (Fator A = Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C = época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D = doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha^{-1}), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.

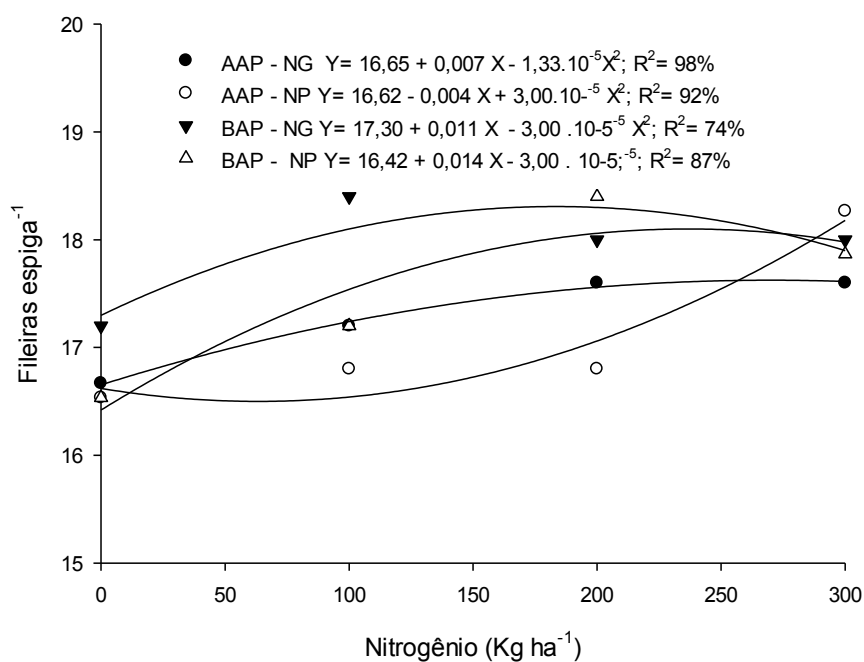


Figura 19 - Quantidade de fileiras por espiga de milho em Kg ha⁻¹ em função das doses de N aplicadas na cultura do milho, altura do pasto (AAP = alta altura do pasto e BAP = baixa altura do pasto) e época de aplicação de N (NP = aplicação de N na pastagem e NG = aplicação de N na cultura de grãos) em um experimento conduzido no esquema trifatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A = Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C = época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D = doses de N em cobertura na cultura do milho: 0; 100; 200 e 300 Kg ha⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições. Abelardo Luz – SC. 2013-2014.

Tabela 15 - Quadrados médios da análise de variância de um experimento trifatorial 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Altura do pasto – Alta e baixa; Fator C= época de aplicação de nitrogênio – N no grão e N na pastagem; e, Fator D= doses de nitrogênio – 0, 100, 200, 300 kg N ha⁻¹), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, para as variáveis da cultura de milho: PROD (Produtividade, em kg ha⁻¹), PR (Produtividade Relativa, em %), FE (Fileiras espiga⁻¹), GF (Grãos fileira⁻¹), GE (Grãos espiga⁻¹) e PMG (Peso de mil grãos, em g). Abelardo Luz – SC, 2013-2014.

Fator de variação	GL	PROD	PR	FE	GF	GE	PMG
Bloco	2	3261749,8529 ^{ns}	455,9425 ^{ns}	0,0933 ^{ns}	0,3058 ^{ns}	239,2341ns	3018,9953*
A	1	4669654,5170 ^{ns}	652,9088 ^{ns}	3,2033*	60,3008*	35804,5025*	3034,1970*
C	1	7956720,7347 ^{ns}	1112,3614 ^{ns}	0,9633 ^{ns}	21,0675*	12178,1665*	1981,8555*
A x C	1	27210,0680 ^{ns}	3,7912 ^{ns}	0,1633 ^{ns}	2,0008 ^{ns}	140,0833ns	248,2026 ^{ns}
Erro A	6	1897102,6806*	265,2495*	0,2000 ^{ns}	1,4647 ^{ns}	643,4240ns	270,2068 ^{ns}
D	3	675416,8957 ^{ns}	94,4281 ^{ns}	3,2478*	47,5208*	29879,8444*	149,1573 ^{ns}
Ax D	3	1135556,5873*	158,7729*	0,6433*	23,6942*	7538,1118*	13,8009 ^{ns}
Cx D	3	2210113,9706*	309,0279*	0,5900*	11,2875*	3863,5063*	1485,1087*
A x C x D	3	614739,83447 ^{ns}	86,0056 ^{ns}	0,6967*	6,3008*	2373,4743*	754,5381 ^{ns}
Erro B	24	314840,7718	44,0169	0,1778	1,175	537,7762	487,7928
Média geral		5133,33	60,70	17,44	31,22	545,71	233,16
CV PP (%)		26,83	26,83	2,56	3,88	4,65	7,05
CV SP%		10,93	10,93	2,42	3,47	4,25	9,47

* Significativo, pelo teste F da anova, em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{ns} Não significativo, pelo teste F da anova, em nível de 5% de probabilidade de erro.

5 CONCLUSÕES

A antecipação da adubação nitrogenada a qual é aplicada na fase de pastagem neste tipo de sistema (Integração lavoura-pecuária) mostrou-se uma tecnologia eficiente podendo vir a substituir a adubação de cobertura em plantas de milho quando cultivado na sequencia.

O retorno de nutrientes como o potássio para o solo após a decomposição das pastagens em sistemas de integração lavoura-pecuária é bastante expressivo, e deve ser considerado no momento da recomendação de adubação da cultura a ser implantada.

A velocidade com que o nutriente potássio é liberado dos restos culturais da pastagem é muito alta, de forma que a dessecação antecipada desta pastagem não pode ser considerada uma prática de sucesso.

Apesar de restar menos material sobre o solo e devido a este fato se contrapor aos padrões até então considerados ótimos, a maior intensidade do pasto, representada neste trabalho pela menor altura do pasto, resulta em modificações qualitativas importantes tanto nas plantas quanto no solo, modificações estas que devem ser consideradas quando se trata de adubação do sistema produtivo e que causaram uma maior ciclagem de nutrientes no sistema.

A aplicação de doses de nitrogênio consideradas pela literatura atual como altas, no solo e clima em que este trabalho foi desenvolvido não resulta em um quadro de lixiviação de nitrato.

Os efeitos da altura do pasto e presença ou ausência de N na pastagem persistiram durante toda a fase de cultivo de grãos a ponto de influenciar na decomposição da palhada do milho, indicando forte influência destes fatores sobre o sistema, os quais se tornam importantes ferramentas para o aumento da eficiência da adubação nitrogenada e até mesmo redução de contaminações ambientais causadas por adubações pesadas em N.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão da dinâmica dos processos envolvidos na ciclagem dos nutrientes, configurando entradas e saídas é determinante no manejo tecnificado de propriedades agrícolas que visam a obtenção de um sistema altamente produtivo, associado a um bom controle do impacto ambiental que grandes adubações químicas podem acarretar.

Contudo, sabe-se que o abandono da atividade agrícola na região onde este trabalho foi desenvolvido é cada vez maior, visto que o valor das áreas de terra é muito alto e, sem ver possibilidade de crescimento, os filhos dos produtores vão buscar novas alternativas nas cidades.

Desta forma, o fato de uma região apresentar em sua grande maioria propriedades pequenas e envolvidas em uma cadeia produtiva basicamente sustentada pela produção de grãos e produção animal, como é o caso do sudoeste do Paraná e sudoeste de Santa Catarina, trás para a comunidade científica a responsabilidade de estudar técnicas que possam contribuir para a manutenção destes produtores no campo e possibilitando a sucessão familiar dentro da propriedade rural.

Em sistemas de integração lavoura-pecuária, a forma em que os nutrientes encontram-se no sistema solo-planta-animal, pode favorecer ou não o maior aproveitamento destes pela plantas cultivadas. Este aproveitamento é bastante influenciado pelo manejo da adubação mineral adotado pelo produtor.

Diversos são os motivos que podem ser apontados para a adubação nitrogenada de um sistema ILP ser feita, mesmo que em parte, na pastagem de inverno, dentre estes, pode-se listar: 1- Menor risco de volatilização da amônia gerada após aplicação de uréia, uma vez que a temperatura se mantém mais baixa no inverno e os períodos de umidade ideal para este tipo de aplicação são mais freqüentes. 2- Melhor distribuição do docel de plantas aumentando a possibilidade do fertilizante ser lançado próximo à uma planta ou à uma região ocupada por raízes desta. Neste caso comparando a pastagem de inverno à cultura do milho que possui entrelinhas muito largas e a distância entre as raízes da planta e o fertilizante lançado pode ser grande tornando processo de absorção mais demorado e favorecendo o processo de perda de nutrientes. 3- Valor pago pelo fertilizante no período de inverno é

menor, pois a demanda nesta época é relativamente baixa. 4- Aumento na produção animal, pois áreas de pastagem que recebem adubação nitrogenada suportam maior carga animal. 5- Diminuição da relação C:N da pastagem fazendo com que a decomposição dos resíduos gerados seja mais rápida acelerando o processo de ciclagem. 6- Menor número de entradas com maquinário sobre a cultura do milho, operação esta que pode comprometer boa porcentagem das plantas devido ao amassamento, principalmente em áreas declivosas.

Por fim pode-se dizer que existem boas tecnologias sendo estudadas no ramo agrícola, as quais podem aumentar a renda líquida de produtores que utilizam sistemas que integram a lavoura e a pecuária e que estas, se aplicadas em um bom planejamento da propriedade agrícola, podem ser indispensáveis para a manutenção de uma agricultura sustentável e lucrativa.

REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C.; SANTI, A.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II - Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema de plantio direto. Revista **Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.1085 – 1096, 2003.

ASSIS, Eder Paulo Moraes; CORDEIRO, Meire Aparecida Silvestrini; PAULINO, Helder Barbosa; CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada de sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33, p. 107 – 112, 2003.

ASSMANN, T.S. **Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção vegetal) - Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

ASSMANN, T.S.; RONZELLI, P.J.; MORAES, A.; ASSMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.675-683, 2003

ASSMANN, J. M. et al. Carbon and nitrogen cycling in an integrated soybean-beef cattle production system under different grazing intensities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 967–978, out. 2015.

ASSMANN, T. S. et al. Does cattle grazing of dual-purpose wheat accelerate the rate of stubble decomposition and nutrients released? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 37–42, jun. 2014.

ASSMANN, Alceu Luiz; SOARES, André Brugnara; ASSMANN, Tangriani Simioni. **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, 2008. 49 p.

AZEVEDO, Diógenes Manoel Pedroza de; SPEHAR, Carlos Roberto. **Decomposição da palhada de culturas para plantio no período de safrinha em solos de tabuleiros costeiros**. Teresina: Embrapa, 2002. 4 p. (Comunicado técnico 147). ISSN 0104-7647.

BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1925–1933, set. 2009.

BOER, Carlo Adriano; ASSIS, Renato Lara de; SILVA, Gilson Pereira; BRAZ, Antonio Joaquim Braga Pereira; BARROSO, Alberto Leão de Lemos; CARGNELUTTI FILHO, Alberto; PIRES, Fábio Ribeiro. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1269 – 1276, set. 2007.

BORTOLINI, Clayton Giani; SILVA, Paulo Regis Ferreira da; ARGENTA, Gilber; FORSTHOFER, Everton Leonardo. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 1101 – 1106, set. 2001.

BRADY, N. C.; Weil, R. R. **The nature and properties of soils**. 13.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 960p.

BROCH, Dirceu Luiz; RANNO, Sidnei Kuster. Fertilidade do Solo, Adubação e Nutrição da Cultura do Milho. In: **Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011/2012**. 2012. cap. 12, p. 240 – 252. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/publicacao-1>>.

CARVALHO, P.C. de F.; MORAES, A. **Comportamento ingestivo de ruminantes: bases para o manejo sustentável do pasto**. In: Simpósio sobre Manejo Sustentável das Pastagens, 2005, Maringá. Anais... Maringá: UEM, 2005. CD-ROM

CASSOL, L.C. Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície. 143f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do solo) - Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CASTAGNARA, Deise Dalazen; ZOZ, Tiago; KRUTZMANN, Alexandre; UHLEIN, Aline; MESQUITA, Eduardo Eustáquio; NERES, Marcela Abbado; OLIVEIRA, Paulo Sergio Rabello de. **Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada**. Semina: Ciências Agrárias, v. 32, p. 1637 – 1648, 2011. ISSN 16790359.

CERETTA, C. A. et al. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 549–554, set. 2002.

COELHO, Antônio Marcos. Nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, José Carlos; KARAM, Décio; MONTEIRO, Márcio A. Resende; MAGALHAES, Paulo César (Ed.). **A cultura do milho**. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 6, p. 131 – 155. ISBN 978-85-85802-13-4.

CORREA, J.C. & REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.107-114, 1995.

CORREA, D. do Amaral; SCHEFFER-BASSO, S. M.; FONTANELI, R. S. Efeito da fertilização nitrogenada na produção e composição química de uma pastagem. **Agrociência**, X, p. 17 – 23, jul. 2006.

CORSI, M.; MARTHA Jr., G.B. **Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado**. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 14, 1997. Anais...Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luisde Queiroz", 1997. p. 161-192.

COSTA, Kátia Aparecida de Pinho; OLIVEIRA, Itamar Pereira de; FAQUIN, Valdemar. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 60 p. (Documentos 192). ISSN 1678-9644.

COSTA, G.S.; Gama-Rodrigues, A.C.; Cunha, G.M. 2005 Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, v. 29, pp. 563-570.

DA SILVA, Sila Carneiro. **Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria* e *Panicum***. In: Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, 2., 2004, Viçosa. Anais... Viçosa: Editora Suprema, 2004. p.347-385.

Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. **Princípios da ecologia aplicados ao manejo de pastagem**. In: Simpósio sobre Ecossistema Pastagem, 3., 1997, Jaboticabal. Anais...Jaboticabal:FUNEP, 1997. p.1-62

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para Agricultura. **Ambiente de software NTIA**, versão 4.2.2: manual do usuário - ferramenta estatístico. Campinas, 1997. 258 p.

EVANGELISTA A.R., ABREU J.G. Pastagens: Adubação contínua. UFLA, 2004. Disponível em: www.cultivar.inf.br Acesso em: 20/11/2009.

FERREIRA, E. V. D. O. et al. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 161–169, 2011.

FONSECA, Dilermando Miranda da; MARTUSCELLO, Janaina Azevedo; SANTOS, Manoel Eduardo Rozalino. Adubação de pastagens: inovações e perspectivas. In: **XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia**. Maceió: ABZ, 2011. 13 p.

FLORES, J.P.C. **Atributos do solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária sob o plantio direto com calcário na superfície**. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

GOMES, Renata Ferreira; SILVA, Alessandro Guerra da; ASSIS, Renato Lara de; PIRES, Fábio Ribeiro. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 931–938, 2007. ISSN 0100-0683.

FRANZLUEBBERS, A. J. et al. Toward agricultural sustainability through integrated crop–livestock systems. III. Social aspects. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 29, n. 03, p. 192–194, 11 abr. 2014.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazedpasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.

HOLLAND, E.A., PARTON, W.J., DETLING, J.K., COPPOCK, D.L. (1992): **Physiological responses of plant populations to herbivory and their consequences forecosystem nutrient flow**. – Am. Nat. 140: 685-706.

José Luiz Rodrigues Torres & Marcos Gervasio Pereira **DINÂMICA DO POTÁSSIO NOS RESÍDUOS VEGETAIS DE PLANTAS DE COBERTURA NO CERRADO. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1609-1618, 2008.

Juliano Carlos CALONEGO; Fernando Carmona GIL; Vitor Francelino ROCCO; Eduardo Augustinho dos SANTO. **Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe**. Biosci. J., Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, Sept./Oct. 2012

KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

KOZELINSKI, S.M. **Produção de trigo duplo propósito e ciclagem de nutrientes em sistema de integração lavoura pecuária**. 90 p. Dissertação (Mestrado em agronomia). Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco, 2009.

LEMAIRE, Gilles; RECOUS, Sylvie; MARY, Bruno. Managing residues and nitrogen in intensive cropping systems. New understanding for efficient recovery by crops. In: **4th International Crop Science Congress**. 2004.

MAGALHAES, Paulo César; DURAES, Frederico O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. ISSN 1679-1150.

MATHEWS, B.W.; SOLLENBERGER, L.E. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: soil considerations. In: **Nutrient cycling in foragesystems**. 1996, Columbia. Proceedings... Columbia: University of Missouri, p.213-229, 1996.

MELLO N. A.; **Degradação física dos solos sob Integração Lavoura-pecuária**. In: I Encontro de Integração Lavoura-pecuária do sul do Brasil, Pato Branco, PR, 14-16 de agosto de 2002. p. 43-60.

MELO, Francisco de Brito; CORÁ, José Eduardo; CARDOSO, Milton José. Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agrônômica**, Ceará, v. 42, p. 27 – 31, 2011. ISSN 1806-6690.

MCKENZIE, B.A.; HAMPTON, J.G.; WHITE, J.G.H.; HARRINGTON, K.C. **Annual crop production principles**. In. **New Zealand Pasture and Crop Science**. Ed. James White and John Hodgson. Oxford University Press. Cap.13, p.199-212. 323p. 1999.

McNAUGHTON, S.J. **Ecology of a grazing ecosystem: the Serengeti**. Ecol Monogr, v.55, p.259–295, 1992.

MORAES, A.; PELISSARI A.; ALVES, S. J.; CARVALHO, P. C. F.; CASSOL L. C.; **Integração Lavoura-pecuária no sul do Brasil**. I Encontro de Integração Lavoura-pecuária do sul do Brasil, Pato Branco, PR, 14-16 de agosto de 2002. p. 03-42.

NABINGER, C. **Fundamentos da Produção e Utilização de Pastagens. Bases ecofisiológicas do crescimento das pastagens e as práticas de manejo**. Notas do módulo 1 da disciplina AGR 05003. Porto Alegre, 2005.

NEUMANN, Mikael; SANDINI, Itacir Eloi; LUSTOSA, Sebastião Brasil Campos; OST, Paulo Roberto; ROMANO, Marco Aurélio; FALBO, Margarete Kimie; PANSERA, Edson Rodrigo. Rendimentos e componentes de produção da planta de milho (*Zea mays* L.) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, p. 418 – 427, 2005.

PAULETTI, V.; COSTA, L.C. Épocas de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão à aveia preta no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v.30, p.599-603, 2000.

PIONEER SEMENTES. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/milho/pioneer-responde/90/quais-os-estadios-fenologicos-do-milho>. Acesso em: 20 dez. 2015.

RAIJ, Bernardo Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ed. Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

RODRIGUES C.A.F., **Interação solo-planta-animal e impacto da reciclagem do nitrogênio e do fósforo em pastagem**. Universidade Federal de Viçosa – Centro de ciências agrárias – Departamento de Zootecnia, Viçosa - MG, 2000.

Rosolem, C.A.; Calonego, J.C.; FOLONI, J.S.S. 2003 Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, pp. 355-362.

RURAL CENTRO MERCADO. Disponível em: <http://mercado.ruralcentro.com.br/produtos/25187/semente-de-milho-maximus-yngenta#y=0>. Acesso em: 18 nov. 2015.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O., MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURLANI NETO, A.E.; CARVALHO, J. G. (Eds.) **Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships**. Lavras: Soc. Bras. Ci. Solo, 1999. p. 267-320.

SANTOS, F. C. dos; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. da C. S.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38:1855-1861.

SALTON, J.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z.; et al. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, v.69, p.32-34, 2002.

SANDINI, I.E.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; NEUMANN, M.; FALBO, M.K.; NOVAKOWISKI, J.H. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciencia rural**, v.41, p.1315-1322, 2011.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SILVA, P. R. F. DA. Maize response to nitrogen fertilization timing in two tillage systems in a soil with high organic matter content. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 507–517, jun. 2007.

SARTOR, L. R. et al. Nitrogen fertilizer use efficiency, recovery and leaching of an alexandergrass pasture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 899–906, jun. 2011.

SARTOR, Laércio Ricardo. Eficiência de utilização de nitrogênio, Fósforo e Potássio por plantas de papuã submetidos a diferentes intensidade de pastejo e níveis de Nitrogênio. Pato Branco, PR: UTFPR, 2009. 115p. Dissertação (Mestrado Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2009.

SARTOR, L. R. et al. Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, p. 661–669, abr. 2012.

SHARIFF, A.R. et al.. Grazing intensity effects on litter decomposition and soil nitrogen mineralization. **Journal Range Manag**, v.47, p.444–449, 1994.

SIGMA Plot For windows, version 12.5. **Systat Software**, 2011.

SILVA, A.P.; INHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. **Soil and Tillage Research**. v.70, p.83-90, 2003.

SILVA, Paulo Claudeir Gomes da; FOLONI, José Salvador Simoneti; FABRIS, Luciana Bohlhosa; TIRITAN, Carlos Sergio. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 1504 – 1512, nov. 2009.

SMITH, P.; POWLSON, D.S.; SMITH, J.U.; et al. Evaluation and comparison of soil organic matter models using longterm datasets. **Geoderma**, v.81, p.1–255, 1997.

STARK, S.; GRELLMANN, D. Soil microbial responses to herbivory in an arctic tundra heath at two levels of nutrient availability. **Ecology**, v.83, p.2736–2744, 2002.

TAYLOR, H.M.; BRAR, G.S. Effect of soil compaction on root development. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.19, n.1, p.111-119, 1991.

TEIXEIRA, Cícero Monti; CARVALHO, Gabriel José de; ANDRADE, Messias José Bastos de; SILVA, Carlos Alberto; PEREIRA, E. Janser Moura. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 647 – 653, 2009. ISSN16799275.

TEIXEIRA, M. B., LOSS A., PEREIRA M. P., PIMENTEL C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo Nutrient cycling and decomposition of crop residues of four cover crops for soil. **IDESIA** (Chile) Volumen 30, Nº 1, Enero-Abril, 2012

VIANA, M. C. M.; FREIRE, F. M.; FERREIRA, J. J. et al. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-brachiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n.7, p. 1497-1503, 2011.

YAMADA, Tsuioshi; ABDALLA, Silvia Regina Stipp e. **Estratégias de manejo para alta produtividade do milho**. Piracicaba: Potafos, 2006. 8 p. (Informações agronômicas nº113).

WEISMANN, Martin. Fases de desenvolvimento da cultura do milho. In: **Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno 2008**. Maracaju: Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, 2008. cap. 4, p. 31 – 38.

WILKINSON, S.R.; LOWREY, R.W. **Cycling of mineral nutrients in pastureecosystems**. In: BUTLER, G.W.; BAILEY, R.W. (Eds.) Chemistry andbiochemistry of herbage. New York: Academic Press, 1973. v.2. , p. 247-315.

ZEFERINO, C.V. **Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastosde capim marandu (Brachiariabrizantha cv. Marandu) submetidos a regimes delotação intermitente por bovinos de corte**. Piracicaba, ESALQ, 2006. 194p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Plantas Forrageiras). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.