

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**NITROGÊNIO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA E PECUÁRIA E SEUS EFEITOS NOS
COMPONENTES DE RENDIMENTOS E TEORES DE
NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SUÉLLY MARIANNE MÜLLER

GUARAPUAVA-PR

2015

SUÉLLY MARIANNE MÜLLER

**NITROGÊNIO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA E
PECUÁRIA E SEUS EFEITOS NOS COMPONENTES DE
RENDIMENTOS E TEORES DE NUTRIENTES NA CULTURA DO
MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre

Prof. Dr. Itacir Eloi Sandini
Orientador

GUARAPUAVA-PR

2015

Catálogo na Publicação
Biblioteca Central da Unicentro, Campus Cedeteg

M958n Müller, Suély Marianne
Nitrogênio em sistema de integração lavoura e pecuária e seus efeitos nos componentes de rendimentos e teores de nutrientes na cultura do milho / Suély Marianne Müller. -- Guarapuava, 2015
xiv, 63 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2015

Orientador: Itacir Eloi Sandini
Banca examinadora: Cristiano André Pott, Laércio Ricardo Sartor, Patricia Canbrussi Bortolini

Bibliografia

1. Agronomia. 2. Produção vegetal. 3. Adubação nitrogenada. 4. Efeito residual do nitrogênio. 5. Pastagem. 6. Sistemas integrados. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

CDD 633.15

Suélly Marianne Müller

**NITROGÊNIO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA E PECUÁRIA E SEUS
EFEITOS NOS COMPONENTES DE RENDIMENTOS E TEORES DE NUTRIENTES NA
CULTURA DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 6 de julho de 2015.



Prof. Dr. Itacir Elói Sandini
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Cristiano André Pott
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor
(UTFPR)



Prof. Dr. Patricia Cambruzzi Bortolini
(IFPR)

GUARAPUAVA-PR

2015

*À Deus,
Aos meus pais,
Aos meus irmãos,
Ao Igor Totti Heyden,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por me amparar nos momentos difíceis e por ter colocado pessoas tão especiais a meu lado, sem as quais certamente não teria dado conta!

Aos meus pais Iolanda e Aroldo por todos os ensinamentos de vida. Espero que esta etapa, que agora termino, possa de alguma forma, retribuir e compensar todo o carinho, apoio, compreensão e dedicação que, constantemente, me oferecem.

Ao meu irmão, “Bele” pela amizade, afeto e companheirismo constante. Meu infinito agradecimento a minha ir, “Sami”. Sempre acreditou em minha capacidade e me achou sempre A MELHOR de todas, mesmo não sendo. Isso só me fortaleceu e me fez tentar, não ser A MELHOR, mas a fazer o melhor de mim. Obrigada pelo amor incondicional!

Agradeço ao meu namorado, Igor Totti Heyden, pela paciência, carinho, apoio e incentivo; obrigada por tentar me entender mesmo nas horas mais difíceis e por tornar a caminhada da vida mais leve, gostosa e divertida.

A minha querida amiga Marciela! Marci, obrigada por tornar mais divertidas as horas no laboratório, sou grata por toda a sua ajuda e pela sua amizade.

Ao meu professor e orientador, Itacir Sandini! Obrigada pela a liberdade e confiança referente ao presente trabalho, além da indiscutível amizade.

A toda equipe AGRISUS, se não fossem vocês este trabalho não seria realizado. Vocês valem ouro.

A todos os meus amigos e familiares que compreenderam a minha ausência algumas vezes e que sempre torceram pelo meu sucesso.

A todas as pessoas com as quais compartilhei esses dois anos, àquelas que tiveram influência no meu trabalho direta ou indiretamente, por tudo o que aprendi e cresci. A CAPES, aos professores, funcionários do mestrado e membros da banca.

Não encontro palavras que consigam agradecer, simplesmente fico completamente envolvida por um enorme sentimento: gratidão.

MUITO OBRIGADA!!!

SUMÁRIO

RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO(S)	3
2.1 Geral.....	3
2.2 Específicos.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1. Sistema de integração lavoura pecuária	4
3.2. Matéria orgânica e nitrogênio em sistemas integrados	7
3.3. Importância dos nutrientes	9
3.3.1 Nitrogênio.....	11
3.3.2 Interação do nitrogênio e de outros nutrientes.....	13
3.5. Utilização da cultura do milho na ILP	14
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1. Local do experimento.....	16
4.2. Clima e solo	16
4.3 Tratamento e delineamento experimental	18
4.4. Área experimental	19
4.5. Histórico da área experimental e duração do experimento	19
4.5.1 Condução do experimento.....	20
4.6. Avaliações	21
4.7. Análises estatísticas.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÕES	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

<i>C</i>	carbono
<i>Ca</i>	cálcio
<i>CP</i>	com pastejo
<i>Cu</i>	cobre
<i>Fe</i>	ferro
<i>i.a</i>	ingrediente ativo
<i>K</i>	potássio
<i>Mg</i>	magnésio
<i>Mn</i>	manganês
<i>MOS</i>	matéria orgânica do solo
<i>N</i>	nitrogênio
<i>N-TI</i>	doses de nitrogênio adicionado no inverno
<i>N-TV</i>	doses de nitrogênio adicionado no verão
<i>P</i>	fósforo
<i>PA</i>	pastejo
<i>SP</i>	sem pastejo
<i>Zn</i>	zinco

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Rotação de culturas de lavoura no verão e pastagem de inverno no sistema de ILP nos anos de 2006 a 2012 na área utilizada em Guarapuava, PR, 2015. 19
- Tabela 2.** Valores médios de pH (CaCl₂), matéria orgânica, fósforo, capacidade de troca de cátions, potássio, cálcio, cálcio + magnésio, magnésio, alumínio, hidrogênio + alumínio, soma de bases, saturação de bases, alumínio, cálcio, magnésio e potássio, nas profundidades de 0 -5, 5 -10, 10 – 15 no ano de 2013, Guarapuava, PR, 2015. 20
- Tabela 3.** Quadrado médios e significância (F) para rendimento, massa de mil grãos, grãos ardidos, altura de inserção, altura de planta, fileira por espiga, grãos por fileiras, grãos por espiga, proteína, nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, ferro, manganês, cobre e zinco da cultura do milho manejada sob diferentes doses de nitrogênio no inverno (N-TI) e verão (N-TV) sob influencia ou não do pastejo (PA). Guarapuava, PR, 2015..... 24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura mínima, média e máxima, do mês de agosto de 2013, até março de 2014, Guarapuava, PR, 2015.	17
Figura 2. Balanço hídrico sequencial com intervalo de 10 dias, durante agosto de 2013 e março de 2014, Guarapuava-PR, 2015.	17
Figura 3. Croqui da área experimental, Guarapuava, 2015. Escala: 1:1500.	18
Figura 4. Rendimento de grãos de milho (kg ha^{-1}) frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015.	27
Figura 5. Rendimento médio de grãos de milho (kg ha^{-1}) para as doses de nitrogênio aplicado: A) no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); B) na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015.	29
Figura 6. Massa de mil grãos (g) para as doses de nitrogênio: A) no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); B) na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015.	31
Figura 7. Massa de mil grãos (g) frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015.	32
Figura 8. Número de grãos por fileira para as doses de nitrogênio aplicadas: A) no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); B) na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015.	33
Figura 9. Número de grãos por fileira frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015.	34
Figura 10. Número de fileiras espiga ⁻¹ frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015.	35
Figura 11. Número de fileiras por espiga na presença (CP) e ausência de pastejo (SP) frente às doses de N aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015.	35
Figura 12. Número de grãos por espiga para as doses de nitrogênio aplicadas: A) no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); B) na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015.	36
Figura 13. Número de grãos espiga ⁻¹ frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015.	37

Figura 14. Altura de inserção da espiga (cm) frente às doses de N aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015.	38
Figura 15. Altura de planta (cm) frente às doses de N aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015.	39
Figura 16. Altura de inserção da espiga (cm) na presença (CP) e na ausência (SP) de pastejo frente às doses de nitrogênio aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015.	40
Figura 17. Altura de planta (cm) na presença (CP) e ausência (SP) de pastejo frente às doses de N aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015.	40
Figura 18. Altura de inserção da espiga (cm) para as doses de nitrogênio aplicadas: A) no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); B) na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015.	42
Figura 19. Altura de planta (cm) para as doses de nitrogênio aplicadas: A) no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); B) na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015.	43
Figura 20. Grãos ardidos (%) em função às doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015.	44
Figura 21. Nitrogênio foliar (g kg^{-1}) para as doses de nitrogênio aplicadas: A) no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); B) na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas na pastagem (N-TI). Guarapuava, 2015.	46
Figura 22. Nitrogênio foliar (g kg^{-1}) frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015.	47
Figura 23. Proteína no grão (%) frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015.	48
Figura 24. Proteína no grão (%) para as doses de nitrogênio aplicadas: A) no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); B) na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas na pastagem (N-TI). Guarapuava, 2015.	49
Figura 25. Proteína no grão (%) na presença (CP) e ausência (SP) de pastejo frente às doses de N aplicadas no verão (N-TV). Guarapuava, 2015.	50
Figura 27. Cálcio foliar (g kg^{-1}) para as doses de nitrogênio aplicadas: A) no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); B) na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas na pastagem (N-TI). Guarapuava, 2015.	51

Figura 28. Média dos teores de magnésio foliar (g kg^{-1}) em função às doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) aplicadas na cultura de inverno (N-TI). Guarapuava, 2015.	52
Figura 29. Média dos teores de ferro foliar (g kg^{-1}) em função às doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015.....	53
Figura 30. Média dos teores de manganês foliar (mg kg^{-1}) em função às doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015.	53

RESUMO

Suélly Marianne Müller. Efeito Residual do Nitrogênio Aplicado no Inverno para Cultura do Milho em um Sistema de Integração Lavoura Pecuária.

O cultivo do milho (*Zea mays* Lam.) no verão, em sucessão à pastagens de aveia (*Avena* ssp.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) fertilizadas com nitrogênio no inverno, representa uma alternativa para otimização do uso dos solos na região Sul do Brasil. A adubação nitrogenada eleva o rendimento da cultura do milho e a produção de pastagens. O objetivo do trabalho foi avaliar a influencia do pastejo de ovinos e o efeito residual do nitrogênio aplicado na pastagem e na cultura do milho, bem como analisar seus efeitos na produção de grãos em um sistema de integração lavoura-pecuária, bem como verificar a interação do N com os nutrientes na planta e o teor de proteína presente no grão. Para tanto, foi realizado o experimento nos anos de 2013 e 2014, em Guarapuava-PR, com a rotação da pastagem de aveia/azevém – milho. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída das doses de N aplicadas na pastagem (0, 75, 150 e 225 kg ha⁻¹ de N), as subparcelas com e sem pastejo e nas subsubparcelas as doses de N (0, 75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹) aplicadas no milho em sucessão à pastagem. O rendimento de grãos não foi influenciado pelo pastejo dos animais. Verificou-se que o N aplicado na pastagem influenciou no rendimento de grãos de milho, evidenciando o efeito residual desse nutriente. O rendimento de grãos não foi influenciado pelo pastejo dos animais. Teor de proteína e nitrogênio nas folhas foi crescente em relação ao aumento das doses de nitrogênio. Com as doses adicionadas de N houve maior concentração de N, Mg, Fe e Mg nas folhas.

Palavras-Chave: adubação nitrogenada; efeito residual do nitrogênio; pastagem; sistemas integrados.

ABSTRACT

Suélly Marianne Müller. Residual Effect of Nitrogen Used in Winter for Maize Culture in Integration Crop Livestock System.

The corn crop (*Zea mays* Lam.) In the summer, in succession to oat pastures (*Avena* spp.) And Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) Fertilized with nitrogen in winter, is an alternative for land use optimization in the South of Brazil. Nitrogen fertilization increases the yield of the corn crop and pasture production. The objective was to evaluate the influence of sheep grazing and the residual effect of nitrogen applied on grassland and maize, as well as analyzing their effects on grain production in a crop-livestock integration system, and verify the interaction N with the nutrients in the plant and present in the grain protein content. To this end, the experiment was conducted in the years 2013 and 2014, in Guarapuava-PR, with the rotation of pasture of oat / ryegrass - corn. The experimental design was randomized blocks with split plots and three replications. The main plot consisted of N rates applied on grassland (0, 75, 150 and 225 kg ha⁻¹ N), the subplots with and without grazing and the subsubplots doses of N (0, 75, 150, 225 and 300 kg ha⁻¹) applied in maize in succession to pasture. Grain yield was not affected by grazing animals. It was found that the N applied on grassland influenced the yield of corn grain, showing the residual effect of this nutrient. Grain yield was not affected by grazing animals. Content of protein and nitrogen in leaves was increased in relation to increased nitrogen levels. With the added doses of N was higher concentration of N, Mg, Fe and Mg in the leaves.

Keywords: nitrogen fertilizing, integrated crop-livestock systems, grazing, residual effect of nitrogen.

1. INTRODUÇÃO

A inserção do Brasil no cenário mundial de produção agrícola é crescente, isto se deve a capacidade que o país tem em atender o aumento do consumo de alimentos. Para suprir essa demanda e buscar sustentabilidade, o sistema integrado de lavoura e pecuária surgem como uma boa opção, e por ser altamente tecnificados; todos os fatores do sistema (solo, plantas, animais, água, entre outros) são explorados ao máximo.

Como os fertilizantes nitrogenados apresentam um elevado custo, o aumento de sua eficiência e a promoção da sustentabilidade do sistema produtivo através de interação sinérgica entre agricultura e pecuária representam desafios para a agricultura brasileira. Assim, pesquisas sobre fertilização nitrogenada em sistemas integrados ganham destaque.

A baixa fixação do nitrogênio (N) no solo pode ocorrer devido a grande quantidade de fertilizantes nitrogenados adicionados ao sistema e ao baixo aproveitamento deste nutriente pela planta. Aliado a isto, por ser constituinte da matéria orgânica do solo a dinâmica do N é estreitamente relacionada à dinâmica do carbono. Solos degradados que possuem baixos estoques de carbono orgânico total normalmente apresentam deficiência de N (BAYER et al., 2000a, b).

Sistema de integração lavoura e pecuária (ILP) tem como fundamento maximizar o uso da terra através do melhor manejo do solo, das plantas (farrageiras e cultura de grãos) e dos animais de forma que, promova melhorias no ambiente radicular e aumente o aporte de resíduos, buscando ao mesmo tempo a consolidação do sistema produtivo. A ILP desponta como uma das estratégias mais promissoras em conciliar a máxima produção vegetal nas pastagens durante o inverno e o máximo rendimento de grãos pela cultura de verão dentro de um mesmo ano agrícola (VILELA et al., 2011).

A maior disponibilidade de nitrogênio normalmente promove o aumento da massa forrageira durante o inverno e o incremento na produção de resíduos vegetais, o que beneficia a cultura de grãos no verão e, conseqüentemente, aumenta os lucros do sistema produtivo. Na região Sul do Brasil a adubação nitrogenada em pé- semeadura promove aumento do nitrogênio no solo, através da redução da competição entre a cultura do milho e o solo (imobilização) (LANGE et al., 2010).

As pastagens produzidas durante o período de inverno constituem uma boa opção para terminação de herbívoros durante a entressafra. Deste modo, resíduos vegetais de pastagens, por exemplo, de aveia preta não afetam os componentes de

produtividade da cultura do milho, ainda mostram-se eficientes para aumentar os teores de matéria orgânica do solo (WEIRICH NETO et al., 2012).

A presença de animais no pasto em áreas integradas promove alterações nas propriedades do sistema. O animal irá promover a reciclagem do material vegetal, alterando a dinâmica da ciclagem dos nutrientes no sistema. Desta forma, intensidade de pastejo controlada promove melhorias na fração química, física e biológica do solo (CARVALHO et al., 2010).

Por ser uma gramínea, o milho (*Zea mays* L.) apresenta um sistema radicular denso e agressivo, o qual absorve grande quantidade de nutrientes. A adubação nitrogenada ganha destaque dentre os fatores que são capazes de aumentar o rendimento de grãos da cultura do milho (FONTOURA, 2005). Ohland et al. (2005) e Ferreira et al. (2001) enfatizam que o nitrogênio adicionado na cultura do milho irá melhorar a qualidade dos grãos, beneficiando os componentes de rendimento da cultura e aumentando a produtividade.

Sendo assim, pesquisas associadas à aplicação parcelada de N entre o inverno e verão relacionados ao fluxo de nutrientes no sistema de ILP ainda são incipientes no Brasil. A ciclagem de nutrientes entre os diferentes compartimentos do sistema, aliada a adubação nitro-negada parcelada entre a pastagem e a cultura de grãos possui como finalidade aumentar a produtividade vegetal e animal. Desta forma, viabiliza a manutenção do sistema integrado a médio e em longo prazo.

2. OBJETIVO(S)

2.1 Geral

Avaliar o efeito residual do nitrogênio na cultura do milho, sob aplicação de doses de nitrogênio na pastagem e na cultura de verão, com a presença ou não de ovinos no pastejo.

2.2 Específicos

-Avaliar a influência do pastejo no rendimento de grãos de milho, em sistema de integração lavoura-pecuária;

-Avaliar o teor de proteína bruta dos grãos de milho, sob as diferentes doses de nitrogênio empregadas;

-Avaliar os teores do nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, ferro, cobre, manganês e zinco foliar na cultura do milho;

-Avaliar o rendimento da cultura do milho.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Sistema de integração lavoura pecuária

A busca pelo aumento na produção de alimentos e energia aliada ao propósito de diminuir o desmatamento e a emissão dos gases do efeito estufa, requerem a adoção de estratégias. Tais estratégias devem colaborar para o desenvolvimento socioeconômico e que não comprometam a sustentabilidade dos recursos naturais (VILELA et al., 2011). Assim, sistemas de integração lavoura-pecuária aliados a utilização de práticas conservacionistas como semeadura direta, rotação de culturas, manejo da fertilidade, cultivo mínimo entre outros, devem ser considerados para o aumento da sustentabilidade do sistema (LOSS et al., 2011).

A ILP fundamenta-se no estabelecimento, na mesma área, de diferentes sistemas produtivos como fibra, leite, agroenergia, grãos, carne, entre outros, através do plantio consorciado, sucessivo ou rotacionado das culturas (MACEDO, 2009). Neste contexto, a ILP é um sistema que viabiliza o uso de pastagens perenes ou anuais, de forma alternada na mesma área com a produção vegetal. As pastagens perenes ou anuais são destinadas à produção animal, e a produção vegetal enfoca na produção de grãos (BALBINOT JUNIOR, 2009).

Quando realizado de forma correta este sistema aumenta o uso da terra, garantindo maior sustentabilidade econômica, social e ambiental (CHÁVEZ et al., 2011). Entretanto três fatores devem ser levados em consideração para o planejamento do manejo da ILP, sendo eles: solo, as plantas e os animais. É de fundamental importância a sincronia entre eles para que um fator não atue comprometendo a expressão do outro (ANDREOLLA, 2010).

Na região Sul do Brasil, as pastagens em sistema ILP normalmente são dispostas em três diferentes formas. Quando se tem o uso de culturas vegetais no verão e pastagem no inverno; quando se usa pastagem anual de verão e culturas para produção vegetal no inverno; e ainda o uso de pastagens perenes por alguns anos, intercalando um ou mais anos com culturas anuais. No estado do Paraná, por exemplo, a área destinada à produção de grãos no verão pode ser promissora para produção de forragem no inverno, otimizando o uso da terra (MORAES et al., 2007).

Para Lopes et al. (2009), a ampla utilização de gramíneas hibernais, como aveia preta (*Avena strigosa Schreb.*) e azevém (*Lolium multiflorum Lam.*), empregadas na cobertura do solo em áreas sob semeadura direta, mostra-se promissora economicamente para a atividade pecuária. Estes autores ainda afirmam que o ingresso da pecuária no sistema diminui o risco econômico dentro da propriedade, através do aumento na diversidade de atividade, maior rotatividade do capital e incremento de renda. A inserção da pecuária pode colaborar para melhoria de algumas propriedades do sistema, seja pela ciclagem de nutrientes e/ou pela agregação do solo (CARVALHO et al., 2010).

Silva et al. (2012), através de estudo com diferentes categorias animais em sistema de ILP com a cultura da soja (*Glycine max L.*), verificaram que houve incremento de rendimento e de peso de mil grãos com pastejo. Silveira et al. (2011) afirmam que a pastagem pode causar efeito negativo na produtividade do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) em sistema de ILP. Este efeito negativo se dá através da competição de nitrogênio pelo feijoeiro e pela palhada, pois os microrganismos no solo necessitam deste elemento para decompor o resíduo vegetal enquanto que o feijoeiro necessita do nitrogênio para o seu desenvolvimento. Os autores enfatizam que a produtividade do feijoeiro em sistemas integrados depende da dose de nitrogênio aplicada e do sistema agrícola adotado.

Sandini et al. (2011) comprovaram que o pastejo em sistemas de ILP não influencia na produtividade da cultura do milho, e que, através da aplicação de nitrogênio, houve acréscimo do acúmulo de fitomassa do rebrote da pastagem e a produtividade da cultura de grãos. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2012), onde afirma que o pastejo dos animais durante o inverno promoveu uma redução no peso de mil grão de milho, porém não comprometeu o rendimento desta cultura.

A utilização de cereais de inverno de duplo propósito aumenta ainda mais a viabilidade econômica de sistemas em ILP, o que garante maior estabilidade dos seus componentes através do melhor aproveitamento do solo com culturas anuais e com maior produção de alimentos (SANTOS et al., 2011). Bortolioni et al. (2004) enfatizam que quando manejados adequadamente os cereais de inverno são uma excelente opção para produção de forragem e que, a produção de grãos não é afetada pela desfolhação.

A alta quantidade de raiz e resíduos de materiais orgânicos deixados pela pastagem promovem o aumento da fração biológica do solo. Isto traz melhorias para a estrutura e reduz a compactação do solo, fator que beneficia a cultura subsequente (SILVA et al., 2011; SPERA et al., 2009).

Balbino et al. (2011) descrevem que a ILP é um sistema que promove a recuperação das pastagens degradadas e traz para a cultura de grãos melhorias das propriedades físicas, biológicas e químicas do solo através da adição da palha sob sistema de plantio direto. Estes autores salientam que há melhor eficiência do uso dos equipamentos e mão de obra no campo. Além disso, a ILP colabora para redução do uso de produtos químicos, através da quebra dos ciclos de praga, doença e plantas daninhas (BALBINO et al., 2011).

É de se destacar que a quantidade de microrganismos presentes no solo é variável em relação aos seus atributos físicos e químicos. Assim, sistemas que promovem aumento na taxa de matéria orgânica, permitem melhorias na formação de agregados estáveis e fertilidade do solo (PORTILHO et al., 2011).

Galharte e Crestana (2010) afirmam que o sistema de ILP é beneficiado pelo uso de gramíneas forrageiras. A área onde é produzida a forragem atua na cobertura do solo, que promove redução do impacto direto das gotas de chuvas ou radiação solar, minimizando o efeito da erosão. Estes autores salientam a importância que o plantio direto possui na ILP, através do aumento do teor da matéria orgânica, pois não há efeitos da aração e gradagem, as quais tendem a reduzir o conteúdo orgânico no solo e propiciar perda de estrutura, da capacitação de nutrientes e água.

Por intermédio da pressão de pastejo moderada, a cultura em sucessão à pastagem não é afetada. Porém a longo prazo algumas alterações nos atributos químicos e físicos podem ocorrer no que tange ao balanço de carbono (C) orgânico, devido a melhor produção de fitomassa. Sistemas integrados de produção agrícola aliado à utilização e plantio direto tem o potencial de sequestrar quantidades significativas de C no solo sem comprometimento produção agrícola (LA SCALA JÚNIOR et al., 2012).

A semeadura do pasto anual de inverno, com e sem o uso de grade niveladora, não afeta o rendimento da soja e milho, o que não gera alterações na quantidade de fitomassa na aérea remanescente da pastagem e nem os atributos físicos do solo (VEIGA et al., 2012). Campos et al. (2011), salientam que o estoque de C no solo é

afetada em maior proporção pela diversificação do sistema produtivo, do que em relação as práticas de preparo do solo (convencional ou plantio direto).

Conte et al. (2011), ao estudarem os efeitos da ILP nos atributos físicos do solo (densidade do solo, porosidade e agregados), concluíram que o pisoteio animal pode afetar as propriedades do solo. Tal efeito se observa principalmente nas camadas mais superficiais, porém isso não reflete em perda da produtividade da cultura sucessora ao pasto, que no caso do estudo citado era a soja.

A rotação de culturas em sistemas de integração lavoura-pecuária permite a manutenção da quantidade de carbono no solo, podendo chegar a níveis iguais aos de floresta nativa (TIRLONI et al., 2012). Aliada a práticas conservacionistas, a ILP garante maior aporte de carbono no solo (CARVALHO et al., 2010a).

Assim, através do manejo adequado, a ILP mostra-se promissora na minimização do impacto ambiental, na melhora das propriedades físicas e fertilidade do solo, no aumento dos teores de matéria orgânica, na redução da emissão dos gases do efeito estufa e na otimização do aproveitamento de nutrientes e água (FRANCHINI et al., 2010).

3.2. Matéria orgânica e nitrogênio em sistemas integrados

A matéria orgânica do solo está fortemente relacionada à qualidade do solo. Ela é responsável pela sustentabilidade do sistema, em especial de solos altamente intemperizados (SANTOS et al., 2014). Contudo, Caetano et al. (2013), complementam que a qualidade do solo não é representado apenas por altos teores de matéria orgânica do solo (MOS), e sim representado através do equilíbrio das formas estáveis e mineralizáveis desta matéria orgânica.

A matéria orgânica leve é a fração mais ativa do solo, composta por restos vegetais em vários estágios de decomposição, quase humificados. Essa fração possui grande parte de carbono e é altamente influenciada pelo sistema de manejo e também pela cultura utilizada na forma de resíduo. Em ocasiões onde não há revolvimento do solo o acúmulo de carbono orgânico é favorecido nas camadas superficiais (PEREIRA et al., 2010).

Aliado a isto, por constituírem grande parte da matéria orgânica o carbono (C) e nitrogênio (N) apresentam comportamento similar no solo. Ambos são influenciados pelo clima, topografia, textura do solo, drenagem, cobertura vegetal e o uso da terra. Ainda, as estratégias de manejo adotadas, especialmente na agricultura, tendem a causar mudanças na quantidade MOS, e conseqüentemente afetará as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Atividades que promovem o uso extensivo do solo originam áreas com conteúdo de MOS reduzido, o que pode comprometer a disponibilidade de N e C para o sistema produtivo (GUERRA, 2009).

A decomposição de animais e plantas mortas promove a formação de húmus, que é originado através da ação de bactérias e fungos no solo. Fatores externos como a temperatura e umidade podem colaborar para a aceleração do processo. O húmus atua na agregação de partículas do solo, fator que promove o aumento da estruturação e gera mudanças no comportamento solo. Os microrganismos são os principais responsáveis pela ciclagem dos nutrientes contidos na matéria orgânica, pois, uma vez mineralizada a MOS libera elementos minerais que podem ser reutilizado pelas plantas (ANJOS; ANDRADE, 2008).

A agregação do solo sofre forte influência da MOS, e por ser um processo dinâmico necessita do aporte contínuo de resíduos para manter a estrutura do solo (CUNHA et al., 2011). Como exposto anteriormente, a MOS é formada basicamente de carbono, o qual pode ser liberado para atmosfera, aumentando o efeito estufa; ou pode ser armazenado em sua estrutura, colaborando para melhoria das propriedades físicas e químicas do solo (SAMPAIO et al., 2012).

A rotação de cultura entre leguminosas e gramíneas sob sistema de plantio direto colabora para manutenção e ciclagem dos nutrientes, ainda atua na dinâmica e acúmulo das frações orgânicas do solo.

As leguminosas com raízes extensas tendem a aumentar a interceptação dos nutrientes ao longo do perfil do solo, que pode chegar a atingir camadas abaixo da zona radicular de algumas culturas anuais, ciclando os nutrientes nas camadas mais profundas (LOSS et al., 2009). As gramíneas por produzirem grande quantidade de massa vegetal e possuírem sistema radicular profundo, são de fundamental importância para a ciclagem de nutrientes (SANTOS et al., 2014).

Pastagens permanentes tendem a acumular maiores taxas e estoques de carbono e nitrogênio, valores menores são encontrados para áreas em que tem cultivo de lavouras e valores medianos são encontrados para ILP. Diferentes sistemas de manejo promovem aporte diferenciado de C e N ao solo, o que influencia diretamente no fluxo de C orgânico e na manutenção das atividades biológicas. O aumento da atividade da matéria orgânica está relacionado com o maior aporte de material vegetal de qualidade (SALTON et al., 2011).

Com efeito, o aumento ou redução do processo de decomposição de resíduos vegetais depende da quantidade nitrogênio e da composição dos compostos orgânicos, como lignina, celulose e hemicelulose (CARVALHO et al., 2011; 2012). Algumas espécies de plantas apresentam elevada relação C/N e, por isso, sofrem menos ação da decomposição, são consideradas mais efetivas como cobertura vegetal (CARVALHO et al., 2011).

Souza et al. (2009), verificaram que a intensidade moderada de pastejo em sistemas de ILP com a cultura da soja (*Glycine max*), sob plantio direto, aumentou os estoques de C orgânico total e particulado, de nitrogênio total e da matéria orgânica particulada do solo. Os pesquisadores concluíram ainda que a alta intensidade de pastejo promove redução do estoque de carbono e de nitrogênio, fenômeno que provavelmente afeta a qualidade da matéria orgânica do solo. Aratani et al. (2009) salientam que durante o primeiro ano de implantação de ILP não houve melhoras nas propriedades físicas do solo.

Durante oito anos de implantação e uso do ILP, Silva et al. (2011) observaram que o estoque de nitrogênio total no sistema era muito parecido com o das matas nativas, propiciando o aumento dos teores de carbono orgânico total. Outrossim, esses autores destacam que o sistema de integração lavoura pecuária em 8 anos de uso pode se equivaler a um sistema de plantio direto com 23 anos de implantação, e alcançar assim um novo estado fixo.

3.3. Importância dos nutrientes

Para as plantas crescerem elas necessitam de luz, água e de sais minerais. O desenvolvimento da espécie vegetal será comprometido caso não haja nutrientes

necessários para o seu crescimento. As plantas absorvem somente íons na solução do solo e necessitam de concentrações diferenciadas de cada elemento. Os nutrientes que estão presentes no sistema solo-planta-animal desempenham importante papel em cada componente do sistema produtivo (MONTEIRO; WERNER, 1997).

Um elemento é considerado essencial quando responde aos critérios de essencialidade. Segundo Arnon & Stout (1939), o nutriente deve estar diretamente envolvido no metabolismo da planta (como constituinte de molécula, participar de uma reação, etc.). Na ausência do elemento, a planta não consegue completar seu ciclo de vida. Dessa maneira, a função do elemento é específica, ou seja, nenhum outro elemento poderá substituí-lo naquela função.

Os nutrientes são classificados conforme sua concentração relativa no tecido ou de acordo com a quantidade necessária para o crescimento adequado da planta. De modo geral, as concentrações de macronutrientes (nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg)) são superiores do que as de micronutrientes (ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B) molibdênio (Mo) e cloro (Cl)) (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Ao se considerar a pastagem aveia+azevém (*Avena sativa* + *Lolium multiflorum*) fertilizadas com esterco líquido de suínos Assman et al. (2009) observaram que a planta promove um aumento de matéria seca e que os nutrientes N, P, K, Ca e Mg são encontrados em maior quantidade na massa vegetal. BONA FILHO e PELISSARI (2003) enfatizam que adubações feitas com nitrogênio nestas mesmas pastagens promovem aumento na produção de forragem e produtividade animal.

Ao considerar a adubação nitrogenada, fosfora e potássica, isoladamente para a cultura do milho (*Zea Mays*) sob sistema irrigado no Cerrado, somente a aplicação de nitrogênio promoveu aumento de produtividade na cultura (VALDERRAMA et al., 2011). Entretanto, Prado et al. (2001), em adubação de manutenção no Triângulo Mineiro verificaram acréscimo em produtividade para o milho quando houve adubações fosfatadas crescentes.

Para Mai et al. (2003) a disponibilidade de nitrogênio em sistemas integrados de aveia e milho irá depender da quantidade de fertilizante parcelado entre as culturas. Com isto a produção de matéria seca bem como da produtividades das culturas será alterada.

Dada a relevância dos nutrientes para planta, é preciso, salientar que a fertilização é uma prática que promove maior aporte de nutrientes no sistema. Contudo sua recomendação deve ser planejada para que não comprometa a sustentabilidade do sistema produtivo. Por sua grande influencia nos fatores crescimento e produtividade, o estudo dos índices de nitrogênio na planta é fundamental.

3.3.1 Nitrogênio

Participante de vários processos metabólicos nas plantas, o nitrogênio integra a estruturas de alguns hormônios e participa na constituição da molécula de clorofila, aminoácidos e proteínas. Em muitas culturas, o N é considerado como fator limitante para a produção. Este nutriente, mais do que qualquer outro, influencia no crescimento da planta (BREDEMEIER E MUNDSTOCK, 2000).

Neste contexto, a planta de arroz (*Oryza sativa* L.) tende a ser mais alta quando adubada com N; o feijoeiro quando adubado com N e molibdênio possivelmente atinja produtividades elevadas. Na braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu.) a adubação conjunta de nitrogênio e enxofre promovem maior crescimento radicular, o que aumenta a eficiência do uso da água (BISCARO et al., 2011; FIDELIS et al., 2012; ARTUR et al., 2014).

Por sofrer grande influencia da MOS, o teor de N disponível para às plantas é fortemente influenciado pelo uso e manejo do solo, o que torna dificultoso seu manejo eficiente (MATOVANI et al., 2005). Sob sistema de plantio direto, Figueiredo et al. (2005), encontraram maior quantidade de nitrogênio alocado no grão de milho do que sob sistema convencional.

Cardoso et al. (2011) complementam que a quantidade de N na forma inorgânica, disponível para a planta, depende dos níveis qualitativos e quantitativos de resíduos vegetais adicionados no sistema, bem como das condições climáticas presentes no sistema. Segundo Batlle-Bayer et al. (2010), sistemas que utilizam gramíneas, como a ILP, têm maior destaque, pois tendem a manter, e até mesmo elevar os teores de matéria orgânica no perfil do solo, o que permite um aumento da ciclagem de nutrientes, ao qual se inclui o nitrogênio.

Efetivamente, a quantidade de matéria seca produzida pela planta é influenciada pela quantidade de N presente no ambiente. Assman et al. (2004) e Menegatti et al. (2002) ao estudarem o sistema de ILP adubado com nitrogênio, verificaram que com a elevação das doses de N na pastagem de inverno há maior acúmulo e produção de matéria seca pela pastagem. Consequentemente, ocorre o aumento da carga animal e o ganho de peso vivo do gado por hectare.

Vários fatores podem interferir na disponibilidade de N liberado no solo, portanto é essencial o conhecimento acerca da absorção e assimilação de N pela planta (JADOSKI et al., 2010). O nitrato (NO_3^-) e o amônio (NH_4^+) são as principais formas de N absorvidos pelas raízes de plantas (BREDEMEIER E MUNDSTOCK, 2000). Estes íons de nitrogênio são encontradas no solo através da mineralização da MOS ou por intermédio da adição de fertilizantes químicos (MATOS, 2007).

Destaca-se que as plantas absorvem mais facilmente o nitrato, que é um composto encontrado no solo na forma inorgânica, resultado final, da mineralização do N orgânico ou da nitrificação do amônio. Este ânion, por apresentar carga elétrica líquida negativa no solo é repelido pelas cargas do solo e permanece livre na solução (DYNIA et al., 2006).

Parte do nitrogênio não absorvido pelas plantas e presente na camada arável do solo pode ser imobilizado pela MOS do solo, ou pode ser perdido por lixiviação e volatilização. Perdas de nitrato através do perfil do solo têm potencial de contaminar o lençol freático e eutrofizar as águas superficiais (ARAUJO et al., 2004). Tais perdas representam redução do nitrogênio no solo e baixa disponibilidade deste nutriente para a planta.

A ureia e o sulfato de amônio são fertilizantes nitrogenados mais utilizados no Brasil. Isto se deve ao fato de possuírem alto teor de nitrogênio em sua formulação e menor custo por quantidade de nutriente aplicado no solo (CUNHA et al., 2011; BARBOSA FILHO & SILVA, 2001). Souza et al. (2012), ao compararem sulfato de amônio e ureia, observaram que, em função da produtividade obtida, a lucratividade de cada tratamento varia em relação a dose e a fonte de nitrogênio aplicada.

Desta maneira, por ser um nutriente pouco estável no solo, grande quantidade de nitrogênio que é adicionado ao solo, é perdido, o que o torna insuficiente para satisfazer as necessidades da cultura e constitui-se fonte potencial de poluição ambiental. Assim,

faz-se necessário sincronizar a melhor forma de liberação de N com as fases de maior requerimento nutricional pelas culturas (PEREIRA et al., 2009).

3.3.2 Interação do nitrogênio e de outros nutrientes

Alguns nutrientes são exigidos em maiores quantidades do que outros. Vale salientar, no entanto, que a concentração de determinado nutriente pode estar acima ou abaixo daquela requerida para o crescimento normal da planta.

Ao analisarem a composição química do Capim-tanzânia (*Panicum maximum*) adubado com diferentes doses de nitrogênio e fósforo, Sousa et al. (2010), observaram que as doses de N não provocaram elevação dos teores de Mg e reduziram os teores de Ca e P.

Além disso, em avaliações dos teores de macronutrientes da folha de Capim-tanzânia adubada com diferentes doses de N e Ca, Silveira e Monteiro (2010), inferiram que as doses de nitrogênio influenciaram as concentrações de N, P e K na folha do capim. Tais autores salientam que a com o aumento das doses de N e Ca as concentrações de Mg foliar diminuem.

Em relação à aveia preta adubada com diferentes doses de nitrogênio sob sistema de plantio direto, a ciclagem de P, K, Ca e Mg no sistema aumentou com doses crescentes de nitrogênio, não sofrendo efeito diluição (SANTI et al., 2003).

Segundo Ferreira et al. (2001) a adubação nitrogenada em milho promove melhorias na qualidade da semente. Isto se deve ao fato de aumentar os teores de proteína no grão e também de nutrientes minerais. Silva et al. (2009) complementam que a adubação fosfatada promove maior assimilação de nitrogênio pela planta proveniente da ureia e adubação verde.

A planta de milho absorve diferentes quantidades de nutriente ao longo do seu estágio fenológico e segundo Von Pinho et al. (2009) o teor de matéria seca total, nitrogênio, magnésio e enxofre aumentam linearmente ao longo do ciclo da cultura. Enfatizam ainda que a maior concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre ocorrem próximo a maturação fisiológica. Desta forma, a dose de nitrogênio influi no crescimento e na composição nutricional das plantas.

3.5. Utilização da cultura do milho na ILP

A cultura do milho é considerada uma das importantes do mundo dentro do cenário de produção mundial. Isto se deve ao fato de o cereal ser fonte de energia tanto para nutrição animal como para humana. Além disso, o milho é fonte energética para produção de biocombustível como o etanol (GUTH, 2013).

O Brasil ocupa o terceiro lugar entre os maiores produtores de milho, com uma área de 15 milhões de hectares e produção de 82 milhões de toneladas (PEIXOTO, 2014). De todo milho que é produzido no mundo, cerca de 70% é destinado a alimentação animal. No Brasil, este índice chega a 80%, e apenas 5% da produção nacional de milho são utilizados diretamente para o consumo humano (GUTH, 2013).

Mesmo sendo considerado um dos principais cereais produzidos no Brasil, o milho apresenta baixa produtividade - aproximadamente 5.006 kg ha^{-1} (MARTHA JR, 2014) - e altos custos produtivos (HEINRICHS et al., 2005). Para aumentar a lucratividade, é crucial o conhecimento no desenvolvimento da cultura: fatores como manejo da fertilidade do solo e, em especial adubação nitrogenada devem ser levados em consideração na busca da elevação do potencial produtivo da planta (SANGOI, 2012).

A utilização deste cereal nos sistemas integrados é expressiva. Uma vez a cultura de milho se estabelece, influencia minimamente as demais espécies que crescem no mesmo lugar. A colheita mecanizada é facilitada pela altura da inserção da espiga e a densidade de semeadura pode ser ajustada de forma a melhorar a utilização de luz, água e nutrientes (ALVARENGA et al., 2004).

Além das vantagens já mencionadas, quando há o uso de espaçamentos reduzidos, os pastos consorciados são mais bem estabelecidos quando a semente da forrageira é depositada somente na linha de plantio (ALVARENGA et al., 2004). Mesmo em diferentes condições de oferta de forragem, e mesmo em locais que sofreram efeito de diferentes intensidades de pastejo, as populações de soja e de milho não sofreram pela presença do animal no ciclo de inverno (CARVALHO et al., 2005).

A adoção de rotação e sucessão de culturas diversificadas pode garantir quantidade equilibrada de resíduos culturais sob o solo e a sustentabilidade do sistema produtivo (SILVA et al., 2007). As gramíneas, no caso o milho, possui relação C/N

elevada se comparada às leguminosas, assim a sua palhada irá decompor de forma mais lenta, ficando por mais tempo sob a superfície do solo, protegendo o solo (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

O uso de gramíneas no período do verão é benéfico e favorece a rotação de culturas, princípio fundamental da integração lavoura-pecuária. A cultura que antecede a pastagem afeta o seu desenvolvimento, ou seja, os resíduos de soja tendem a liberar N para a cultura sucessora, enquanto que a palhada do milho predispõem a imobilização temporária deste nutriente (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

De acordo com a lei do mínimo desenvolvida por Liebig (1943), o crescimento da planta é limitado por aquele nutriente que se encontra em menor proporção no solo. Do ponto de vista intrínseco da planta de milho, durante o período de desenvolvimento, o seu genótipo responde diferentemente à extração de nutrientes do solo e produtividade (SÁ et al., 2011). Um dos nutrientes mais importantes para a cultura do milho é o nitrogênio, substância da qual são extraídos cerca de 220 kg por ha (ROBERTO et al., 2010). Se houver deficiência de N durante o desenvolvimento da cultura do milho, a planta não expressará seu potencial genético e a produção possivelmente será reduzida.

A importância dessas observações reside no fato de que normalmente a quantidade de nitrogênio presente na maioria dos solos é insuficiente para atender a demanda total deste nutriente para a cultura. Desta maneira, devido à alta demanda de nitrogênio pela cultura do milho e por recorrerem algumas vezes à adubação nitrogenada, os sistemas integrados de lavoura e pecuária são fortes mecanismos para redução das perdas e o aumento da produtividade animal e vegetal, com sustentabilidade ambiental.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido em Guarapuava (PR), na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), *Campus* CEDETEG, durante o período de abril 2013 a agosto de 2014. O ensaio está situado na região fisiográfica intitulada de Terceiro Planalto Paranaense, apresentando as coordenadas geográficas de 25° 33'' Sul e 51° 29'' Oeste.

4.2. Clima e solo

A região de Guarapuava apresenta clima Subtropical Mesotérmico Úmido (Cfb) (Köppen, 1948), possuindo como características verões frescos (temperatura média inferior a 22°C), durante o inverno podem ocorrer geadas fortes e contínuas (temperatura média superior a 3°C e inferior a 18°C). A altitude média é de aproximadamente 1.100 m em relação ao nível do mar e, aliado a sua latitude de 25°, o clima é ameno grande parte do ano. A temperatura média mínima anual de 12,7 °C e temperatura máxima anual de 23,5°C (IAPAR, 2000).

Na Figura 1 e 2 são demonstradas as temperaturas máximas, médias e mínimas e o balanço hídrico, respectivamente, no intervalo de 10 dias entre os meses de agosto de 2013 a março de 2014. Os dados obtidos referentes ao balanço hídrico e temperatura foram coletados e compilados na estação meteorológica UNICENTRO/IAPAR. Para o balanço hídrico, a metodologia empregada foi a de Thornthwaite e Mather (1955), e para cálculo utilizou-se a planilha eletrônica desenvolvida por Rolim et al. (1998).

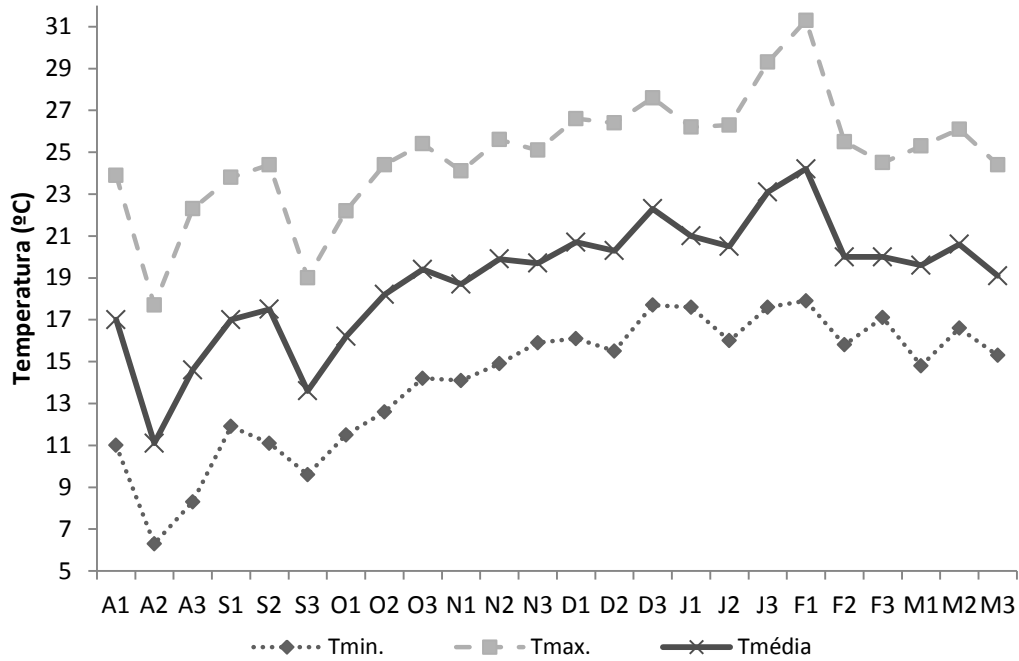


Figura 1. Temperatura mínima, média e máxima, do mês de agosto de 2013, até março de 2014, Guarapuava, PR, 2015. (A= Agosto, S= Setembro, N= Novembro, D= Dezembro, J= Janeiro; F= Fevereiro; M= Março; 1= intervalo do 1 ao 10 dia; 2= intervalo do 10 ao 20 dia, 3= intervalo do 20 ao 30 dia).

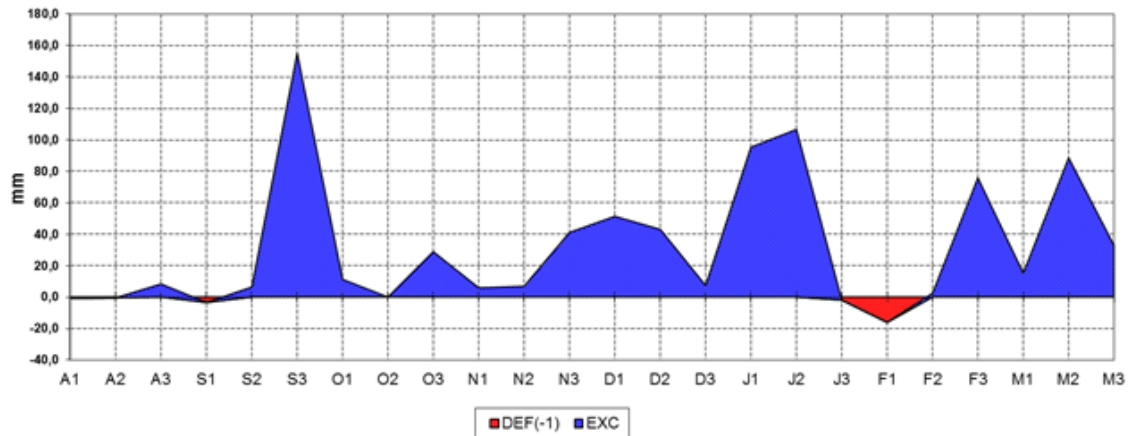


Figura 2. Balanço hídrico sequencial com intervalo de 10 dias, durante agosto de 2013 e março de 2014, Guarapuava-PR, 2015. (A= Agosto, S= Setembro, N= Novembro, D= Dezembro, J= Janeiro; F= Fevereiro; M= Março; 1= intervalo do 1 ao 10 dia; 2= intervalo do 10 ao 20 dia, 3= intervalo do 20 ao 30 dia).

De acordo com mapa atualizado de solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 2008), a área de estudo encontra-se na unidade de mapeamento LBd5, constituída por Latossolos Brunos distroféricos.

4.3 Tratamento e delineamento experimental

O delineamento utilizado no presente estudo é o de parcelas subdivididas, distribuídas em três blocos casualizados. A parcela principal consiste nos tratamentos com aplicação do N no inverno (N-TI), na subparcela o pastejo (PA) e nas subsubparcelas as doses de N no verão (N-TV), de acordo com o croqui abaixo (Figura 3).

Os tratamentos estudados foram:

Níveis de N aplicados no inverno: adubação nitrogenada de inverno foram divididas em quatro doses: 0, 75, 150, 225 kg ha⁻¹ de N.

Pastejo: área de inverno onde sofreu influencia do pastejo ou não.

Níveis de N aplicados no verão: adubação nitrogenada de verão aplicada em cinco doses: 0, 75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹ de N.

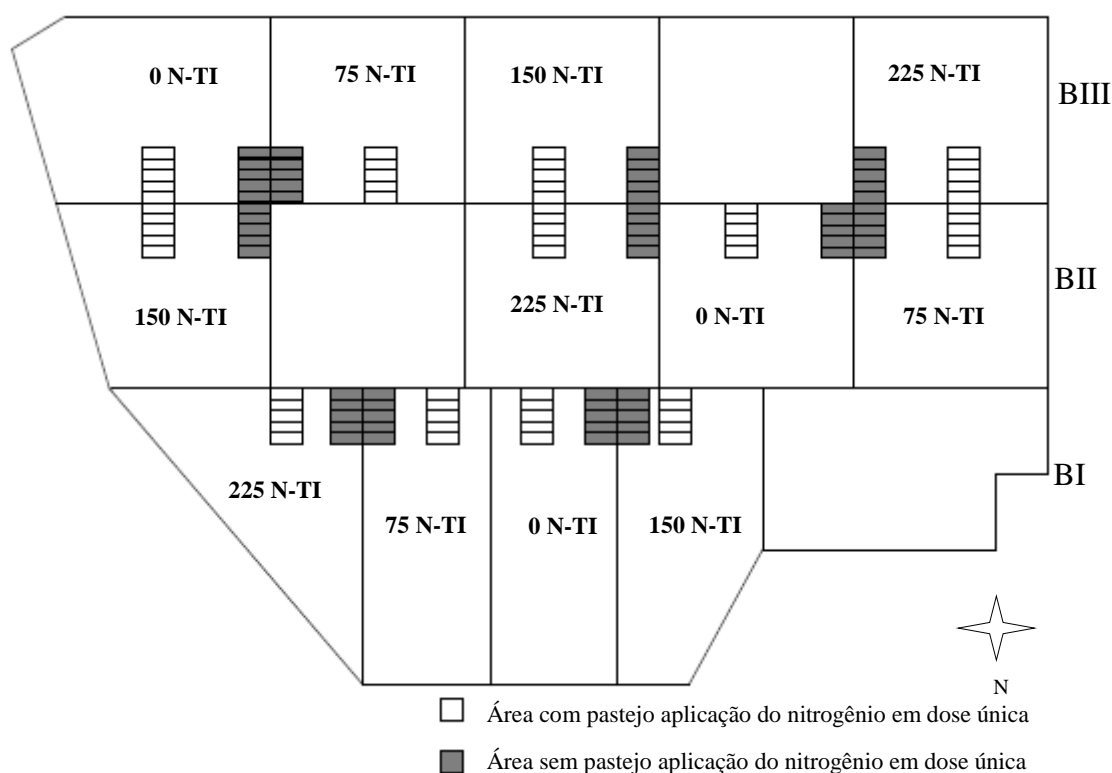


Figura 3. Croqui da área experimental, Guarapuava, 2015. Escala: 1:1500. * BI: bloco 1; BII: bloco 2; BIII: bloco 3.

As doses de nitrogênio aplicadas no verão sob as áreas com e sem pastejo foram dispostas da seguinte forma:

Bloco 1: 0, 75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹ de N.

Bloco 2 e 3: 300, 225, 150, 75 e 0 kg ha⁻¹ de N.

4.4. Área experimental

De um total de 3,5 ha, utilizou-se 3,0 ha para implantação do experimento e os 0,5 ha restantes foram utilizados para a manutenção dos animais reguladores. A área experimental para a aplicação dos tratamentos foi dividida em 15 parcelas com 0,2 ha cada, sendo que de cada parcela foi isolada duas áreas de 96 m² (subparcela). As subparcelas foram isoladas as unidades experimentais (subsubparcela), que apresentaram área de 19,2 m² (4 linhas x 0,8 m entre linhas x 6,0 m de comprimento) cada uma (FIGURA 3).

4.5. Histórico da área experimental e duração do experimento

A princípio nesta área cultivavam-se culturas anuais para produção de grãos em sistema de semeadura direta. A implantação do sistema de integração lavoura-pecuária ocorreu no ano de 2006, desde então segue o a rotação de culturas conforme a Tabela 1. As análises de solos foram coletadas e realizadas antes da implantação da pastagem de 2013, conforme a Tabela 2. A correção do pH do solo ocorreu entre a coleta de solo e a semeadura do pasto.

Tabela 1. Rotação de culturas de lavoura no verão e pastagem de inverno no sistema de ILP nos anos de 2006 a 2012 na área utilizada em Guarapuava, PR, 2015.

	Inverno	Verão
2006	<i>L. multiflorum</i>	<i>P. vulgaris</i>
2007	<i>A. sativa</i> + <i>L. multiflorum</i>	<i>Zea mays</i>
2008	<i>A. strigosa</i> + <i>L. multiflorum</i>	<i>P. vulgaris</i>
2009	<i>A. strigosa</i> + <i>L. multiflorum</i>	<i>Zea mays</i>
2010	<i>A. strigosa</i> + <i>L. multiflorum</i>	<i>P. vulgaris</i>
2011	<i>A. strigosa</i> + <i>L. multiflorum</i>	<i>Zea mays</i>
2012	<i>A. Strigosa</i> + <i>L. multiflorum</i>	<i>P. vulgaris</i>

Tabela 2. Valores médios de pH (CaCl₂), matéria orgânica, fósforo, capacidade de troca de cátions, potássio, cálcio, cálcio + magnésio, magnésio, alumínio, hidrogênio + alumínio, soma de bases, saturação de bases, alumínio, cálcio, magnésio e potássio, nas profundidades de 0 -5, 5 -10, 10 - 15 no ano de 2013, Guarapuava, PR, 2015.

Profundidade	pH CaCl ₂	M.O ¹ g/dm ³	P ² g/dm ³	CTC ³ cmol/dm ³	----- % -----				
					V	Al (M)	Ca	Mg	K
0 - 5	4,46	51,61	15,43	11,88	43,7	7,2	24,7	14,0	4,9
5 - 10	4,47	48,07	3,78	11,31	44,8	7,2	25,5	15,6	3,8
10 - 15	4,61	46,23	2,3	10,72	47,2	5,0	27,	16,3	3,7
Média	4,51	48,64	7,17	11,31	45,3	6,5	25,8	15,3	4,1

Profundidade	----- cmol/dm ³ -----						
	K	Ca	Ca + Mg	Mg	Alumínio	H + Al	SB
0 - 5	0,58	2,92	4,58	1,66	0,41	6,73	5,16
5 - 10	0,42	2,85	4,62	1,77	0,41	6,28	5,04
10 - 15	0,39	2,9	4,64	1,74	0,28	5,7	5,02
Média	0,46	2,89	4,61	1,72	0,37	6,23	5,07

¹ Matéria orgânica; ² Extraído por Mehlich; ³ em pH 7,0

4.5.1 Condução do experimento

O experimento foi instalado após a colheita do feijão, oportunidade em que foi semeada a pastagem hibernal (em 05 de abril de 2013). A referida pastagem foi constituída pelas seguintes espécies vegetais aveia preta (*Avena strigosa Schreb.*) e azevém (*Lolium multiflorum Lam*), utilizando-se 60 kg ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹ de semente, respectivamente, no sistema de semeadura direta, com espaçamento entre linhas de 17 cm.

A emergência das plântulas ocorreu 8 dias após a semeadura. Para adubação de base foram aplicados 250 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 00-25-25 (N, P₂O₅, K₂O) durante a semeadura. A fertilização de cobertura para os tratamentos ocorreu em dose única, 30 dias após a emergência (DAE).

O pastejo foi iniciado no dia 04/06/2013 e finalizado no dia 15/09/2013, o que concluiu 103 dias de pastejo. A área esteve ocupada com ovinos da raça *Ile de France* e o método de pastejo utilizado foi o contínuo, sendo mantida uma altura de pastejo de 14

em conforme o trabalho de Lustosa (1998) com a técnica do controle da altura da pastagem utilizando lotações variáveis, “put-and-take” (MOTT e LUCAS, 1952).

Em continuidade, a dessecação da pastagem ocorreu 7 dias antes da semeadura do milho (*Zea mays* Lam.), dia 08 de outubro 2013 com herbicida glifosato (900 g i.a ha⁻¹). O híbrido simples de milho “30F53” foi semeado dia 15 de outubro de 2013 em sistema de semeadura direta, com espaçamento de 0,8 m entre linhas.

Para a adubação de base na cultura do milho foram aplicados 250 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 00-25-25 (N, P₂O₅, K₂O). O N, em conformidade com os tratamentos estabelecidos, foi aplicado 1/3 da dose na linha de semeadura e 2/3 em cobertura, sendo metade em V2 e o restante em V5. A fonte utilizada foi ureia (46% N).

Por fim, efetuou-se o controle das plantas daninhas por ocasião da dessecação, composto pela aplicação de *atrazina* (3500 g i.a ha⁻¹) e óleo mineral (0,5 L ha⁻¹), em pós-emergência. Não foi efetuado controle de pragas e doenças. A emergência das plântulas ocorreu oito dias após a semeadura. Também foi realizado o ajuste populacional das plantas, com a técnica de desbaste, 20 dias após a semeadura (V2 – V3), objetivando obter a população de 40 plantas por linha.

4.6. Avaliações

Para análise foliar foram coletadas as folhas abaixo e oposta à espiga na fase do início do florescimento (R1), para obtenção dos teores de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, ferro, manganês, cobre e zinco foliar (MALAVOLTA et al., 1997).

Os tecidos vegetais coletados e os grãos de milho foram secados em estufa com ventilação forçada a 70°C até atingirem peso constante e depois foram moídos. As folhas foram moídas inteiras, incluindo a nervura central. As amostras de folha foram pesadas e moídas.

A estimativa de nitrogênio na folha seguiu a metodologia de Kjeldah. Para fósforo usou-se o método de espectrofotometria com azul-de-molibdênio. A determinação de cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e molibdênio foi estimadas pelo espectrofotômetro de absorção atômica (SILVA, 2009).

O experimento foi colhido entre os dias 20 e 25 de março de 2014 e as variáveis avaliadas foram: produtividade, altura de inserção de espiga, altura de planta, número de fileiras, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, massa de mil grãos, teor de grãos ardidos, teor de proteína no grão.

O rendimento do milho foi determinado em área útil de 9,6 m² (2 linhas x 0,8 m x 6 metros) e, depois da correção de umidade para 14 %, o valor foi convertido para kg ha⁻¹. Para a massa de mil grãos pesou-se 300 grãos por parcela e depois estipulou-se para peso de mil grãos. Através da pesagem de 250g de grãos detectou a porcentagem de grãos ardidos, onde a caracterização da doença se deu por presença de manchas decorrentes de ataque fúngico.

Foram utilizadas dez espigas colhidas em sequência da segunda linha central de cada parcela para avaliação de número e grãos por fileira, estimando também o número de grãos por espiga, que após analisadas foram incorporadas ao peso da parcela. O teor de proteína total no grão foi determinado pelo conteúdo de N total da amostra, em que % Proteína = N (%) x 6,25 de acordo com Kjeldahl (AOAC, 1995).

4.7. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a Teste de Bartlett para verificação da homogeneidade das variâncias, onde todos os dados se mostraram homogêneos, em seguida aplicou-se a análise de variância. As médias dos fatores qualitativos foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para fatores quantitativos (doses de N), as equações foram ajustadas com F significativo pelas regressões polinomiais entre as doses de N (variável independente) com as demais variáveis dependentes, onde se buscou um modelo que melhor explicasse esta relação. Foram testados modelos lineares e quadráticos e a escolha foi baseada na significância (menor que 5%).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância (Tabela 3) são apresentados os quadrados médios e a significância do teste F para as variáveis analisadas frente aos fatores testados no experimento, assim como suas interações. De todas as fontes de variação, o nitrogênio no inverno (N-TI) respondeu positivamente para rendimento de grãos, massa de mil grãos, número de grãos por fileira, fileira por espiga, grãos por espiga, proteína, nitrogênio, potássio e magnésio.

A variável pastejo (PA) respondeu significativamente somente para número de fileiras. As variáveis: rendimento, massa de mil grãos, grãos ardidos, altura de inserção, altura de planta, número de grãos por fileira, fileira por espiga, grãos por espiga, proteína, nitrogênio, ferro e manganês responderam de modo expressivo em relação às doses de nitrogênio no verão (N-TV).

A interação PA x N-TV respondeu positivamente para altura de planta, número de grãos por fileira, proteína e para o nutriente cálcio. A interação N-TI x N-TV provocou efeitos nas variáveis rendimento de grãos, massa de mil grãos, altura de inserção, altura de planta, número de grãos por fileira, grãos por espiga, proteína, nitrogênio e para cálcio foliar. Não foram observados efeitos na interação tripla PA x N-TI x N-TV.

Tabela 3. Quadrado médios e significância (F) para rendimento, massa de mil grãos, grãos ardidos, altura de inserção, altura de planta, fileira por espiga, grãos por fileiras, grãos por espiga, proteína, nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, ferro, manganês, cobre e zinco da cultura do milho manejada sob diferentes doses de nitrogênio no inverno (N-TI) e verão (N-TV) sob influencia ou não do pastejo (PA). Guarapuava, PR, 2015.

Causa da Variação	GL	Rendimento	Massa de mil Grãos	Grãos Ardidos
Bloco	2	1445886,54 ^{ns}	47,55 ^{ns}	1,38 ^{ns}
N-TI	3	88368506,92 ^{**}	12562,87 ^{**}	24,2 ^{ns}
Erro	6	2278314,31	218,37	30,0
PA	1	263109,67 ^{ns}	822,21 ^{ns}	3,45 ^{ns}
PA x N-TI	3	923477,79 ^{ns}	300,4 ^{ns}	11,63 ^{ns}
Erro	8	625373,48	253,65	11,1
N-TV	4	67638197,65 ^{**}	7347,95 ^{**}	59,95 ^{**}
PA x N-TV	12	17780519,32 ^{ns}	1238,51 ^{ns}	12,4 ^{ns}
N-TI x N-TV	4	721584,32 ^{**}	17,57 ^{**}	3,34 ^{ns}
PA x N-TI x N-TV	12	553499,35 ^{ns}	116,94 ^{ns}	11,77 ^{ns}
Erro	64	1123834,602	209,22	7,7

Causa da Variação	Altura de Inserção	Altura de Planta	Fileiras por espiga	Grão por Fileira	Grão por Espiga
Bloco	73,31 ^{ns}	50,76 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,48 ^{ns}	941,47 ^{ns}
N-TI	230,28 ^{ns}	652,96 ^{ns}	0,53 ^{**}	99,26 [*]	29213,08 [*]
Erro	129,42	220,98	0,07	4,05	1080,53
PA	80,03 ^{ns}	7,01 ^{ns}	1,18 [*]	4,48 ^{ns}	43,2 ^{ns}
PA x N-TI	199,26 ^{ns}	138,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}	3,59 ^{ns}	1101,09 ^{ns}
Erro	94,47	110,56	0,21	2,45	1383,37
N-TV	1233,6 ^{**}	1890,85 ^{**}	1,74 ^{**}	118,81 ^{**}	42837,7 ^{**}
PA x N-TV	282,68 ^{**}	469,19 ^{**}	0,369 ^{ns}	30,41 ^{ns}	10052,74 ^{ns}
N-TI x N-TV	108,30 [*]	106,97 [*]	0,33 ^{ns}	0,98 ^{**}	719,67 ^{**}
PA x N-TI x N-TV	21,23 ^{ns}	31,48 ^{ns}	0,095 ^{ns}	1,21 ^{ns}	514,95 ^{ns}
Erro	35,07	38,68	0,21	3,26	997,01

Obs: ^{ns} = não significativo; ^{**} = significativo a 1%; ^{*} = significativo a 5%.

Continua...

...Continuação

Causa da Variação	Proteína	Nitrogênio	Fosforo	Cálcio	Magnésio
Bloco	0,278 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,96 ^{ns}	0,01 ^{ns}
N-TI	11,70**	412,63**	0,13 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,76*
Erro	0,259	17,91	0,09	0,56	0,15
PA	0,167 ^{ns}	33,62 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,25 ^{ns}
PA x N-TI	0,28 ^{ns}	18,14 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,41 ^{ns}
Erro	0,098	30,80	0,22	0,82	0,22
N-TV	15,29**	853,98**	0,08 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,39 ^{ns}
PA x N-TV	1,067**	53,26 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,16**	0,31 ^{ns}
N-TI x N-TV	0,637**	12,84**	0,06 ^{ns}	0,93*	0,25 ^{ns}
PA x N-TI x N-TV	0,187 ^{ns}	33,72 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,35 ^{ns}
Erro	0,138	19,52	0,08	0,36	0,21

Causa da Variação	Ferro	Manganês	Cobre	Zinco
Bloco	58,43 ^{ns}	98,72 ^{ns}	109,42 ^{ns}	109,99 ^{ns}
N-TI	372,48 ^{ns}	252,77 ^{ns}	551,2 ^{ns}	78,85 ^{ns}
Erro	204,41	218,50	165,85	104,25
PA	54,77 ^{ns}	323,57 ^{ns}	129,65 ^{ns}	79,41 ^{ns}
PA x N-TI	75,99 ^{ns}	86,28 ^{ns}	628,13 ^{ns}	80,95 ^{ns}
Erro	166,71	273,65	276,14	146,42
N-TV	372,27*	331,83*	422,45 ^{ns}	105,37 ^{ns}
PA x N-TV	132,71 ^{ns}	67,77 ^{ns}	429,34 ^{ns}	87,691 ^{ns}
N-TI x N-TV	53,57 ^{ns}	172,16 ^{ns}	262,95 ^{ns}	180,29 ^{ns}
PA x N-TI x N-TV	184,41 ^{ns}	182,88 ^{ns}	446,59 ^{ns}	135,2 ^{ns}
Erro	121,63	120,5	270,58	130,54

Obs: ^{ns} = não significativo; ** = significativo a 1%; * = significativo a 5%.

Queiroz et al. (2011) observaram que o rendimento do milho sequeiro em relação as doses crescentes de N aplicado respondeu de forma linear. Porém, Goes et al. (2012) não constataram interação entre adubação nitrogenada e produtividade, mas salientaram que essa relação é influenciada por fatores ambientais, características genéticas da planta de milho e dose de N usada.

A adição de N em pré-semeadura do milho durante o desenvolvimento da cultura da aveia, por exemplo, é uma estratégia para reduzir a falta de N no início do seu crescimento. A maior quantidade de N presente na MOS promove fluxo constante de N no solo, através do processo de mineralização. Consequentemente, mais N é liberado para a cultura do milho (SÁ, 1996).

O pastejo não influenciou o rendimento de grãos para as doses de nitrogênio adicionadas no verão e para as doses de nitrogênio adicionadas no inverno. Isto indica que a entrada dos animais durante o inverno não afetou a cultura de grãos no verão, ou seja, a quantidade de carne foi aumentada sem que ocorresse comprometimento do sistema produtivo.

O rendimento do milho mostrou-se significativo para as diferentes doses de aplicação de N (Figura 4). Os resultados observados na Figura 4 mostraram o efeito positivo com regressão quadrática tanto para o N-TI quanto para N-TV.

Ao levar em consideração o rendimento de grãos de milho às doses de N aplicadas na pastagem a máxima eficiência técnica de $13.765 \text{ kg ha}^{-1}$ seria alcançada se fosse adicionado 190 kg ha^{-1} de N no inverno. Para as doses de N aplicadas no verão o máximo rendimento seria obtido com a aplicação de 250 kg ha^{-1} de N obtendo uma produtividade estimada de $13.765 \text{ kg ha}^{-1}$. Ao analisar isoladamente a adubação de inverno e verão, a adubação nitrogenada no inverno responderia de igual forma para produtividade no verão, porém com a dose de nitrogênio aplicada em menor quantidade no pasto (cerca de 60 kg ha^{-1} de N). Além de promover o aumento da massa forrageira do pasto, a adubação nitrogenada promove maior taxa de lotação de animais, e consequentemente, maior retorno financeiro quando comparada a adicionar somente nitrogênio no verão.

Fontaneli et al. (2000) e Ambrosi et al. (2001) observaram que em sistemas de produção integrada, o uso de pastagens no inverno aumenta a viabilidade econômica e reduz o risco financeiro. Ressaltaram que o milho se destacou neste sistema por atingir elevadas produtividades.

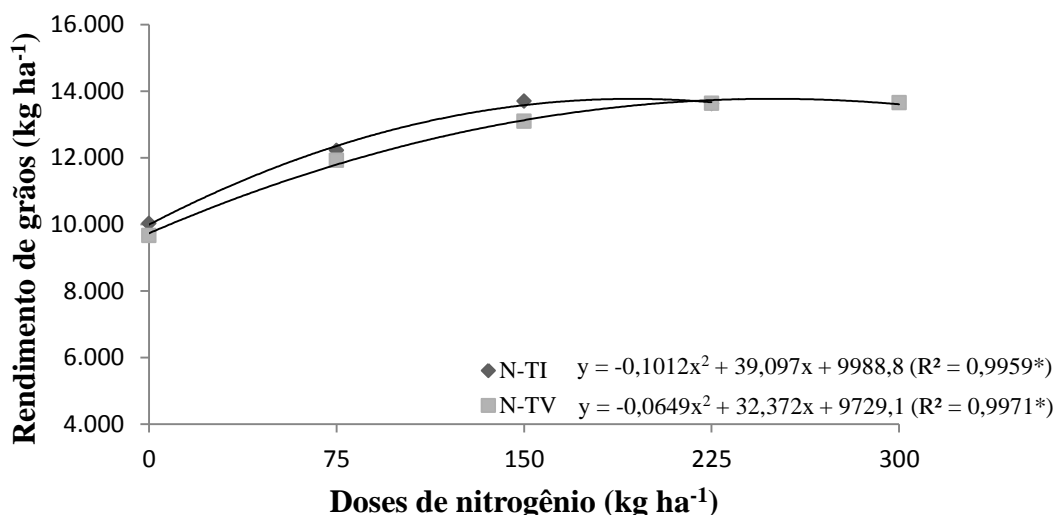


Figura 4. Rendimento de grãos de milho (kg ha^{-1}) frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015. * = significativo a 1%.

De acordo com os dados apresentados adiante (Figura 5A), o rendimento de grãos mostrou-se significativo para as doses aplicadas no verão, em função das doses utilizadas no inverno.

Os resultados apontam que na utilização de 225 e 300 kg ha^{-1} de N-TV não houve efeito significativo com o aumento de dose para N-TI. Nas ocasiões em que não foi adicionado nitrogênio no inverno, mostrou-se necessária a aplicação de maior quantidade de N no verão para garantir maiores produtividades.

Para as doses de 0, 75 e 150 kg ha^{-1} de N-TI, observou-se que a máxima eficiência técnica seria alcançada se fosse aplicado 301, 175 e 161 kg ha^{-1} de N-TV respectivamente, onde a produtividade máxima seria de 13.300, 13.831 e 14.310 kg ha^{-1} de grãos de milho. Assim, se fosse aplicadas doses intermediárias, por exemplo de 150 kg ha^{-1} de N-TI e 161 kg ha^{-1} de N-TV, a quantidade de matéria seca produzida no inverno mobilizaria uma quantidade de nitrogênio para o milho que baixaria a dose de aplicação de nitrogênio no verão e ainda atingiria altas produtividades.

Santi et al. (2003) observaram que esta situação é verificada para aveia preta quando se tem uma alta quantidade de N no tecido da folha, que promove uma redução da relação C/N no sistema o que disponibiliza maior quantidade de N para a cultura sucessora. A matéria seca produzida no inverno possivelmente é aumentada com maiores doses de nitrogênio o que promove uma maior ciclagem de nitrogênio e outros nutrientes.

A Figura 5B demonstra que, quando houve aplicação de 150 e 225 kg ha⁻¹ N no inverno não foram observadas respostas significativas de N-TV, porém o rendimento grãos foi de 13.747 e 13.622 kg ha⁻¹, respectivamente. O aumento no rendimento deveu-se ao efeito residual N aplicado no inverno, que favoreceu a cultura de verão, como explicado anteriormente.

Na hipótese de não ocorrência de adubação nitrogenada no inverno, o máximo rendimento de 13.813 kg ha⁻¹ seria verificado com a aplicação de 330 kg ha⁻¹ de nitrogênio no verão. Porém, se a adubação se operacionalizasse com 75 kg ha⁻¹ de nitrogênio no inverno, o máximo rendimento de 14.151kg ha⁻¹ de grãos de milho seriam alcançados com a aplicação de 209 kg ha⁻¹ de N no verão (Figura 5A). Desta forma, o melhor aproveitamento da adubação nitrogenada é encontrado quando se faz adubação parcelada de nitrogênio entre a pastagem e a cultura do verão, o que resulta em maiores valores de produtividade.

Segundo pesquisa de Assmann et al. (2003), plantas de milho que eram submetidas a dose de 300 kg ha⁻¹ de N como adubação de inverno não responderam à aplicação de N no verão, fato que destacou o já explicado efeito residual da adubação nitrogenada de inverno. Estes autores afirmam que nas áreas de pastejo onde ocorreu a adubação nitrogenada no inverno, a produtividade da cultura do milho não foi afetada.

É de se realçar que a disponibilidade do nitrogênio dentro de sistemas integrados está relacionada a variáveis como as condições ambientais; matéria orgânica presente; perdas de N por volatilização e lixiviação; quantidade de nitrogênio adicionado; quantidade de resíduo vegetal e animal que possui o sistema; entre outros. Ao se levar em conta a efetividade das doses de N aplicadas na pastagem durante o inverno para a cultura do milho no verão, infere-se que as perdas não foram severas o suficiente para comprometer a disponibilidade deste nutriente para a cultura do milho.

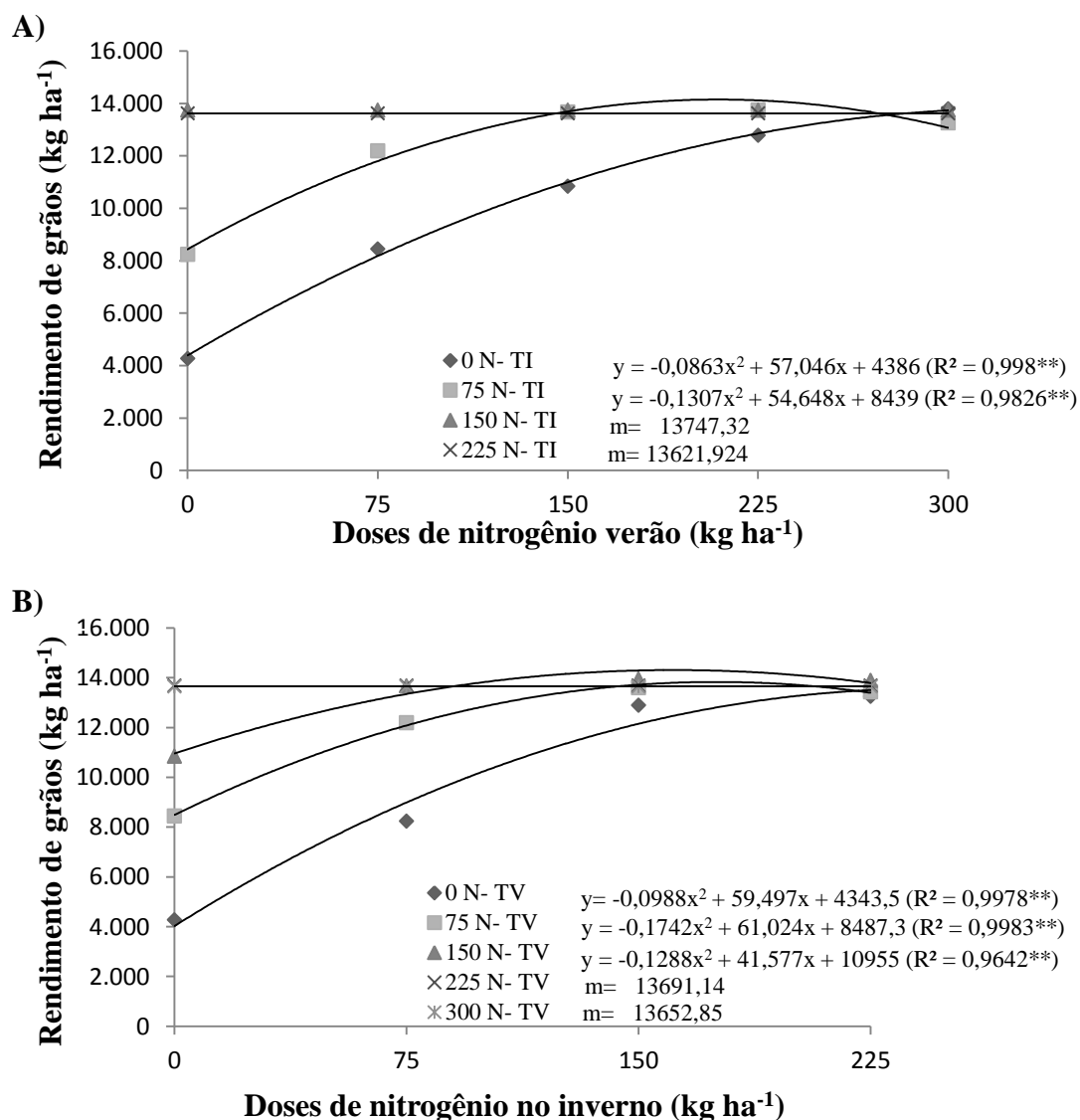


Figura 5. Rendimento médio de grãos de milho (kg ha⁻¹) para as doses de nitrogênio aplicado: **A)** no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); **B)** na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%, m= média do tratamento.

Assmann et al. (2003), Alves et al. (2012), Sandini et al. (2011) e Kaminski (2013) observaram, em seus experimentos sobre o sistema ILP, os efeitos positivos do N e concluíram que sob o sistema ILP, o N aplicado no inverno tem efeito residual para a cultura de verão.

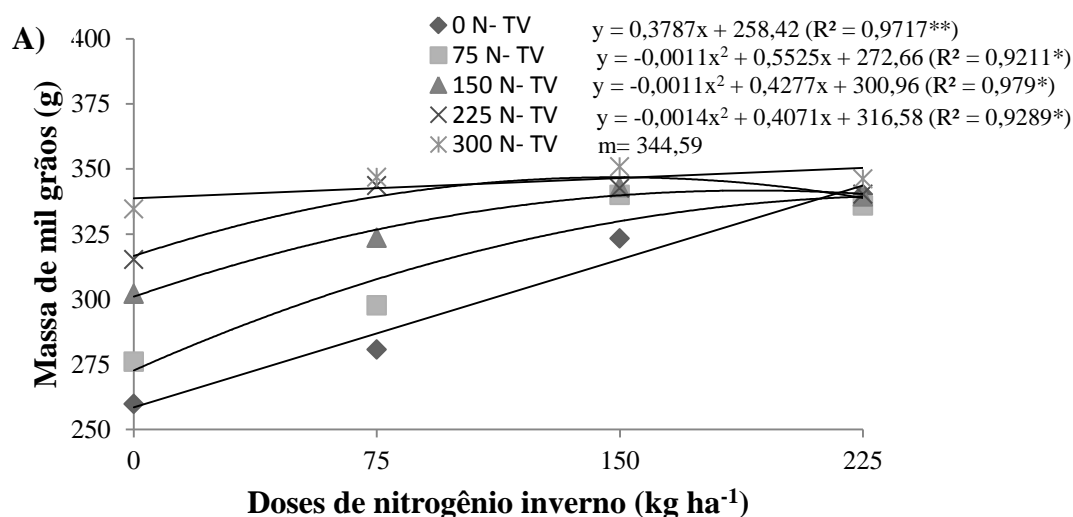
Os componentes essenciais para avaliação do rendimento da cultura do milho são o número de espigas por planta, número de grãos por espiga e o peso de grãos. A expressão do máximo potencial destes componentes é determinada através das condições de desenvolvimento do milho em cada estágio de crescimento. E, durante o crescimento da planta de milho, a disponibilidade de N para a planta irá influir na

expressão destes componentes, logo, a redução dos valores de produtividade pode significar falta de nitrogênio (BORTOLINI et al., 2001).

Na Figura 6 são mostradas as interações de N-TV x N-TI e N-TI x N-TV, respectivamente. Considerando a massa de mil grãos, efeitos significativos foram encontrados para regressão quadrática diante das doses de 75, 150 e 225 kg ha⁻¹ de N-TV (Figura 6A). Desta maneira, maiores massa de mil grãos (342, 342 e 346 g) seriam obtidos se fosse fertilizado com 251, 194 e 145 kg ha⁻¹ de N-TV.

Para a interação N-TI x N-TV (Figura 6B), resposta lineares foram encontradas para a dosagem de 0, 75 e 150 kg ha⁻¹ de N-TI, resultando em incrementos de 22, 19 e 8 % para as maiores doses de N adicionado no verão em comparação à área sem aplicação de N.

Resultados análogos foram observados por Fernandes et al. (2005), Sichoeki et al. (2014) e Queiroz et al. (2011) encontraram resultados semelhantes relacionando doses de nitrogênio e fósforo em milho safrinha. Em contrapartida Goes et al. (2012) analisando a massa de 100 grãos, não encontrou significância nem para fontes e doses de N, nem para interação.



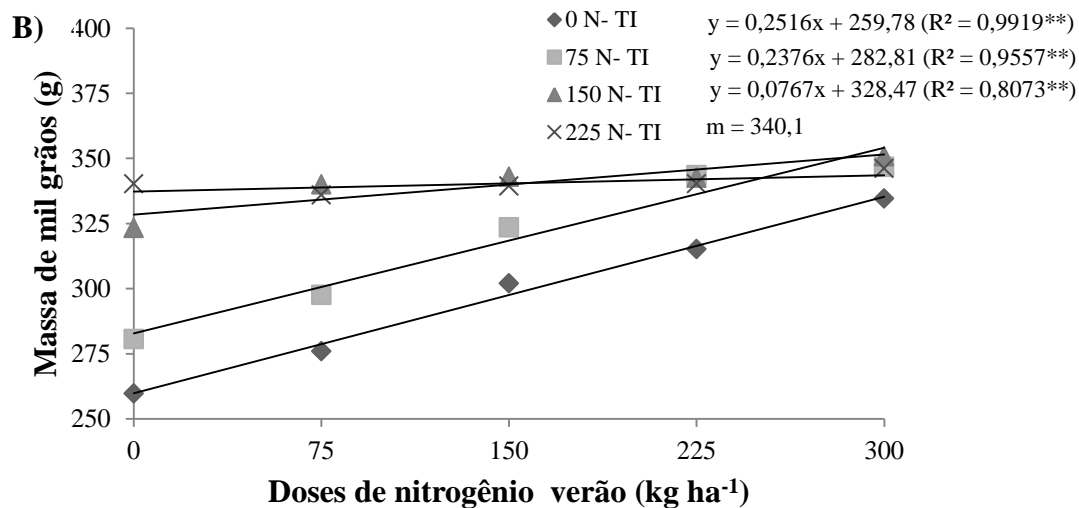


Figura 6. Massa de mil grãos (g) para as doses de nitrogênio: **A)** no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); **B)** na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%, m= média do tratamento.

Considerando a massa de mil grãos, efeitos significativos foram encontrados para N-TI e N-TV, onde estatisticamente se obteve regressão quadrática e linear, respectivamente (Figura 7). Assim se não fosse adicionado nenhum nitrogênio as áreas de verão possuiriam uma maior massa de grãos. Quando há uma adição de nitrogênio no sistema 75 kg ha⁻¹ de N observa-se que maior peso de mil grãos seria encontrados se fosse adicionado nitrogênio durante o período de inverno. E que, para doses acima 225 kg ha⁻¹ de N provocariam maior massa de mil grãos se fosse adicionados no verão.

Relacionando as doses de verão observa que com maior dose de N adicionada no verão o peso de mil sementes foi 13% maior em comparação a nenhum nitrogênio aplicado. Foi observado que com o aumento das doses de N, as plantas se tornaram mais verdes em relação aquelas plantas que não receberam nenhum N. Em razão de as plantas permanecerem verdes por mais tempo, o período de retranslocação de açúcares e N para os grãos aumenta, aumentando o peso final de massa de mil grãos (FERREIRA et al., 2001).

Silva et al. (2005) verificaram que para o peso de mil grãos, existiu efeito linear em relação às doses testadas, realçando que à medida que se aumentou as doses de N, houve incremento equivalente para peso de grãos.

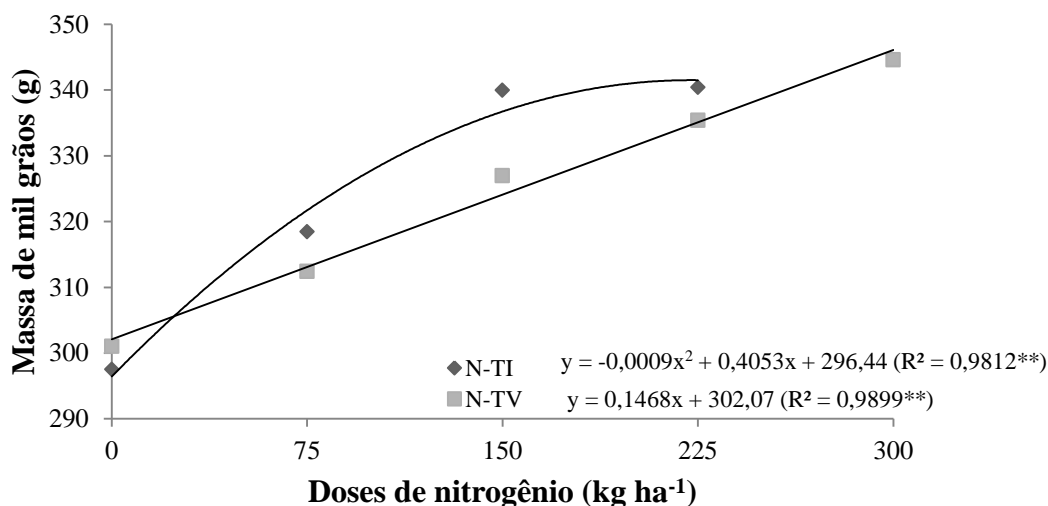
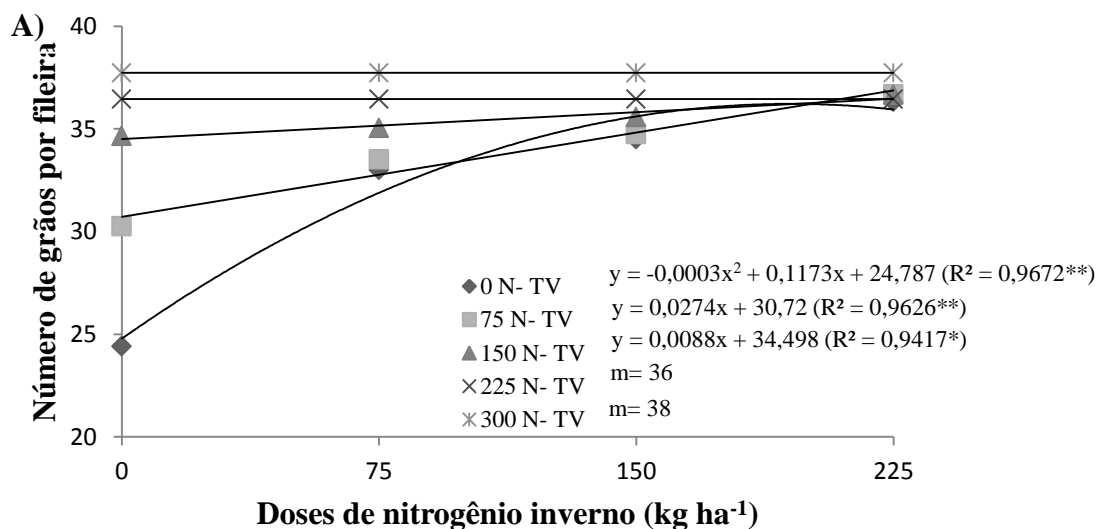


Figura 7. Massa de mil grãos (g) frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015. ****** = significativo a 1%.

Na Figura 8 são correlacionadas as interações N-TI x N-TV e N-TV x N-TI para número de grãos por fileira. As doses de 75 e 150 kg ha⁻¹ de N no inverno foram significativas com respostas lineares para a relação N-TI x N-TV. A variação média do número de grãos por fileira foi de 24 a 39.

Em relação às áreas que não receberam N, a adição de 225 kg ha⁻¹ de N no inverno teria 15 e 8% a mais números de grãos para as doses de 75 e 150 kg ha⁻¹ de N no verão (Figura 8A). Para a máxima dose de nitrogênio aplicada no verão a doses de 75 kg ha⁻¹ de N no inverno representou maior incremento de número de grãos por fileira, chegando a ser 17% a mais quando relacionada a nenhuma dose aplicada (Figura 8B).



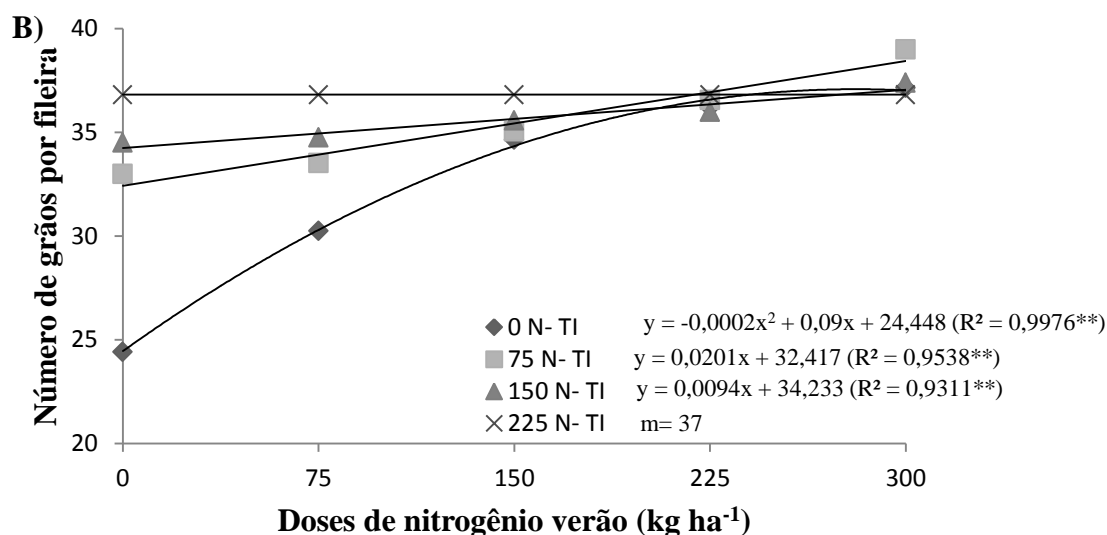


Figura 8. Número de grãos por fileira para as doses de nitrogênio aplicadas: **A)** no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); **B)** na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%, * = significativo a 5%, m = média do tratamento.

Maiores números de grãos por fileira para a cultura do milho foram encontrados para N-TI e N-TV com as crescentes doses de N (Figura 9). A dose de 300 kg ha⁻¹ N no verão garantiu ganho médio de 15% a mais em relação a não aplicação do nitrogênio no verão. Para a fonte de variação N-TI, o incremento de 12,9% no número de grãos por fileira do milho é observado ao adicionar 225 kg ha⁻¹ N no inverno em relação às áreas que não receberam N.

Tais dados vão de encontro das conclusões de Sichoeki et al. (2014) e Godoy et al. (2011) que, no estudo de doses crescentes de N na cultura do milho verificaram, que o número de grãos por fileira aumentava simultaneamente. Souza et al. (2011) observaram que com aumento de até 142 kg ha⁻¹ N sob sistema de plantio direto aumentou no número de grãos por fileira.

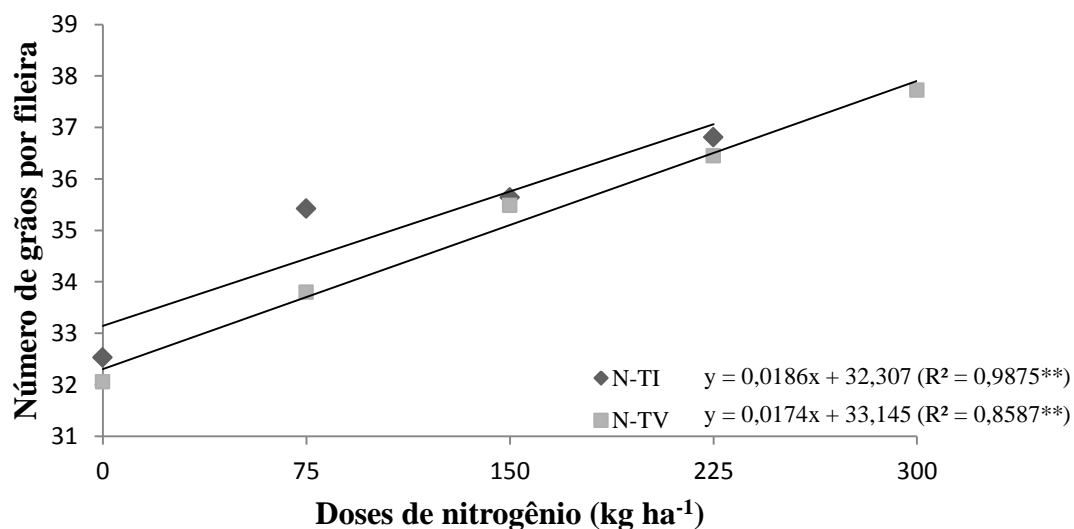


Figura 9. Número de grãos por fileira frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015. * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; m= média do tratamento.

O número de fileiras por espiga está representado na Figura 10. Para esta variável, o efeito significativo foi observado no N-TI e N-TV isoladamente, onde obteve na média um número de fileiras de 16 para ambos efeitos. As doses de nitrogênio aplicadas no inverno responderam positivamente para a regressão linear.

As doses de verão representaram aumento no número de fileiras por espiga, porém com resposta quadrática, salientando que se fosse adubado com 225 kg ha⁻¹ o número máximo de fileiras obtido seria 16. Silva et al. (2005) verificaram que com doses crescentes de N houve incremento no número de fileiras por espiga e número de grãos por fileiras, o que converge com o exposto no presente trabalho.

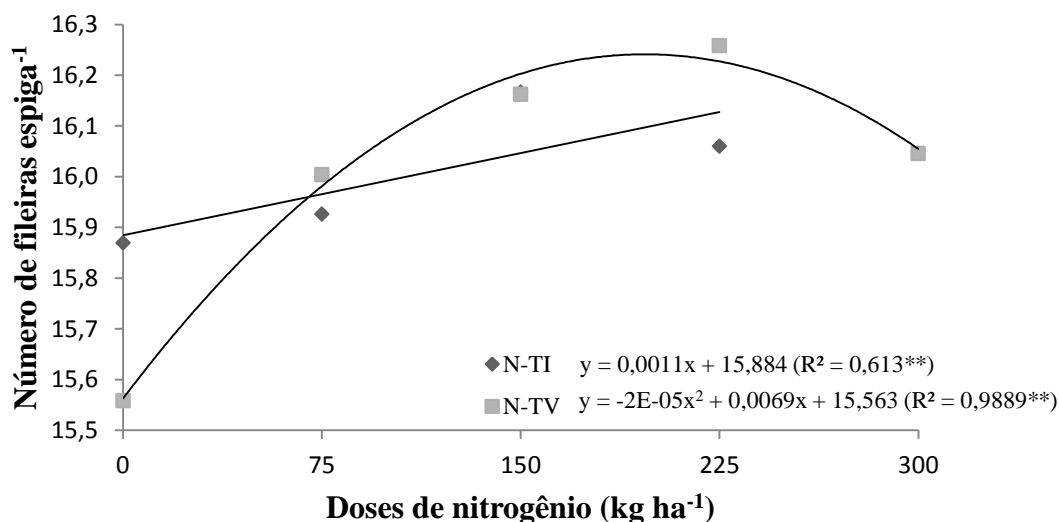


Figura 10. Número de fileiras espiga⁻¹ frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%.

Relacionando as doses de N no verão com áreas que foram ou não pastejadas (Figura 11), os resultados apontam positivamente com regressão quadrática para número de fileira por espiga para ambos os tratamentos. Nota-se que as áreas que não foram pastejadas o número de fileiras por espiga foi maior para as doses de nitrogênio adicionadas no verão. Os maiores números de fileiras por espiga não foram verificados para as maiores doses de N adicionados. Estes resultados vão de encontro aos encontrados pelo Balbinot Junior (2007), em que afirma que os componentes de rendimento da cultura do milho não são afetados pelas diferentes formas de manejo.

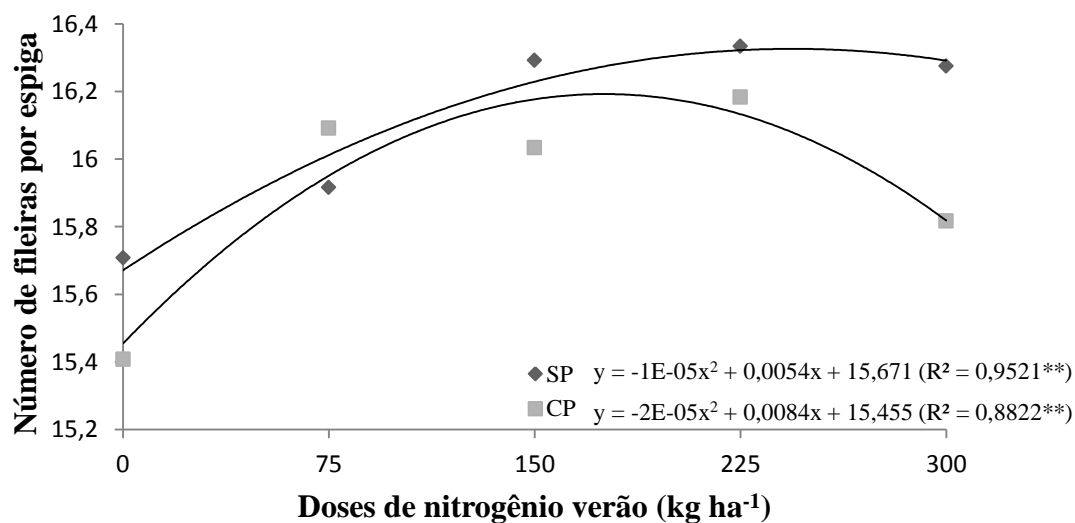


Figura 11. Número de fileiras por espiga na presença (CP) e ausência de pastejo (SP) frente às doses de N aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015. ** = significativo à 1%.

Em relação ao número médio de grãos por espiga na interação N-TV x N-TI (Figura 12A) e N-TI x N-TV (Figura 12B), houve variação de 366 a 624, o maior valor foi encontrado para as doses de 300 kg ha⁻¹ de N no verão e 75 kg ha⁻¹ de N no inverno. Tais índices representam um ganho de 41% em relação aos tratamentos que não tiveram aplicação de nitrogênio.

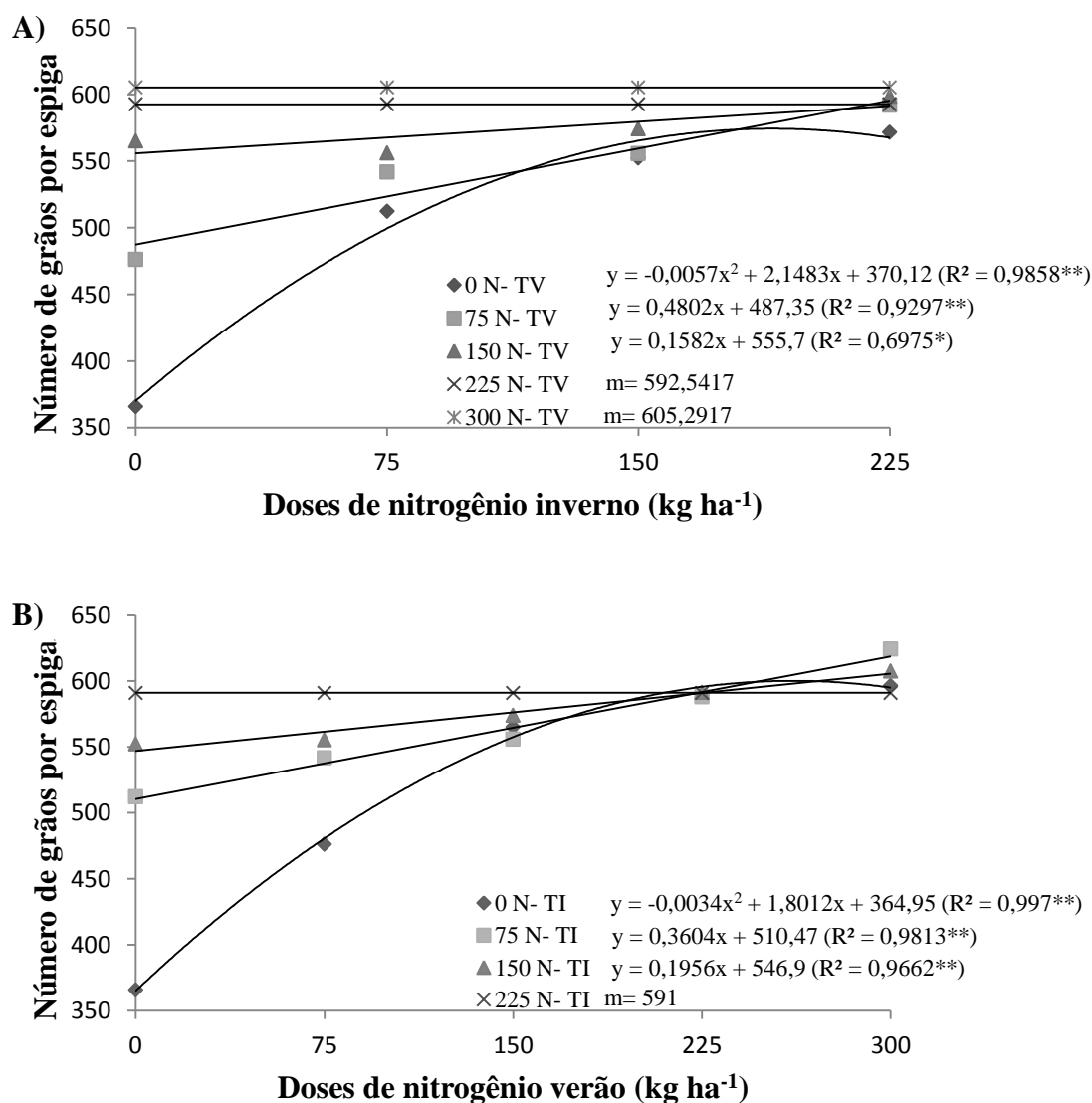


Figura 12. Número de grãos por espiga para as doses de nitrogênio aplicadas: **A)** no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); **B)** na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%, m= média do tratamento.

A figura 13 demonstra a interação que há entre as doses de nitrogênio aplicadas no verão e inverno para o número de grãos por espiga. Maior quantidade de grãos são encontrados por espiga até a dose de 150 kg ha⁻¹ de N no inverno. Entretanto, para atingir maiores números de grãos por espiga doses acima de 225 kg ha⁻¹ de N no verão possuem efeito mais significativo que a adubação somente no inverno.

Nota-se que, para a máxima dose de nitrogênio adicionada no verão (300 kg ha⁻¹ N), ocorreu um aumento no número de grãos por espiga de 17% em relação a nenhuma dose aplicada de N. Para o nitrogênio adicionado no inverno, à máxima quantidade de grãos na espiga do milho de 578 seria encontrada se fosse adicionado 220 kg ha⁻¹ de N no inverno.

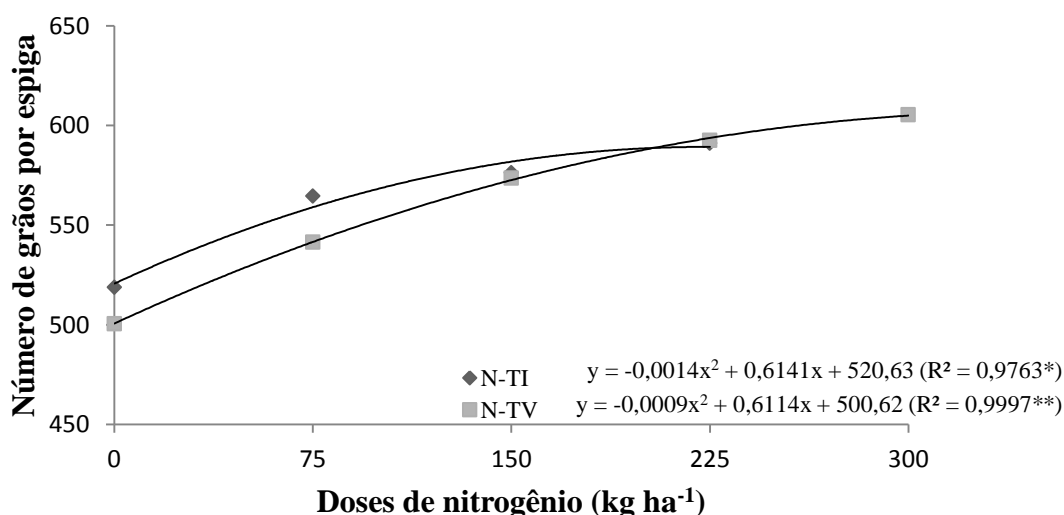


Figura 13. Número de grãos espiga⁻¹ frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%, * = significativo a 5%.

Goes et al. (2012), Sichoeki et al. (2014), Costa (2013) também observaram crescimento de produtividade para número de fileira por espiga e número de grão por fileira com aumento das doses de N. Bortolini et al. (2001) enfatiza que dentre os componentes de rendimento do milho, o número de grãos por espiga é o fator que tem maior relação com doses e época de aplicação de nitrogênio.

A produtividade do grão de milho está ligada ao número de grãos por espiga e ao número de grãos por fileira. O N promove o aumento do número de óvulos formado por fileira no qual favorece a produção de fotoassimilados o que reduz o abortamento de grãos e garante o acréscimo do número de grãos por espiga (GAZOLA et al., 2014).

Para altura de inserção da espiga e altura de planta de milho, Gazola et al. (2014), concluíram que a aplicação de doses de N influenciam essas variáveis. A altura de inserção da espiga foi influenciada de forma quadrática quando avaliada a aplicação de N na cultura do milho (N-TV) (Figura 13). Estimando a máxima altura de inserção da espiga, 149 cm, pela aplicação de 212 kg ha⁻¹ de N no verão.

Situação semelhante foi observada para altura de plantas com respostas quadráticas em relação à aplicação de N no milho (N-TV). A planta de milho alcançaria o máximo crescimento de 244 cm, se fosse adubado com 213 kg ha⁻¹ de N no verão (Figura 14) .

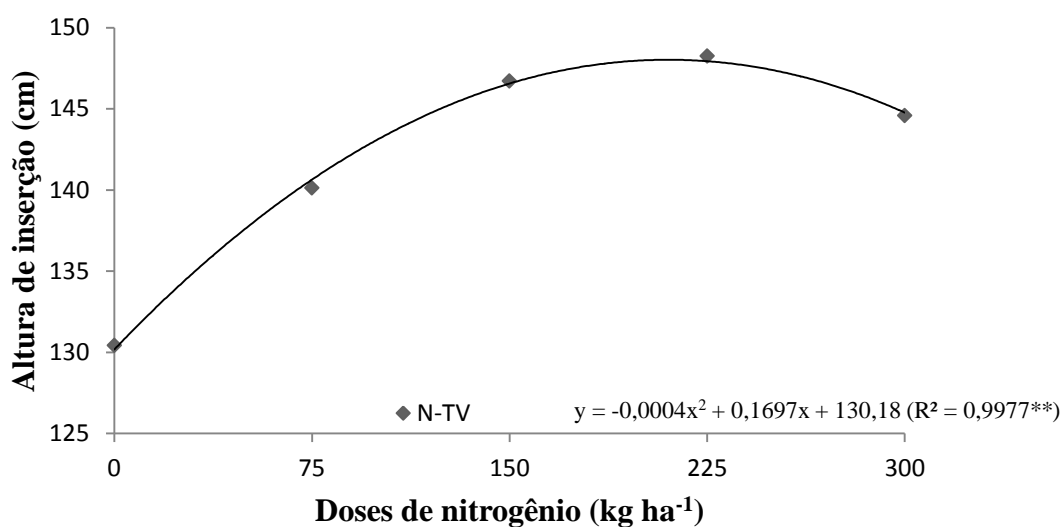


Figura 14. Altura de inserção da espiga (cm) frente às doses de N aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%.

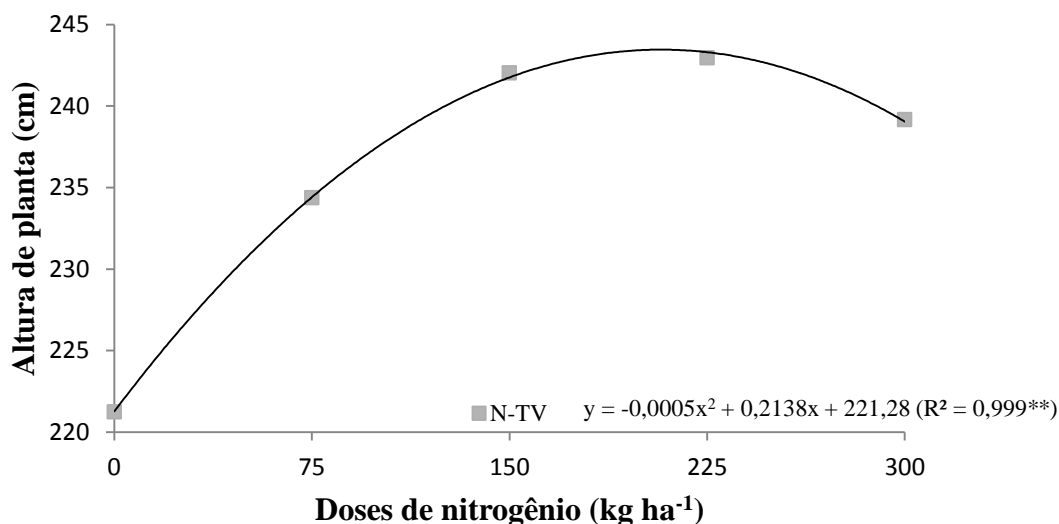


Figura 15. Altura de planta (cm) frente às doses de N aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%.

Em relação às doses de nitrogênio no verão, constatou-se uma interação significativa com regressão quadrática para altura de inserção (Figura 16), bem como para altura de planta (Figura 17) em relação ao pastejo. Segundo Silva et al. (2003) a planta tende a continuar crescendo até doses limites de nitrogênio, pois após essas doses as plantas começam a sombrear outras plantas e a si mesmas (autossombreamento), o que colabora para redução do crescimento do milho. Cruz et al. (2008) complementam que dentre os componentes morfológicos a altura de planta, normalmente, não possui correlação com produtividade. Isto se deve ao fato de que a adubação nitrogenada promove o aumento do sistema radicular e conseqüentemente aumento da parte aérea.

Para as áreas onde não ocorreu o pastejo, a altura máxima de inserção da espiga (149 cm) seria encontrada se fosse adicionada à dose de 181 kg ha⁻¹ de N. Em contrapartida, nos lugares em onde houve pastejo, o ponto mais alto de inserção da espiga de 150 cm seria alcançado com a dose de 304 kg ha⁻¹ de N (Figura 16). Em áreas não pastejadas a altura máxima de planta de 240 cm seria encontrada se fosse adicionada 202 kg ha⁻¹ de N, porém em áreas onde sofreram ação do pastejo as plantas atingiriam altura de 144 cm através da dose de 189 kg ha⁻¹ de N (Figura 17).

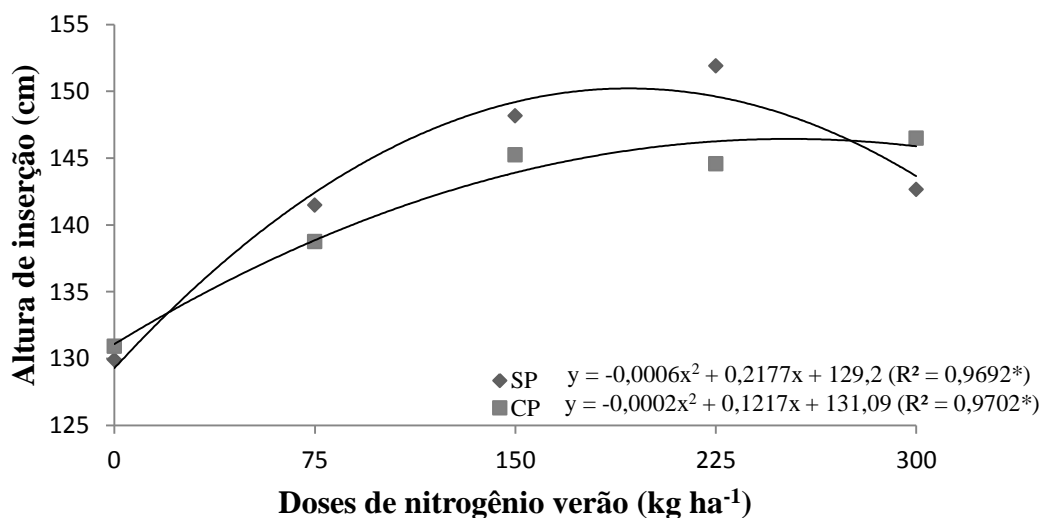


Figura 16. Altura de inserção da espiga (cm) na presença (CP) e na ausência (SP) de pastejo frente às doses de nitrogênio aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015. * = significativo a 5%.

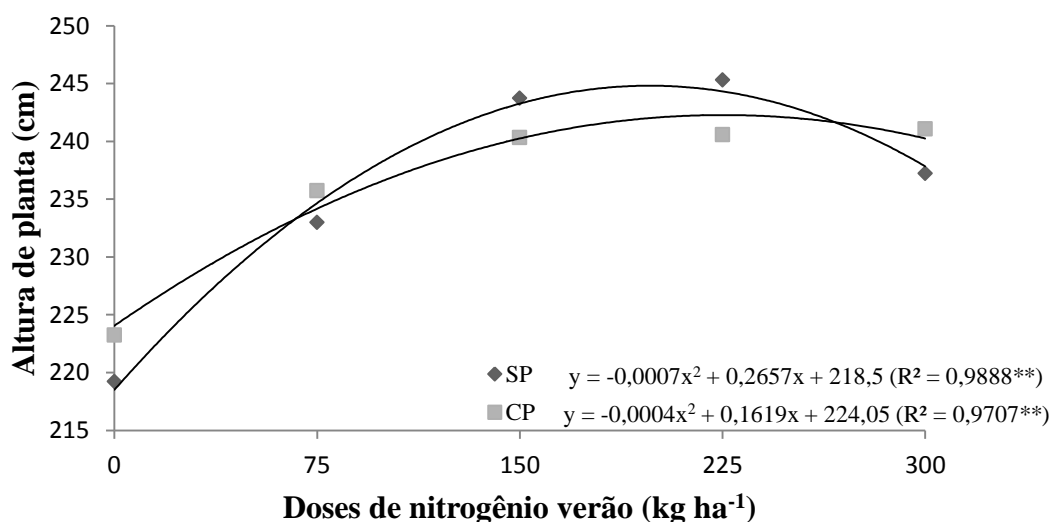


Figura 17. Altura de planta (cm) na presença (CP) e ausência (SP) de pastejo frente às doses de N aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%.

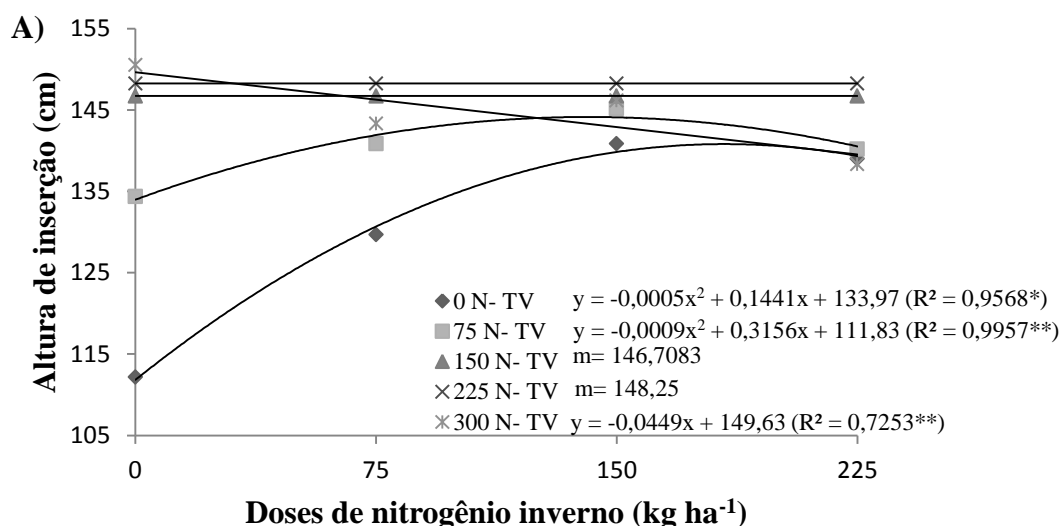
Constatou-se que para altura de inserção da espiga não ocorreu significância para as doses de 150 e 225 kg ha⁻¹ de N aplicados no verão em resposta às doses de N aplicadas no inverno (Figura 18A) e para a dose de 150 kg ha⁻¹ de N aplicado no inverno em resposta às doses de N aplicados no milho (Figura 18B).

Tal fenômeno pode ser explicado devido a grande quantidade de N residual em relação aos outros anos, pois este experimento possui seis anos de aplicações anuais de N. Assim, a ureia, por ser uma fonte nitrogenada amídica, gera amônio (NH⁴⁺), esta tende a acidificar o solo pelo processo de nitrificação, e lixiviar nitrogênio na forma de

nitrato, que possivelmente reduziu a absorção do N pela planta (ZANÃO JÚNIOR et al., 2009) e possa ter ocasionado a referida diminuição da altura.

Na altura de inserção das espigas de milho para a dose de 300 kg ha⁻¹ de N em resposta a interação N-TV x N-TI, notou-se resposta linear decrescente, em que a máxima altura de inserção de espiga de 150 cm foi obtida na ausência do fertilizante nitrogenado. Este fato possivelmente é atribuído à diferença na qualidade química do solo. Biscaro et al. (2013) encontraram o mesmo resultado de respostas lineares decrescentes, esta resposta ocorreu possivelmente devido a utilização do híbrido duplo em sua pesquisa.

A relação N-TI x N-TV (Figura 18B) à altura de inserção de espiga respondeu de forma quadrática para as doses 0, 75 e 225 kg ha⁻¹ N no inverno. Para as referidas doses a altura de inserção da planta atingiria 160, 148 e 146 cm se fossem adubados com 134, 194 e 199 kg ha⁻¹ de N no verão, respectivamente.



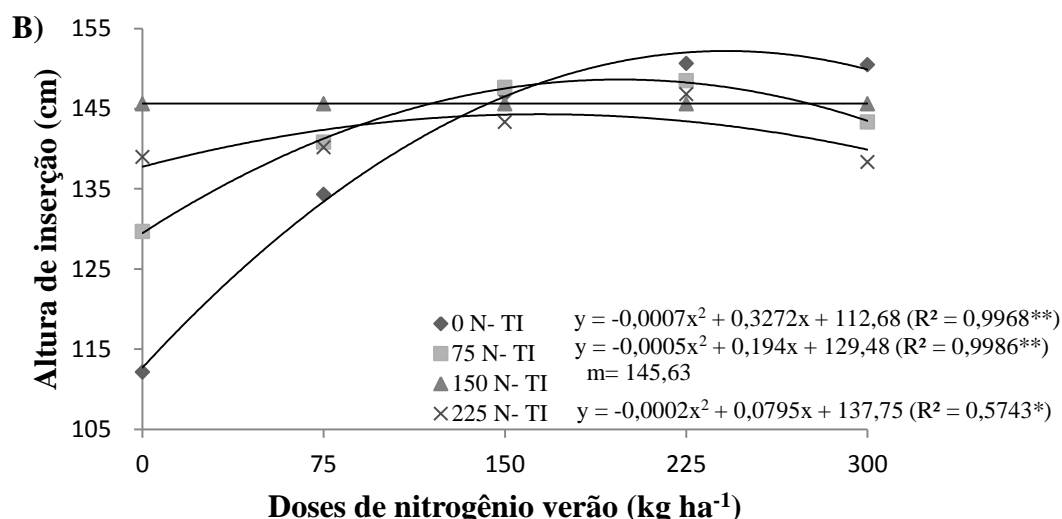


Figura 18. Altura de inserção da espiga (cm) para as doses de nitrogênio aplicadas: **A)** no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); **B)** na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015. ^{**} = significativo a 1%, ^{*} = significativo a 5%, m = média do tratamento.

Na Figura 19 é possível observar a relação N-TV x N-TI e N-TI x N-TV inerentes à altura de planta. Os dados apresentados evidenciam que não ocorreu efeito significativo referente à altura de planta para as doses de 150, 225 e 300 kg ha⁻¹ de N no verão (Figura 19A). Este fato, como já explanado, ocorreu possivelmente devido efeito residual que o N ao longo dos anos de experimento.

Ao comparar N-TI x N-TV (Figura 19B), pondera-se que todas as doses foram significantes e que a altura de planta foi influenciada de forma quadrática quando houve aplicação de N na cultura de verão. Aproximações do ponto máximo de altura de planta de 244, 241, 245 e 242 cm seriam alcançadas com a aplicação de 220, 184, 188 e 203 kg ha⁻¹ de N no inverno e para as doses de 0, 75, 150, 225 N-TV.

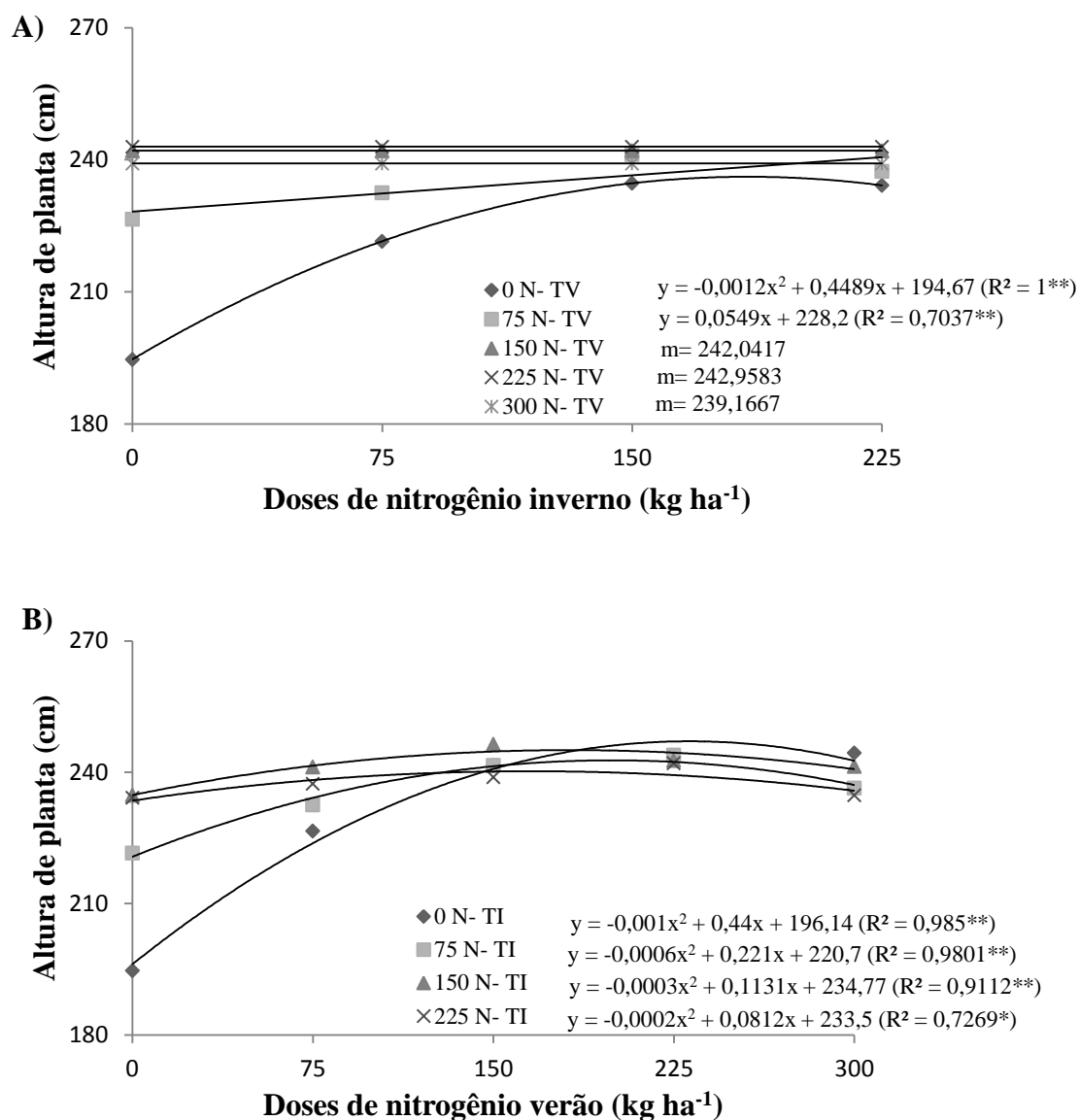


Figura 19. Altura de planta (cm) para as doses de nitrogênio aplicadas: **A)** no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); **B)** na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas no inverno (N-TI). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%, * = significativo a 5%

O aumento do crescimento das plantas de milho em resposta as doses crescentes de N é proporcionado pelo desenvolvimento mais expressivo da área foliar e sistema radicular. O N é constituinte de todos os aminoácidos e proteínas, aliado a isto o nitrogênio influencia diretamente na divisão e expansão celular e no processo fotossintético, que favorece o crescimento de planta e a altura de inserção da espiga (GAZOLA et al., 2014; BÜLL, 1993).

Basi et al., (2011) complementa que o nitrogênio está associado ao crescimento e desenvolvimento dos drens reprodutivos e também pelo fato do N fazer parte da

estrutura da molécula de clorofila, indispensável para a atividade fotossintética da planta.

O teor de grãos ardidos apresentou significância para doses de N no verão e apresentou também um coeficiente de variação elevado (46,72%), assim como o observado por Sandini et al. (2011) e Kaminski (2013). Esta variável apresentou respostas de significância quadrática, onde a máxima eficiência técnica na busca da menor porcentagem de grãos ardidos seria de 205 kg ha⁻¹ de N no verão, representando cerca de 5% de grãos ardidos (Figura 20).

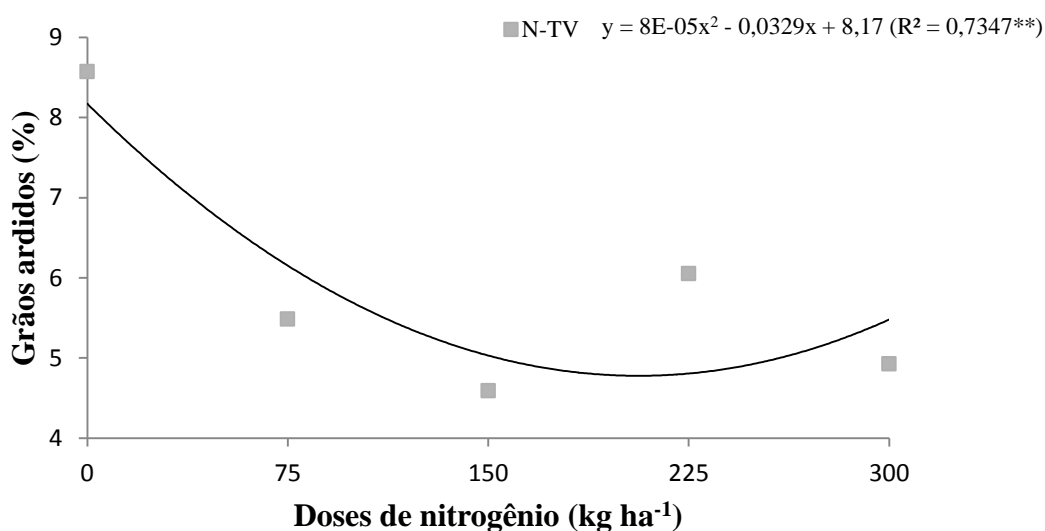


Figura 20. Grãos ardidos (%) em função às doses de nitrogênio (kg ha⁻¹) aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%.

A quantidade de nitrogênio foliar é um critério utilizado para determinar o quanto de N do solo é absorvido pela planta. Malavolta et al. (1997), descrevem que o teor ideal de nitrogênio de N foliar para a cultura do milho está entre 27,5 e 32,5 g kg⁻¹ de fitomassa seca.

O teor de nitrogênio foliar neste trabalho variou de 16,86 a 43,34 g kg⁻¹ de fitomassa seca (Figura 21). A proporção de nitrogênio encontrada na folha abaixo do apropriado foi referente à dose de 0 kg ha⁻¹ de N no inverno e no verão, para estas doses as plantas se mostraram como coloração mais pálida. Ademais, elas apresentaram indicativo visual de deficiência de nitrogênio, que foi afirmado pela análise de nitrogênio foliar.

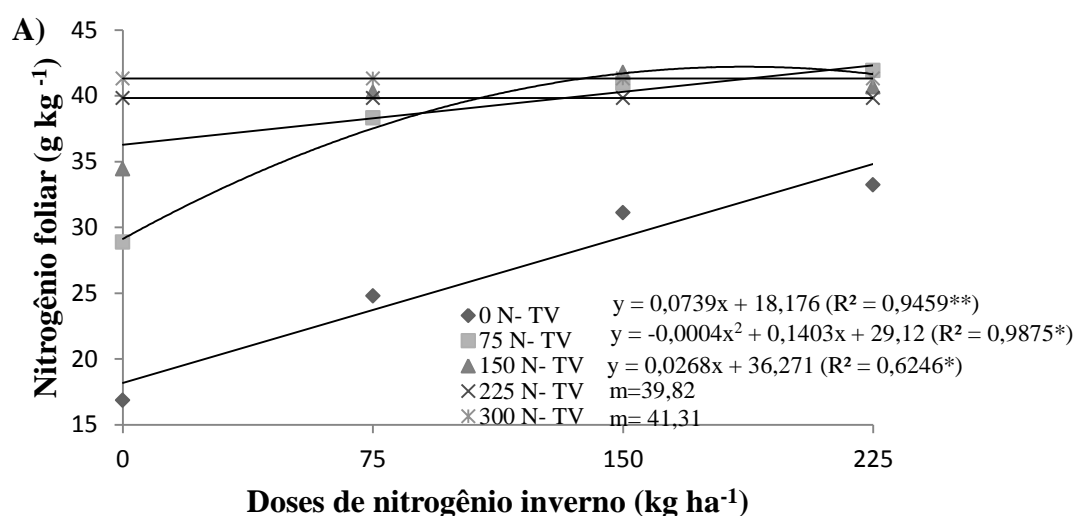
Além dos dados acima, foram encontradas quantidades superiores a 32,5 g kg⁻¹ de nitrogênio na folha. Isto decorre do consumo de luxo pela planta, destacando-se que

nem todo N que foi absorvido pela planta foi convertido em rendimento. A quantidade máxima de N foliar de 44,38 g kg⁻¹ na hipótese de adição de 75 kg ha⁻¹ de N no inverno e 245 kg ha⁻¹ de N no verão em relação ao N-TI x N-TV.

Em relação aos tratamentos que não receberam nitrogênio, observou-se um acréscimo aproximado de 50 e 15% de N para as doses 0 e 150 kg ha⁻¹ de N-TV através da máxima dose aplicada de N no inverno (Figura 21A).

Para a dose de 225 kg ha⁻¹ de N no inverno em relação às doses de N no verão, houve resposta linear indicando as crescentes doses de N aumentaram o teor deste nutriente na folha. Para as máximas doses de nitrogênio no inverno e verão (Figura 21B), houve cerca de 20% a mais N foliar em relação aos tratamentos que não receberam N.

Diante do exposto, diagnose foliar é uma ferramenta imprescindível para acompanhamento dos resultados de adubação e recomendação ou ajuste no plano de adubação, proporcionando aumento na eficiência dos fertilizantes nitrogenados e assim garantindo economia de adubo e aumento na produção.



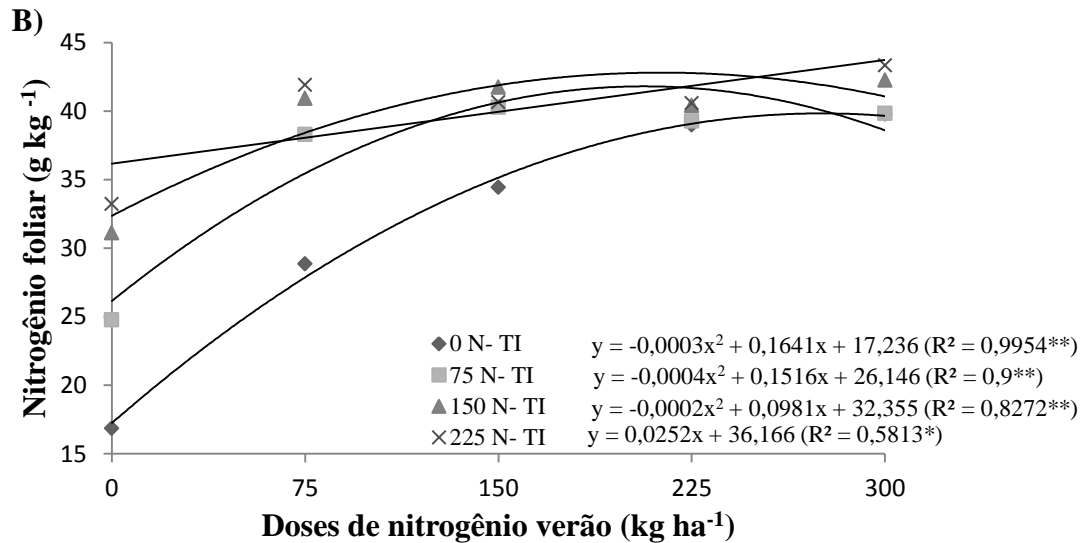


Figura 21. Nitrogênio foliar (g kg⁻¹) para as doses de nitrogênio aplicadas: **A)** no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); **B)** na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas na pastagem (N-TI). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%, * = significativo a 5%; m = média do tratamento.

A ilustração abaixo (Figura 22), evidencia o teor do nitrogênio foliar em relação às causas de variação N-TI e N-TV. Quando há aplicação de doses crescentes de nitrogênio na pastagem a tendência é que ele seja acumulado proporcionalmente na folha de milho. É observado que quando não há adubação nitrogenada no inverno e verão, o teor de N foliar na cultura do milho é encontrado em maior proporção para o nitrogênio aplicado no inverno, ou seja, na pastagem. Para doses entre 75 e 225 kg ha⁻¹ N maiores valores de nitrogênio são encontrados na folha do cereal quando ocorre aplicação de N no verão.

Os resultados foram justificados através da regressão linear para as doses de inverno e da regressão quadrática para as doses de verão. Na hipótese de adição à dose de 200 kg ha⁻¹ N de verão, haveria uma concentração máxima de nitrogênio na folha de 39,57 g kg⁻¹.

Conforme as doses de N aplicadas no inverno, às diferenças provocadas pelos tratamentos aumentaram. Tendo assim, ao aplicar 225 kg ha⁻¹ de N durante este período o teor de N aumenta cerca de 20% quando comparado ao tratamento em que não houve aplicação deste nutriente. Ainda, se houvesse mais uma dose de N feita no inverno, de 300 kg ha⁻¹, a tendência seria que maior quantidade de nitrogênio seria encontrado na folha.

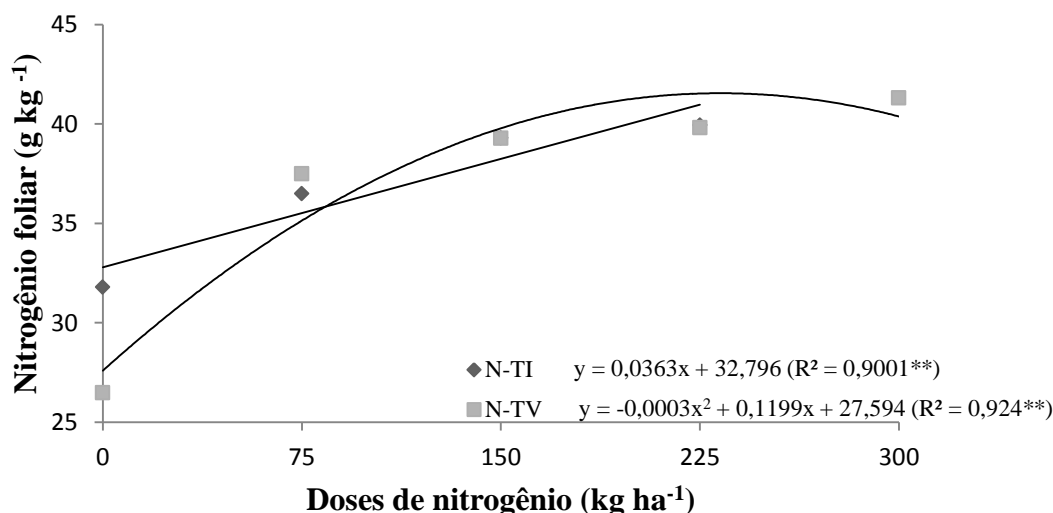


Figura 22. Nitrogênio foliar (g kg^{-1}) frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%.

O número e massa de grãos por espiga, influem no rendimento da cultura, fator que possivelmente está correlacionado com o maior aporte de nitrogênio na área foliar, o que propicia maior enchimento de grãos.

A quantidade de proteína no grão para N-TI e N-TV se expressa de forma quadrática para ambos os efeitos (Figura 23). Neste contexto, ao pressupor uma dose de 217 kg ha^{-1} adicionado somente na pastagem, é provável que a cultura do milho atingisse uma porcentagem máxima de proteína no grão de 9,46%. Entretanto, se apenas o milho fosse adubado com 293 kg ha^{-1} N-TV as possíveis doses de proteína no grão seriam de 9,43%. Entre os tratamentos N-TV e N-TI, o N-TI se destaca até a dose de 225 kg ha^{-1} , após este montante, é o tratamento N-TV é que atinge as maiores porcentagens de proteína.

Segundo Paes (2006), o grão de milho apresenta 72% de amido, 9,5% de proteína, 9% de fibra em detergente neutro e 4% de óleo. Crawford et al. (1982) descrevem que grande parte do nitrogênio contido na fração vegetativa da planta é translocado para o grão, e a maior parte deste N é armazenada na forma de proteína no grão.

Neste contexto, Martin et al. (2011) complementa que 70% do N contido na planta é drenado para o grão, e os 30% restantes se encontra na parte vegetativa. É notório que a adubação nitrogenada influencia no desenvolvimento da cultura, uma vez que interfere diretamente no teor de proteína no grão.

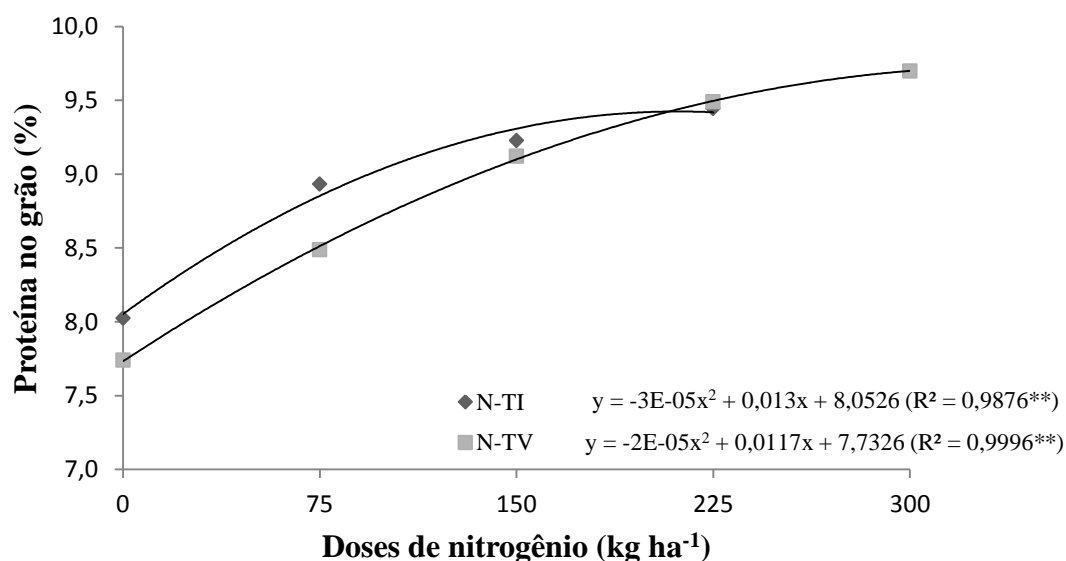


Figura 23. Proteína no grão (%) frente às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem (N-TI) e na cultura do milho (N-TV). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%.

As interações N-TV x N-TI e N-TI x N-TV são ilustradas na figura 24. Nota-se que ocorreram respostas quadráticas e lineares para estas interações (Figura 24A). Em relação à máxima quantidade de N adicionado no inverno, as doses de 0 e 300 kg ha⁻¹ N no verão acumularam teores de proteína cerca de 28 e 13% maiores que os tratamentos que não tiveram fertilização nitrogenada. Janssen (2009) argumenta que a quantidade de nitrogênio aplicado sob cobertura eleva o teor de proteína planta.

Para a interação N-TI x N-TV (apresentada na Figura 24B), as doses de 75 e 150 kg ha⁻¹ N no inverno foram significativa com equação de regressão quadrática. A máxima eficiência técnica para as referidas doses em absorver nitrogênio, e assim transformar em proteína, seria alcançada se fosse adicionada 265 e 255 kg ha⁻¹ N no verão. Nesta hipótese, cerca de 9,6% de proteína no grão seria alocada para ambas as doses de inverno.

Colaborando com o que já foi demonstrado no presente estudo, Pavinato et al. (2008), afirmam que o N é de extrema importância para o aumento de proteína e produtividade de grãos. Esse nutriente fomenta o ganho de peso na espiga e a porcentagem de óleo no grão.

Outrossim, conforme Fancelli e Dourados Neto (2008), o efeito do nitrogênio na planta não é refletido somente no incremento da proteína, mas também na fração

vegetativa, envolvendo atividades da fotossíntese, da clorofila, aminoácido, DNA, citocromo e atividades de todas as enzimas e coenzimas.

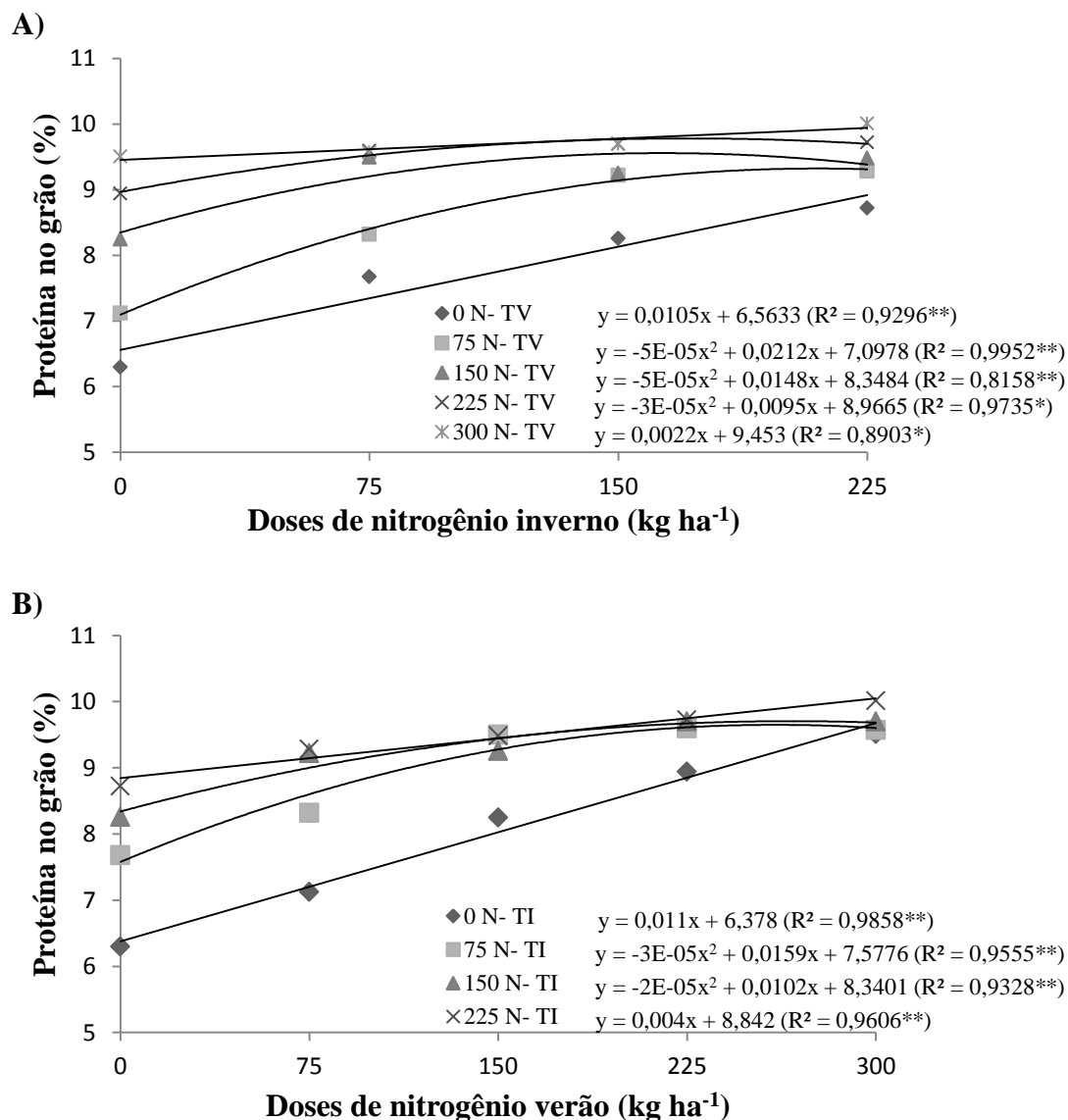


Figura 24. Proteína no grão (%) para as doses de nitrogênio aplicadas: **A)** no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); **B)** na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas na pastagem (N-TI). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%, * = significativo a 5%; m = média do tratamento.

A Figura 25 mostra a relação entre proteína no grão de milho e as doses de N adicionadas no verão, com e sem pastejo. O tratamento com pastejo respondeu linearmente em relação à proteína no grão para as doses de verão e ao acúmulo de proteína no grão.

O referido acúmulo, se comparado aos tratamentos que não receberam nitrogênio, está aproximadamente 17% acima com a maior dose de nitrogênio

adicionada no verão. Estimativas dos teores máximos de proteína (10%) em áreas pastejadas seriam encontrados se fosse adicionado 375 kg ha⁻¹ de N no verão.

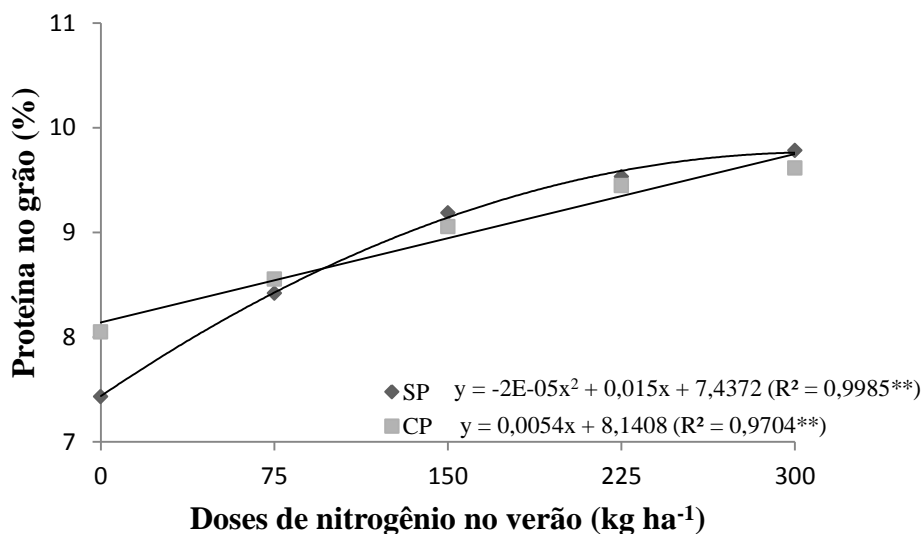


Figura 25. Proteína no grão (%) na presença (CP) e ausência (SP) de pastejo frente às doses de N aplicadas no verão (N-TV). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%.

É possível perceber que a quantidade de cálcio (Ca) foliar diante da interação N-TV x N-TI (Figura 26A), apresentou significância com resposta linear para as doses de 0, 75, 150 e 225 kg ha⁻¹ de N aplicado no verão. Observa-se que, para as doses 0 e 75 de N-TV, também houve elevação da concentração de Ca na folha. O aumento do teor de Ca nas folhas foi 35 e 17% maior para as doses 0 e 75 kg ha⁻¹ de N no verão em relação as máximas doses de N aplicadas no inverno.

Respostas lineares decrescentes foram encontradas para a dosagem de 150 e 225 kg ha⁻¹ de N no verão em relação às doses de N no inverno. A explicação reside no fato das plantas terem crescido mais e absorvido quantidades inferiores de Ca. Apesar disso, os níveis mais baixos de Ca não comprometeram o desenvolvimento da cultura. Já para 300 kg ha⁻¹ de N aplicado no verão não foi constatada resposta significativa.

Para a interação N-TI x N-TV (Figura 25B), somente foram observadas respostas positivas com função quadrática para a nenhuma dose de nitrogênio no tratamento de inverno. Coelho e França (1995) enunciam que a extração de alguns nutrientes, ao que se inclui o cálcio, aumenta linearmente com o incremento de produção. Deste modo, maior demanda de nutrientes para a cultura do milho refere-se ao nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo respectivamente. Estes autores

afirmam ainda que as folhas devem ter um teor de cálcio entre 0,23 e 0,40% o que converge com as concentrações analisadas.

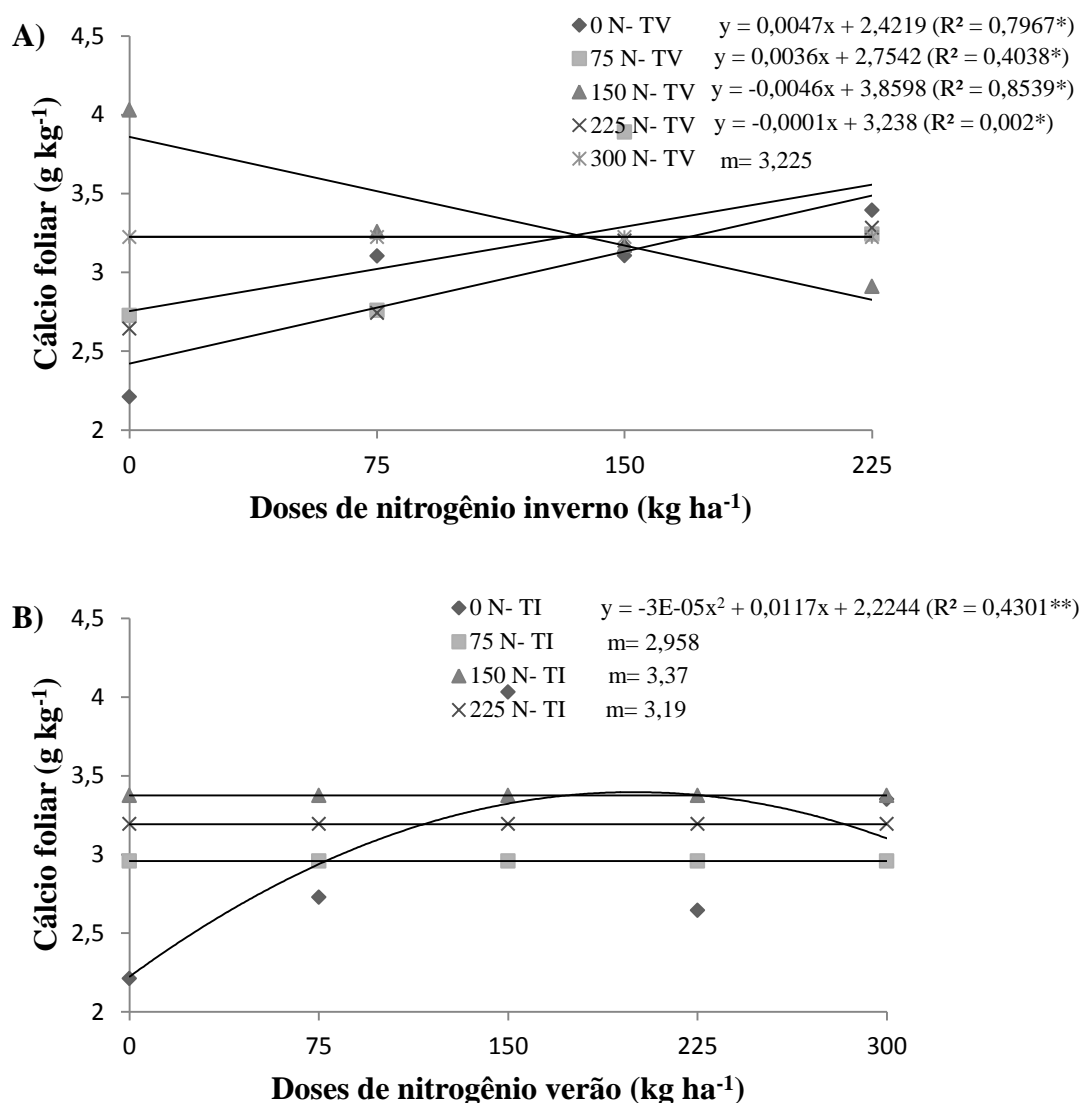


Figura 26. Cálcio foliar (g kg^{-1}) para as doses de nitrogênio aplicadas: **A)** no inverno (N-TI) em relação às doses aplicadas na cultura de verão (N-TV); **B)** na cultura de verão (N-TV) em relação às doses aplicadas na pastagem (N-TI). Guarapuava, 2015. ** = significativo a 1%, * = significativo a 5%; m = média do tratamento.

A carência de Mg na planta pode comprometer o crescimento e a produtividade da cultura do milho. Coelho e França (1995) descrevem que o teor adequado de magnésio foliar para este cereal varia de 1,5 a 4,0 g kg^{-1} . O Mg foliar respondeu significativamente para as crescentes doses de N aplicadas no inverno, sendo expressada pela curva de regressão quadrática (Figura 27).

Ressalte-se que os teores de Mg foliar encontrados no experimento estão entre a faixa de proporção adequada pela cultura (0,28 a 0,32 %). Através da dose de 142 kg ha⁻¹ N no inverno a quantidade de Mg chegaria ao seu máximo valor de 3,5 g kg⁻¹.

Cakmak e Yazici (2010) descrevem que muitas das atividades metabólicas da planta são controladas pelo magnésio - que inclui a fotofosforilação, a fixação fotossintética do dióxido de carbono, ativação enzimática, síntese protéica, formação de clorofila entre outras. É através do magnésio que as plantas transformam luz e carboidratos, a falta deste nutriente na planta pode comprometer o crescimento e a produtividade da cultura.

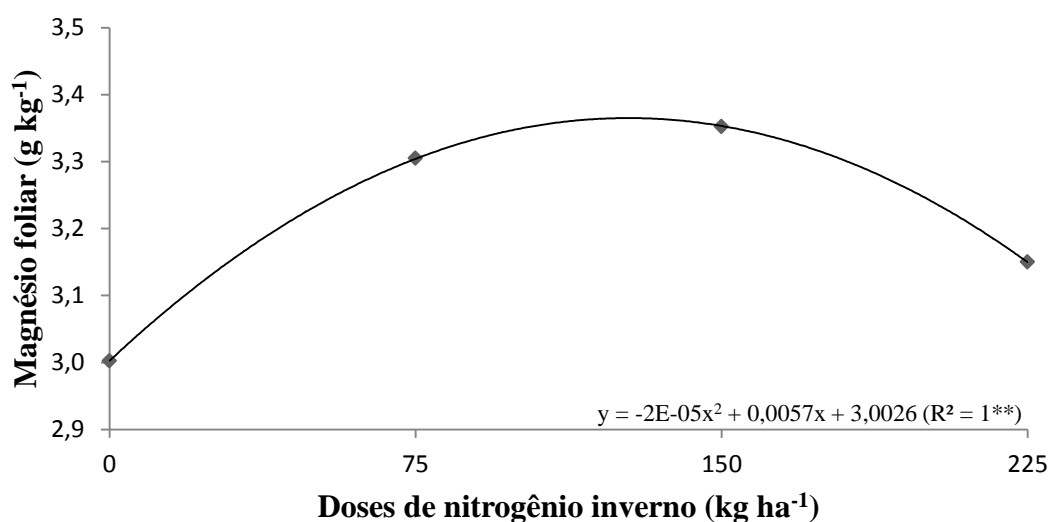


Figura 27. Média dos teores de magnésio foliar (g kg⁻¹) em função às doses de nitrogênio (kg ha⁻¹) aplicadas na cultura de inverno (N-TI). Guarapuava, 2015. ***= significativo a 1%.

Tanto para o micronutriente ferro (Fe) (Figura 28) como para o manganês (Mn) (Figura 29), a resposta foi positiva representada através da equação linear. Verificou-se que, com o aumento progressivo das doses de nitrogênio, os teores desses micronutrientes na folha também subiram.

Segundo Favarin et al. (2008), a maior demanda de Mn e Fe pela planta está associada ao intensificamento da produção de raiz, ocorrida através da adição do N. Tal fenômeno colabora para acidificação da rizosfera através dos processos de nitrificação ou absorção de amônio. Estes autores afirmam ainda que, com o aumento da decomposição da matéria orgânica, a planta pode liberar compostos orgânicos (como ácido húmico e flúvico), complexando micronutrientes como o Fe o Mn, e os tornar mais prontamente disponíveis para a planta.

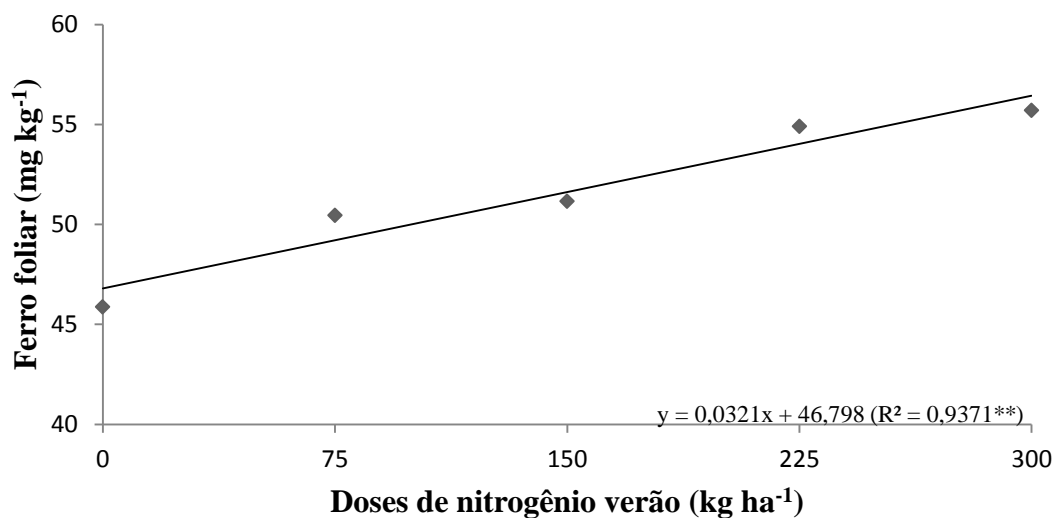


Figura 28. Média dos teores de ferro foliar (mg kg^{-1}) em função às doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015. **= significativo a 1%.

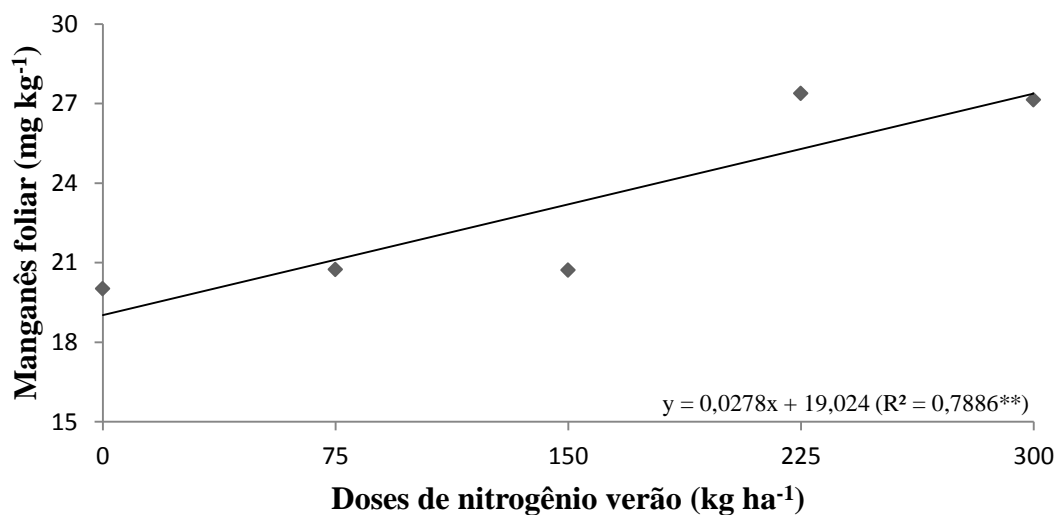


Figura 29. Média dos teores de manganês foliar (mg kg^{-1}) em função às doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) aplicadas na cultura de verão (N-TV). Guarapuava, 2015. **= significativo a 1%.

6. CONCLUSÕES

O rendimento de grãos não foi influenciado pelo pastejo dos animais. Desta forma, a entrada dos animais colabora para aumentar o uso da terra e a lucratividade do sistema.

O rendimento de grãos é influenciado pela adubação nitrogenada realizada na pastagem, caracterizando efeito residual do nitrogênio.

A adubação consorciada de N entre a pastagem e a cultura do milho promove alteração nos teores de proteína no grão. O aumento de proteína no grão vai depender da dose e da época em que for aplicada a ureia.

Os teores de nitrogênio na folha do milho são maiores quando há maior adição deste nutriente no sistema, entretanto, para doses de nitrogênio elevadas no verão (225 e 300 kg ha⁻¹ N) não se verificou efeito residual do nitrogênio aplicado no inverno. Ferro e manganês aumentaram as concentrações para N-TV. Magnésio também aumentou as concentrações para N-TI e cálcio responde a adubação nitrogenada para ambas as épocas de aplicação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. A cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Informe agropecuário sobre milho**. EMBRAPA, 2004.
- ALVES, S. J.; TORMENA, C. A.; RICCE, W. S.; ALVES, R. M. L. Integração lavoura-pecuária intensiva: fatores de sucesso. In: Diversidades e Inovações na Cadeia Produtiva de Milho e Sorgo na Era dos Transgênicos. **Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, Campinas, 2012.
- AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; ZOLDAN, S. M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 36, n. 10, p. 1213-1219, 2001.
- ANDREOLLA, V. R. M. Integração lavoura-pecuária: atributos físicos do solo e produtividade das culturas do feijão e milho. **Tese (Doutorado em Agronomia)** Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, PR. 139p. 2010.
- ANJOS, J. L. dos; ANDRADE, L. N. T. Produção de Húmus de Minhoca com Resíduos Orgânicos Domiciliares. EMBRAPA. **doc.126**. ISSN 1678-1953. Março. 2008.
- AOAC-Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. Washington, D.C.: AOAC, 1995.
- ARATANI, R. G.;FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 33, n. 3, p. 677-687, Junho 2009 .
- ARAUJO, A.R.; CARVALHO, L.N.; GUILHERME, L.R.G.; CURI, N.; MARQUES, J. Movimentação de nitrato e Amônio em colunas de solo. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.28, n.3, p. 537-541, 2004.
- ARNON, D. I. & STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant physiol*, Washington, 14 : 371-375, 1939.
- ARTUR, A. G.; GARCEZ, T. B.; MONTEIRO, F. A. Water use efficiency of marandu palisadegrass as affected by nitrogen and sulphur rates. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza , v. 45, n. 1, p. 10-17, Mar. 2014 .
- ASSMANN, A. L. ; PELISSARI, A. ; MORAES, A. de et al. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira Zootecnia** v. 33, n. 1, p. 37-44, 2004.
- ASSMANN, M.J.; BRAIDA, A.J.; CASSOL, C.L; MAGIERO, C.E.; MANTELI, C.; GRIZ, E.; Produ- ção de matéria seca de forragem e acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno tratada com esterco líquido de suínos. *Ciência Rural*, v.39, n.8, p.2408-2416, 2009.
- ASSMANN, T. S.; RONZELLI JÚNIOS, P.; 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, n.4, p.675-683, 2003.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A de; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. S dos; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília , v. 46, n. 10, Oct. 2011.
- BALBINOT JUNIOR, A. A. Uso do solo no inverno: propriedades do solo, incidência de plantas daninhas e desempenho da cultura de milho. Tese (Doutorado em

Agronomia) Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, PR. p 160. 2007.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; et al . Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Cienc. Rural**, Santa Maria , v. 39, n. 6, Sept. 2009.

BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. Adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com ureia fertilizante em plantio direto: um ótimo negócio. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, n. 93, p. 1-5, 2001.

Basi, S.; Neumann, M. Marafon, F.; Ueno, R. K.; Sandini, I. E. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, p.219-234, 2011.

BATLLE-BAYER, L.;; BATJES, N.H.;; BINDRABAN, P.S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.137, p.47-58, 2010.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & CERETTA, C.A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil Till. Res.*, 53:95-104, 2000a.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L. & FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil Till. Res.*, 54:101-109, 2000b.

BISCARO, G. A.; JUNIOR, N. A.de F.; SORATTO, R. P.; KIKUTI, H.; JUNIOR, S. A. R. G.; AGUIRRE, M. A. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar no feijoeiro irrigado cultivado em solo de cerrado. **Acta Sci., Agron. (Online)**, Maringá , v. 33, n. 4, p. 665-670, Dec. 2011.

BISCARO, G. A.; PRADO E. A. F. do; MOTOMIYA A. V. de A.; ROBAINA, A. D. Efeito de diferentes níveis de adubação foliar com NPK mais micronutrientes na produtividade do milho safrinha na Região de Dourados/MS. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2169-2178, set./out. 2013.

BONA FILHO, A.; PELISSARI, A. Integração lavoura-pecuária com a cultura do feijoeiro e pastagem de inverno, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. *Scientia Agraria*, v.4, n.1-2, p.81-96, 2003.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1101-1106, 2001.

BORTOLINI, P.C.; SANDINI, I.; CARVALHO, P.C.F. et al. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.45-50, 2004.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Cienc. Rural**, Santa Maria , v. 30, n. 2, p. 365-372, Apr. 2000.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H. (ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 301 p. 1983.

CAETANO, J. O. BENITES, V. de M.; SILVA, G. P.; SILVA, I. R. da.; ASSIS, R. L. de; FILHO, A. C. Dinâmica da matéria orgânica de um neossolo quartzarênico de cerrado convertido para cultivo em sucessão de soja e milheto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 37, n. 5, p. 1245-1255, Outubro. 2013.

CAKMAK, I; YAZICI, A. M. Magnesium: a forgotten element in crop production. **Better Crops**. v. 94, n 2, p. 23-25, 2010.

CAMPOS, B. C. de; AMADO, T. J. C.; TORNQUIST, C. G.; NICOLOSO, R. da S.; FIORIN, J. E. Long-term C-CO₂ emissions and carbon crop residue mineralization in an oxisol under different tillage and crop rotation systems. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 819-832, June 2011.

CARDOSO, E. G.; Sá, J. C. de M.; BRIEDIS, C.; FERREIRA, A. de O.; BORSZOWSKI, P. R.; SANTOS, J. B.; MASSINHAM, A.; FERREIRA, C. F.; JÚNIOR, D. S.; BARANEK, E. J. Nitrogen dynamics in soil management systems: II - mineralization and nitrification rates. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1651-1660, Oct. 2011.

CARVALHO, A.M.; COELHO, M.C.; DANTAS, R.A.; FONSECA, O.P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. & FIGUEIREDO, C.C. Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. *Crop Past. Sci.*, 63:1075-1081, 2012.

CARVALHO, A.M.; SOUZA, L.L.P.; JÚNIOR, R.G.; ALVES, P.C.A.C. & VIVALDI, L.J. Cover plants that present potential use in integrated systems in the Cerrado region. *Pesq. Agropec. Bras.*, 36:1200-1205, 2011.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, L.M.N.; MELLO, C.R. de; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.277-289, 2010a.

CARVALHO, P. C. de F.; ANGUINONI, I.; MORAES, A. de; SOUZA, E. D. de; SULC, R.M.; LANG, C.R.; FLORES, J. P. C.; LOPES, M. L. T.; SILVA, J. L. S. da; CONTE, O.; WESP, C. de L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R.S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p.259-273, 2010.

CARVALHO, P. C. de F.; et al. O estado da arte em integração lavoura-pecuária. In: Gottschall, C. S.; Silva, J. L. S. da; Rodrigues, N. C. (Org.). *Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia*. Canoas-RS, p. 7-44. 2005.

CHÁVEZ, L. F.; ESCOBAR, F. L.; ANGHINONI, I. CARVALHO, P. C. de F., MEURER, E. J. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1254-1261, Oct. 2011.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. 2 ed. aum. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 71, p. 1-9, set. 1995. Arquivo do Agrônomo, Piracicaba, n. 2, set. 1995. Encarte.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de F.; LEVIEN R.; WESP, C. de L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1301-1309, Oct. 2011.

COSTA, O. A. D.; FLUCK, A. C.; MOREIRA, S. M.; FARIA, G. D.; FERREIRA, O. G. L. Importância do azevém anual (*lolium multiflorum lam.*) Em sistema de integração lavoura-pecuária. In. III Simpósio de sustentabilidade & Ciência Ambiental. 2013, Pirassurunga –SP. **Anais**. Pirassurunga – USP, 2013. CD-ROOM.

CRAWFORD, T.W.; RENDIG, V.V.; BROADBENT, F.E. Sources, fluxes and sinks of nitrogen during early reproductive growth of maize (*Zea mays L.*). **Plant Physiology**, v.70, p.1654-1660, 1982.

Cruz, S. C. S.; Pereira, F. R. da S.; Santos, J. R.; Albuquerque, A. W. de; Pereira, R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.62-68, 2008.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na

produção orgânica de feijão e milho: I - Atributos físicos do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:589-602, 2011.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: I - Atributos físicos do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:589-602, 2011.

DECHEN AR; NACHTIGALL GR. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS RF; ALVAREZ VVH; BARROS NF; FONTES RLF; CANTARUTTI RB; NEVES JCL (eds). *Fertilidade do Solo*. Viçosa: SBCS/UFV. p. 92-132. 2007.

DYNIA, J.F.; SOUZA, M.D. de.; BOEIRA, R.C.. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.855-862, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mapa de solos do estado do Paraná. Rio de Janeiro, 2008.

FANCELLI, A. L.; D. DOURADO NETO. Produção de milho. Guaíba: 2.ed., Agropecuária. 360p. 2008..

FAVARIN, J.L.; TEZOTTO, T.; RAGASSI, C.F. Uso racional de micronutrientes na cultura do milho (*Zea mays* L.). In: Milho: nutrição e adubação, FANCELLI, A.L. (Ed.), Piracicaba: ESALQ/USP/LPV. p. 112-141. 2008.

FERNANDES, F. C. S.; BUZZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. da C.. Dose, eficiência e uso de Nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p. 195-204, 2005.

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

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

FIDELIS, R. R.; RODRIGUES, A. M.; SILVA, G. F.; BARROS, H. B.; PINTO, L. C.; AGUIAR, R. W. S. Eficiência do uso de nitrogênio em genótipos de arroz de terras altas. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 124-128, Mar. 2012 .

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 279-287, Mar. 2005.

FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. et al. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.35, n.11, p.2129-2137, 2000.

FONTOURA, S.M.V. Adubação nitrogenada na cultura do milho em Entre Rios, Guarapuava, Paraná. **Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária**. Guarapuava, PR 94p. 2005.

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; WRUCK, F.J.; SKORUPA, L.A.; WINK, N.N.; GUISSOLPHI, I.J.; CAUMO, A.L.; HATORI, T. Integração lavoura-pecuária: alternativa para diversificação e redução do impacto ambiental do sistema produtivo no Vale do Rio Xingu. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 20p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 77).

GALHARTE, C. A.; CRESTANA, S. Avaliação do impacto ambiental da integração lavoura-pecuária: aspecto conservação ambiental no cerrado. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1202-1209, Nov. 2010.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R. R.; FONSECA, I. C. B. de. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Rev.**

Bras. de Eng. Agríc. e Ambient. Campin Grande, PB. UAEA/UFMG. v. 16, n. 7, p. 700-707, 2014.

GODOY, J. C. S. D.; WATANABE, S. H.; FIORI, C. C. L.; GUARIDO, R. C. Produtividade de milho em resposta a doses de nitrogênio com e se inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. **Campo Digital**, Campo Mourão, v. 6, 2011.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; VILELA, R. G.. Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zea mays* L.) em sistema plantio direto na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p. 169-177, 2012.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. (orgs.). Geomorfologia - exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3ª edição, p. 139-155. 2009.

GUTH, T. L. F. Perspectiva agropecuária. EMBRAPA. Brasília, v.1, p. 1-154, set. 2013.

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A.; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p. 71-79, 2005.

IAPAR . Instituto Agrônomo do Paraná. Cartas Climáticas do Paraná. Versão 1.0. 2000. (formato digital) 1 CD.

JADOSKI, S. O.; SAITO, L. R.; PRADO, C.; LOPES, E. C.; SALES, L. L. S. R. Características da lixiviação de nitrato em áreas de agricultura intensiva. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.3, n.1, 2010.

JANSSEN, H.P. **Adubação nitrogenada para rendimento de milho silagem em sucessão ao azevém pastejado, pré-secado e cobertura em sistemas integrados de produção**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, UFPR, 2009. 91f.

KAMINSKI, T. H. **Efeito residual do nitrogênio aplicado no inverno para cultura do milho em um sistema de integração lavoura pecuária**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Guarapuava, Universidade Estadual do Centro Oeste, 2013. 72p.

Köppen, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica. México. 479p. 1948.

LA SCALA JUNIOR, N.; DE FIGUEIREDO, EB.; PANOSSO, AR. A review on soil carbon accumulation due to the management change of major Brazilian agricultural activities. **Braz. J. Biol.**, São Carlos , v. 72, n. 3, supl. p. 775-785, Aug. 2012.

LANGE, Anderson; CABEZAS, Waldo Alejandro Ruben Lara; TRIVELIN, Paulo César Ocheuze. Sulfato de amônio e uréia em cobertura no milho em semeadura direta no Cerrado. **Rev. Ceres**, Viçosa , v. 57, n. 6, p. 817-824, Dec. 2010.

LOPES, M. L. T.; CARVALHO, P.C. de F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D. T.; AGUINAGA, A. A. Q.; FLORES, J. P. C.; MORAES, A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, 39:1499-1506. 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; DOS ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.

LUSTOSA, S.B.C. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema de plantio direto**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1998.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MAI, M. E. M.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 125-131, Jan. 2003.

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

Mantovani, J. R.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P.; Barbosa, J. C. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.817-824, 2005.

MARTHA JR, G. B. Agricultura brasileira: algumas oportunidades e desafios para o futuro. **In: 6º Fórum Nacional do Milho. Não-Me-Toque, RS. março de 2014.**

MARTIN, T.N.; PAVINATO, P.S.; SILVA, M.R.; ORTIZ, S.; BERTONCELI. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. **In: Anais do IV In: Anais do Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, Maringá. 2011. p.319. p.173-219.**

MATOS, A.T de. Disposição de Águas Residuárias no Solo. **Caderno Didático 38. Engenharia na Agricultura. 142p. 2007.**

MENEGATTI, D. P.; ROCHA, G. P.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de três gramíneas do gênero *Cynodon*. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 26, n. 3, p. 633-642, 2002.

MONTEIRO, F. A.; WERNER, J.C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. **In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14. Piracicaba, 1997. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1997. P.55-84.**

MORAES, A. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária no Sub-trópico da América do Sul: Exemplos do Sul do Brasil. **In: Simpósio internacional em integração lavoura-pecuária, 2007, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR, 2007. CD-ROM.**

MOTT, G. E.; LUCAS, H. L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. **Proceedings International Grassland Congress**, p.1380, 1952.

OHLAND, R.A.A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.538-544, 2005.

PAES, M.C.D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. 6p. (Circular Técnica, 75).

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v.38, p.358-364, 2008.

PEIXOTO, C. de M. O milho no Brasil, sua importância e evolução. 2014 Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/Media-Center/Pages/Detalhe-do-Artigo.aspx?p=165&t=O+milho+no+Brasil%2c+sua+import%u00e2ncia+e+evolu%u00e7%u00e3o> < Acesso em: 06/03/2015.

PEREIRA, J. M.; MUNIZ, J. A.; SÁFADI, T. SILVA, C. A. Comparação entre modelos para predição do nitrogênio mineralizado: uma abordagem bayesiana. **Ciênc. agropec.**, Lavras, v. 33, n. spe, p. 1792-1797, 2009.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 508-514, Maio. 2010.

PORTILHO, I. I. R.; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R. F. da; SALTON, J. C.; FÁBIO MARTINS MERCANTE, F. M.L. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1310-1320, Oct. 2011.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G.. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 83-90, Mar. 2001.

QUEIROZ, A. M. de; SOUZA, C. H. E. de; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A de A.. Avaliação de diferentes fontes e doses de Nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea Mays L.*). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.3, p. 257-266, 2011.

ROBERTO, V. M. O.; SILVA, C. D.; LOBATO, P. N. Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18., 2010. Goiânia. **Resumos...** Goiânia: ABMS, 2010.

ROLIM, G.S. et al. Planilhas no ambiente EXCEL TM para cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.133-137. 1998.

SÁ, J. C. de M.; FERREIRA, A. de O.; BRIEDIS, C. VIERIA, A. M.; FIGUEIREDO, A. G. de. Extração de nutrientes e produtividade de genótipos de milho afetados por níveis de palha. **Acta Sci., Agron. (Online)**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 715-722, Dec. 2011.

SÁ, J. C. M. Manejo de nitrogênio na cultura do milho no sistema de plantio direto. Passo Fundo: Aldeia Norte, p. 24. 1996.

SALTON, J. C. MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO M. C. M.; BROCH D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, Outubro. 2011.

SAMPAIO, T. F.; FERNANDES, D. M.; GUERRINI, I. A.; BOGIANI, J. C.; BACKES, C. Comparação entre métodos para determinação de carbono orgânico em amostras de solo mensuradas por volume ou massa. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 517-523, Abril. 2012.

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. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.8, p.1315-1322, 2011.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; JUIEIRA, J.; PICOLI JR., G. J.; CLÓVIS ARRUDA SOUZA, C. A.; CASA, R. C.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W., BONIATTI, C. B.; MACHADO, B. C.; HORN, D. Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p. 268-277, 2012.

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A.. Adubação nitrogenada na aveia preta. I - Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1075-1083, Dec. 2003.

SANTOS, H. P dos; FONTANELI, R. S.; CAIERÃO, E.; SPERA, S. T.; e Leandro Vargas. Desempenho agrônômico de trigo cultivado para grãos e duplo propósito em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.46, n.10, p.1206-1213, out. 2011.

SANTOS, N. S.; ALVES, J. A. A.; UCHÔA, S. C. P.; OLIVEIRA, N. T. de; ALBUQUERQUE, J. de A. A. de. Absorption of macronutrients by cassava in different harvest dates and dosages of nitrogen. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza , v. 45, n. 4, p. 633-640, Dec. 2014.

SICHOCKI, D.; GOTT, R.M.; FUGA, C.A.G.; AQUINO, L.A.; RUAS, R.A.A.; NUNES, P.H.P.M. Resposta do milho safrinha à doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.1, 2014.

SILVA, A.A. et al. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v.37, n.4, jul-ago, 2007.

SILVA, D.A.; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, L. C. S. de; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.1, p.75-88, 2006.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.353-362, 2005.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.353-362, 2005.

SILVA, E.F.; LOURENTE, E.P.R.; MARCHETTI, M.E.; MERCANTE, F.M.; FERREIRA, A.K.T.; FUJII, G.C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, p.1321-1331, 2011.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, H. Al. da; MORARES, A. de; CARVALHO, P. C. de F.; FONSECA, A. F. da; DIAS, C. T. dos S. Maize and soybeans production in integrated system under no-tillage with different pasture combinations and animal categories. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza , v. 43, n. 4, p. 757-765, Dec. 2012.

SILVA, H.A. da; MORAES, A. de; CARVALHO, P.C. de F.; DA FONSECA, A.F.; DIAS, T.S. Maize and soybeans production in integrated system under no-tillage with different pasture combinations and animal categories. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.757-765, 2012.

SILVA, P. S. L. e; OLIVEIRA, F. H. T. de; SILVA, P. I. B. e. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Hortic. Bras.**, Brasília , v. 21, n. 3, p. 452-455, Sept. 2003 .

SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A.. Macronutrientes em folhas diagnósticas do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa , v. 39, n. 4, p. 736-745, Apr. 2010.

SILVEIRA, P. M.; SILVA, J. H. da; JUNIOR, M. L.; CUNHA P. C. R. da. Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema integração lavoura-pecuária. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília , v. 46, n. 10, p. 1170-1175, Oct. 2011.

SOUSA, R. S.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P. de; SILVA, F. F. da; MAGALHÃES, A. F.; VELOSO, C. V. Composição química de capim-tanzânia adubado com nitrogênio e fósforo. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa , v. 39, n. 6, p. 1200-1205, June 2010.

SOUZA, E. D. de; COSTA, S. E. V. G. de A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO P. C. de F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 33, n. 6, p. 1829-1836, Dezembro. 2009.

SOUZA, J. A. de; BUZETTI, S.; TARSITANO, M. A. A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Rev. Ceres**, Viçosa , v. 59, n. 3, p. 321-329, June 2012.

SOUZA, J. A., BUZETTI, S., TEIXEIRA FILHO, M. C. M., ANDREOTTI, M., SÁ, M. A. D., ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, 2011.

SPERA, S.T., SANTOS, H.P., FONTANELI, R.S., TOMM, G.O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.129-136, 2009.

THORNTHWAITE, C.W. & MATEHR, J.R. The water balance. **Publications in Climatology**, New Jersey, Drexel Inst. of Technology, 104p. 1955.

TIRLONI, C.; VITORINO, A. C. T.; BERGAMIN, A. C.; SOUZA, L. C. F de. Physical properties and particle-size fractions of soil organic matter in crop-livestock integration. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 36, n. 4, p. 1299-1310, Aug. 2012.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VEIGA, M.; DURIGON, L. PANDOLFO, C. M.; JUNIOR, A. A. B. Atributos de solo e de plantas afetados pelo manejo da pastagem anual de inverno em sistema de integração lavoura-pecuária. **Cienc. Rural**, Santa Maria , v. 42, n. 3, p. 444-450, Mar. 2012.

VILELA, L; et al . Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesq. agropec. bras.** Brasília , v. 46, n. 10, p. 1127-1138, Oct. 2011.

VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA J. L. de A. R.; REIS, M. C. dos. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8, n.2, p. 157-173, 2009.

WEIRICH NETO, P. H.; JUSTINO, A.; ANTUNES, R. K.; FORNARI, A. J.; GARCIA, L. C. Semeadura do milho em sistema de plantio direto sem e com manejo mecânico da matéria seca. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal , v. 32, n. 4, p. 794-801, Aug. 2012.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; COELHO, P. H. M.; FONTES, R. L. F.; ÁVILA, V. T.; KAWAMURA, I. K. Severidade da mancha-marrom em trigo cultivado com diferentes formas de nitrogênio e doses de manganês. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1199-1206, 2009.