



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CULTURAS DE COBERTURA, DOSES DE NITROGÊNIO E
REAPLICAÇÃO DE CALCÁRIO EM SISTEMA PLANTIO
DIRETO: CULTURA DA SOJA**

LEANDRO REBUÁ RODRIGUES
Engenheiro Agrônomo

ILHA SOLTEIRA - SP
Fevereiro 2012



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CULTURAS DE COBERTURA, RESIDUAL DE NITROGÊNIO
E REAPLICAÇÃO DE CALCÁRIO EM SISTEMA PLANTIO
DIRETO: CULTURA DA SOJA**

LEANDRO REBUÁ RODRIGUES

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha
Solteira, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia.
Especialidade: Sistemas de Produção

ILHA SOLTEIRA
Fevereiro 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

R696c

Rodrigues, Leandro Rebuá.

Culturas de cobertura, residual de nitrogênio e reaplicação de calcário em sistema plantio direto: cultura da soja / Leandro Rebuá Rodrigues. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2012
99 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2012

Orientador: Edson Lazarini

Inclui bibliografia

1. Soja - Cultivo. 2. Milheto. 3. Crotolaria. 4. Calagem dos solos. 5. Fertilidade do solo.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

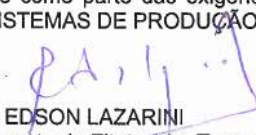
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Culturas de cobertura, residual de nitrogênio e reaplicação de calcário em sistema plantio
direto: cultura da soja

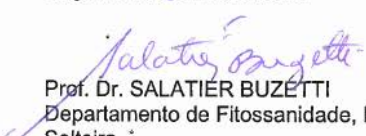
AUTOR: LEANDRO REBUÁ RODRIGUES

ORIENTADOR: Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha
Solteira


Prof. Dr. HELDER BARBOSA PAULINO

Campus Avançado de Jataí / Universidade Federal de Goiás

Data da realização: 27 de fevereiro de 2012.

DEDICO

- ☑ Aos meus pais, **Wellington Pereira Rodrigues** (*in memoriam*) e **Selma Rebuá Rodrigues**, pela excelente educação, dedicação e carinho, que contribuído para que mais essa etapa de minha vida fosse concluída.
- ☑ Aos meus avós maternos **Maria José e Welington** (*in memoriam*), e paternos **Iracy e Etelvino**, por acreditarem e incentivarem meus estudos.

OFEREÇO

- ❖ Ao meu irmão **Alexsander Rebuá Rodrigues**, pelo companheirismo e alegria todos esses anos.
- ❖ À **Juliana R. Gobi Queiroz**, por todos os momentos de paciência, conselho e pela companhia impagável.
- ❖ Ao **Prof. Dr. Edson Lazarini**, pelos ensinamentos, orientação e paciência durante esse longo período, e principalmente, pelos momentos de grande amizade e confiança incondicional, fundamental para um excelente convívio.

AGRADECIMENTOS

- ✓ Primeiramente a **Deus**, por estar presente em minha vida, e dar-me saúde, sabedoria e paciência para sempre trilhar em bons caminhos.
- ✓ A todos os meus familiares, que sempre torceram pelo meu sucesso.
- ✓ Aos grandes amigos, dentre muitos, **Aguinaldo J. F. Leal, Mauricio Rotundo, Germison V. Tomquelski, Wandemberg A. S. Oliveira, Gilberto Leite, José Alexandre Braga e Julio Pereira.**
- ✓ Em especial ao **Aguinaldo J. F. Leal**, pela parceria em todos os momentos que precisei e grande presteza nas horas em que mais precisei.
- ✓ A todos os amigos de turma, não sendo necessário diferenciá-los por nomes, pois todos tiveram sua importância em minha vida unespiana, sem essa turma não seria possível a realização de inúmeros trabalhos.
- ✓ À banca avaliadora, **Salatier Buzetti e Helder Barbosa Paulino**, por disponibilizarem seus tempos para contribuir e enriquecer esse trabalho.
- ✓ A todos os docentes do curso de Agronomia da Unesp – Ilha Solteira, pelos conhecimentos transmitidos, em especial aos amigos **Marco E. de Sá, Orivaldo Arf, Regina M. M. de Castilho, Marcelo Andreotti, Morel de Passos e Fernando Tadeu.**
- ✓ A todos os funcionários da Unesp – Ilha Solteira, que de alguma forma propiciaram condições necessárias para que desenvolvesse com excelência minhas atividades.
- ✓ A todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação, incluindo os colegas de graduação, que em algum momento contribuíram para o meu crescimento profissional.

“Pensar é o trabalho mais difícil que existe.
Talvez por isso tão poucos se dediquem a ele.”

Henry Ford

RESUMO

O sistema plantio direto (SPD) é uma prática de cultivo amplamente utilizada no Brasil, sendo que a dinâmica da acidez do solo e a manutenção da palhada no cerrado nesse sistema ainda precisam ser mais pesquisadas e elucidadas. Diante do contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nas características químicas do solo e agronômicas da soja em função de culturas de cobertura, residual de adubação nitrogenada e doses de calcário reaplicadas em superfície, em área com sistema plantio direto estabelecido há oito anos. O trabalho foi realizado na FEPE/UNESP – Campus de Ilha Solteira, o qual iniciou-se no ano agrícola de 2000/01 com a implantação do sistema plantio direto. No ano agrícola de 2001/02, iniciaram-se os quatro modos de aplicação de calcário e um tratamento testemunha, sem aplicação de calcário, com uso de culturas de cobertura na primavera. No ano agrícola 2003/04, subdividiram-se as parcelas para a instalação dos tratamentos com três doses de nitrogênio (0, 90 e 180 kg ha⁻¹) e sucedeu-se a soja pelo milho. A soja se tornou a principal cultura novamente na safra 2006/07 e na safra 2007/08 foi realizada a reaplicação de calcário em superfície, calculada em função dos resultados da análise química do solo obtida no ano de 2006. O presente trabalho refere-se ao ano agrícola de 2008/09, que teve a semeadura das culturas de cobertura no mês de outubro e em sucessão (dezembro/2008), a cultura da soja do cultivar BR/MG 68 (Vencedora) foi semeada no espaçamento de 0,45 m entre linhas e com 300 kg ha⁻¹ da formulação 04-20-20, no sulco de semeadura. Na cultura da soja foi avaliado a população inicial e final, nodulação, estado nutricional das plantas no florescimento pleno, características agronômicas, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos. Após a colheita da soja, foram coletadas amostras de solos nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade e avaliadas as seguintes características químicas: pH, MO, P, K, Ca, Mg e V%. A MO aumenta até a camada de 0,20-0,40 m em função do residual de doses de N utilizado na cultura anterior; o residual de doses de calcário favoreceu o aumento de MO em área com crotalária como cultura anterior; o pH no solo aumenta em função do residual de doses de calcário até a camada de 0,05-0,10 m e diminui em função do residual de doses de N; a crotalária como cultura de cobertura favoreceu a redução de pH e teores de Ca e Mg no solo; somente o dobro da dose recomendada conseguiu elevar o V% a 60 na camada de 0,00-0,05 m; o milheto como cultura de cobertura é mais indicada para anteceder o cultivo da soja; o uso do dobro da dose de calcário recomendada para elevar a saturação de bases a 60% aplicado em superfície, não altera a produtividade da soja nos dois primeiros anos após a reaplicação e, residual de doses de N acima de 270 kg ha⁻¹ utilizadas em culturas anteriores à

soja influenciam negativamente na população de plantas e consequentemente pode ter influenciado sua produtividade.

Palavras chave: *Glycine max* (L.) Merrill. *Pennisetum americanum* (L.). *Crotalaria juncea*. Calagem. Fertilidade do solo.

ABSTRACT

No-tillage (NT) is a widely used practice of cultivation in Brazil, and the dynamics of soil acidity and maintenance of the straw in Savannah in this system need to be further investigated and elucidated. Given the context, this study aimed to evaluate changes in soil chemical characteristics and agronomic traits of soybean as a function of cover crops, residual nitrogen and lime rates reapplied to the surface, where an area with no-tillage system has been established for eight years. The study was conducted at experimental area UNESP – Ilha Solteira Campus, which began in crop year 2000/01 with the implementation of no-tillage. In crop year 2001/02, began the four modes of application of lime and a control treatment without lime application, using cover crops in Spring. In crop year 2003/04, is subdivided parcels for the installation of treatments with three nitrogen rates (0, 90 and 180 kg ha⁻¹) and succeeded soybeans by corn. Soybean has become the main crop again in 2006/07 and 2007/08 harvest was performed reapplication of lime surface, calculated according to the results of chemical analysis of soil obtained in 2006. This paper refers to the agricultural year 2008/09, which had the seeding of cover crops (pearl millet and sunn hemp) in October and in succession (December 2008), the soybean cultivar BR / MG 68 (Vencedora), was sown at a spacing of 0.45 m between rows and 12 kg of N, 60 kg of P₂O₅ and 60 kg of K₂O per hectare was used at planting. In the soybean crop was rated the initial and final population, nodulation, nutritional status of plants in full bloom, agronomic characteristics, mass of 1000 grains and grain yield. After soybean harvest, soil samples were collected in layers of 0.00 to 0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m depth and evaluated the following chemical characteristics: pH, OM, P, K, Ca, Mg and base saturation. OM increases until the layer of 0.20 – 0.40 m of the residual function of N used in the previous crop; the residual effect of lime favored the increase of OM in area with sunn hemp as the previous crop; the pH of the soil increases as a function of the residual of lime to the layer of 0.05 – 0.10 and decrease with the residual amounts of N; the sunn hemp reducing the pH, Ca and Mg in the soil; only twice the recommended dose could raise V to 60% in the 0.00-0.05 m layer; pearl millet as cover crop is best suited to precede the cultivation of soybeans; twice the recommended dose of lime to raise the base saturation to 60% applied to the surface, does not affect soybean yield in the first two years after reapplication and residual N levels above 270 kg ha⁻¹ used in previous crops to soybeans negatively influence plant population and therefore may have influenced their productivity.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill. *Pennisetum americanum* (L.). *Crotalaria juncea*.
Liming. Soil fertility.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PRECIPITAÇÃO OCORRIDA NA ÁREA EXPERIMENTAL EM FUNÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS.	29
FIGURA 2. DESDOBRAMENTO DO TEOR DE FÓSFORO NO SOLO NA CAMADA DE 0,1 A 0,2 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO PARA AS DUAS CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	34
FIGURA 3. TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M EM FUNÇÃO DO RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	36
FIGURA 4. TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	37
FIGURA 5. DESDOBRAMENTO DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO PARA AS DUAS CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	39
FIGURA 6. TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M EM FUNÇÃO DO RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	39
FIGURA 7. TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	40
FIGURA 8. TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	41
FIGURA 9. TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO PARA AS DUAS CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	42
FIGURA 10. TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M EM FUNÇÃO DO RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	43
FIGURA 11. VALORES DE pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M, EM CADA TRATAMENTO COM RESIDUAL DE DOSES DE N, EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO UTILIZADAS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	46
FIGURA 12. VALORES DE pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M, EM CADA TRATAMENTO COM DOSES DE CALCÁRIO UTILIZADAS, EM FUNÇÃO DO RESIDUAL DE DOSES DE N. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	46
FIGURA 13. VALORES DE pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M EM CADA CULTURA DE COBERTURA, EM FUNÇÃO DO RESIDUAL DAS DOSES DE NITROGÊNIO UTILIZADAS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	48
FIGURA 14. VALORES DE pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M EM FUNÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	49
FIGURA 15. VALORES DE pH DO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	50

FIGURA 16. VALORES DE pH DO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M EM FUNÇÃO DO RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO E CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	51
FIGURA 17. VALORES DE pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E CROTALÁRIA COMO CULTURA COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	52
FIGURA 18. VALORES DE pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	53
FIGURA 19. VALORES DE pH DO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO EM CADA CULTURA DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	54
FIGURA 20. VALOR DE pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO EM ÁREA COM CROTALÁRIA COMO CULTURA DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	55
FIGURA 21. VALORES DE pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO EM CADA RESIDUAL DE DOSE DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	56
FIGURA 22. VALORES DE pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M EM FUNÇÃO DE RESIDUAL DE DOSES DE N E CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	57
FIGURA 23. TEOR DE POTÁSSIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E COBERTURA DE MILHETO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	59
FIGURA 24. TEOR DE POTÁSSIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	60
FIGURA 25. DESDOBRAMENTO DE TEORES DE CÁLCIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO EM CADA CULTURA DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	62
FIGURA 26. DESDOBRAMENTO DE TEORES DE CÁLCIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO EM ÁREA COM CROTALÁRIA COMO CULTURA DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	63
FIGURA 27. TEORES DE CÁLCIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO UTILIZADAS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	64
FIGURA 28. TEORES DE MAGNÉSIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	66
FIGURA 29. TEORES DE MAGNÉSIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	67
FIGURA 30. TEORES DE MAGNÉSIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	68
FIGURA 31. TEORES DE MAGNÉSIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E CULTURA DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	69
FIGURA 32. SATURAÇÃO POR BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	71
FIGURA 33. SATURAÇÃO POR BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	72

FIGURA 34. SATURAÇÃO DE BASES DO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09	73
FIGURA 35. SATURAÇÃO DE BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO NA COBERTURA DE CROTALÁRIA. SELVÍRIA – MS, 2008/09... ..	74
FIGURA 36. SATURAÇÃO DE BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO E RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	75
FIGURA 37. SATURAÇÃO DE BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M EM FUNÇÃO DO RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO E DOSES DE CALCÁRIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	75
FIGURA 38. SATURAÇÃO POR BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO E CULTURAS DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	76
FIGURA 39. SATURAÇÃO DE BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO EM ÁREA COM CROTALÁRIA COMO CULTURA DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	78
FIGURA 40. SATURAÇÃO DE BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO EM ÁREA COM MILHETO COMO CULTURA DE COBERTURA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	78
FIGURA 41. NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	80
FIGURA 42. POPULAÇÃO INICIAL DE PLANTAS EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	82
FIGURA 43. POPULAÇÃO FINAL DE PLANTAS EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	82
FIGURA 44. TEOR DE POTÁSSIO FOLIAR EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	84
FIGURA 45. TEOR DE POTÁSSIO FOLIAR EM FUNÇÃO DAS DOSES DE CALCÁRIO DENTRO DA COBERTURA DE CROTALÁRIA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	85
FIGURA 46. NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	87
FIGURA 47. PRODUTIVIDADE DE GRÃO EM KG HA ⁻¹ EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	88

LISTA DE TABELAS E APENDICE

TABELA 1.	RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA DA AMOSTRA DE SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL. SELVÍRIA-MS, 2000.	26
TABELA 2.	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, VALORES DE F E DE REGRESSÃO E MÉDIAS DE TEORES DE FÓSFORO NO SOLO NAS CAMADAS DE 0,00 A 0,05, 0,05 A 0,10, 0,10 A 0,20 E 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE, EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	33
TABELA 3.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O TEOR DE P NO SOLO NA CAMADA DE 0,1 A 0,2 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	34
TABELA 4.	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, VALORES DE F E DE REGRESSÃO E MÉDIAS DE TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO NAS CAMADAS DE 0,00 A 0,05, 0,05 A 0,10, 0,10 A 0,20 E 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE, EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	35
TABELA 5.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	37
TABELA 6.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O TEOR DE MO NO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	38
TABELA 7.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O TEOR DE MO NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	40
TABELA 8.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA TEORES DE MO NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	41
TABELA 9.	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, VALORES DE F E DE REGRESSÃO E MÉDIAS DE VALORES DE PH NO SOLO NAS CAMADAS DE 0,00 A 0,05, 0,05 A 0,10, 0,10 A 0,20 E 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE, EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	44
TABELA 10.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E DOSES DE NITROGÊNIO SIGNIFICATIVA PARA O PH NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	45
TABELA 11.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA OS VALORES DE PH NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	47

TABELA 12.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA VALORES DE pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	48
TABELA 13.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E DOSES DE NITROGÊNIO SIGNIFICATIVA PARA O pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	49
TABELA 14.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA VALORES DE pH DO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	50
TABELA 15.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA VALORES DE pH DO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	51
TABELA 16.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO SIGNIFICATIVA PARA O pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	52
TABELA 17.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE NITROGÊNIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	53
TABELA 18.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	54
TABELA 19.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E DOSES DE NITROGÊNIO SIGNIFICATIVA PARA O pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	55
TABELA 20.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE NITROGÊNIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O pH NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	56
TABELA 21.	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, VALORES DE F E MÉDIAS DE TEORES DE POTÁSSIO NO SOLO NAS CAMADAS DE 0,00 A 0,05, 0,05 A 0,10, 0,10 A 0,20 E 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE, EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	58
TABELA 22.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O TEOR DE POTÁSSIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	59
TABELA 23.	DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA OS TEORES DE CÁLCIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	61
TABELA 24.	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, VALORES DE F E MÉDIAS DE TEORES DE CÁLCIO NO SOLO NAS CAMADAS DE 0,00 A 0,05, 0,05 A 0,10, 0,10 A 0,20 E 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE, EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.	62

TABELA 25. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O TEOR DE CÁLCIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	63
TABELA 26. COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, VALORES DE F E DE REGRESSÃO E MÉDIAS DE TEORES DE MAGNÉSIO NO SOLO NAS CAMADAS DE 0,00 A 0,05, 0,05 A 0,10, 0,10 A 0,20 E 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE, EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	65
TABELA 27. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA TEORES DE MAGNÉSIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	66
TABELA 28. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O TEOR DE MAGNÉSIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,05 A 0,10 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	67
TABELA 29. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O TEOR DE MAGNÉSIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	68
TABELA 30. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O TEOR DE MAGNÉSIO NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	69
TABELA 31. COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, VALORES DE F E DE REGRESSÃO E MÉDIAS DE SATURAÇÃO DE BASES DO SOLO NAS CAMADAS DE 0,00 A 0,05, 0,05 A 0,10, 0,10 A 0,20 E 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE, EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	70
TABELA 32. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA SATURAÇÃO POR BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,00 A 0,05 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	71
TABELA 33. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO X CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA SATURAÇÃO POR BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	73
TABELA 34. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO RESIDUAL DE DOSES DE NITROGÊNIO X DOSES DE CALCÁRIO SIGNIFICATIVA PARA SATURAÇÃO POR BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	74
TABELA 35. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE NITROGÊNIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA SATURAÇÃO POR BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,10 A 0,20 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	76
TABELA 36. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA SATURAÇÃO DE BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	77
TABELA 37. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE NITROGÊNIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA SATURAÇÃO DE BASES NO SOLO NA CAMADA DE 0,20 A 0,40 M DE PROFUNDIDADE. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	77

TABELA 38. COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, VALORES DE F E DE REGRESSÃO E MÉDIAS DO NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA, MASSA DOS NÓDULOS, POPULAÇÃO INICIAL E FINAL DA SOJA, EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	79
TABELA 39. COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, VALORES DE F E DE REGRESSÃO E MÉDIAS DOS NUTRIENTES N, P, K, CA, MG E S NA PARTE AÉREA DA SOJA, EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	84
TABELA 40. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO DOSES DE CALCÁRIO E CULTURAS DE COBERTURA SIGNIFICATIVA PARA O TEOR DE K FOLIAR NA SOJA. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	85
TABELA 41. COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, VALORES DE F E DE REGRESSÃO E MÉDIAS DE ALTURA DE PLANTA, ALTURA DA PRIMEIRA VAGEM, Nº VAGENS POR PLANTA, MASSA DE 1000 GRÃOS E PRODUÇÃO DE GRÃOS, EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS. SELVÍRIA – MS, 2008/09.....	86
APÊNDICE 1. DADOS DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO OCORRIDAS NA FAZENDA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UNESP – ILHA SOLTEIRA, DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO. SELVÍRIA-MS, 2008/09.	99

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	Sistema plantio direto	18
2.2	Adubação verde.....	20
2.3	Dinâmica do pH e influência da calagem na disponibilidade de nutrientes no sistema plantio direto.....	23
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1	Caracterização da área experimental.....	25
3.2	Histórico da área experimental utilizada.....	25
3.3	Descrição dos tratamentos	27
3.4	Condução do experimento.....	28
3.5	Avaliações:	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	Características químicas do solo.....	32
4.1.1	<i>Teores de fósforo no solo</i>	<i>32</i>
4.1.2	<i>Matéria orgânica.....</i>	<i>34</i>
4.1.3	<i>pH.....</i>	<i>43</i>
4.1.4	<i>Teores de potássio no solo.....</i>	<i>57</i>
4.1.5	<i>Teores de cálcio no solo</i>	<i>60</i>
4.1.6	<i>Teores de magnésio no solo</i>	<i>64</i>
4.1.7	<i>Saturação por bases</i>	<i>69</i>
4.2	População de plantas da soja e nodulação	78
4.3	Estado nutricional da cultura da soja	83
4.4	Características agronômicas da soja	85
5	CONCLUSÕES	89
6	REFERÊNCIAS	90

APÊNDICE 1 – DADOS DE PRECIPITAÇÃO ERRO! MARCADOR NÃO DEFINIDO.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil o sistema plantio direto (SPD) é amplamente adotado em todo território, ocupando 32 milhões de hectares, ou 70% das lavouras de grãos (CULTIVAR, 2011). A soja é a principal cultura, ocupando 61% da área cultivada, seguida do milho 1ª safra (16,1%) e 2ª safra (14,3%) e do trigo, com 7% da área, segundo dados apresentados pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), (2011).

O plantio direto caracteriza-se pelo não revolvimento do solo e pela consequente manutenção dos restos culturais sobre a superfície. Embora a aração de solos submetidos ao SPD seja tecnicamente viável para incorporar calcário, a maioria dos produtores não deseja mais usá-la, para não destruir o que foi ganho pela adoção desse sistema (PÖTTKER; BEN, 1998). Em geral, as recomendações de calagem na implantação do SPD são as mesmas do sistema convencional (SC), no entanto, quando o SPD está em fase consolidada, os efeitos da mudança do sistema de cultivo no solo são evidentes, com melhor desenvolvimento das plantas (NICOLODI et al., 2008).

Dentre os benefícios no SPD está o aumento dos teores de matéria orgânica (MO) e de nutrientes na superfície, a diminuição da toxidez do alumínio às plantas, a melhoria da estrutura e da capacidade de retenção de água do solo, o aumento da fertilidade na camada superficial do solo e a preservação das relações construídas com o tempo de cultivo, principalmente pelo não revolvimento e consequente manutenção dos resíduos das culturas na superfície (SALET, 1998; SÁ, 1999; MIELNICZUK et al., 2000; ANGHINONI; NICOLODI, 2004).

O não revolvimento do solo nesse sistema e o consequente acúmulo de resíduos vegetais, corretivos e fertilizantes na sua superfície promovem modificações nas características químicas do solo em relação ao sistema convencional. Estas modificações ocorrem de forma gradual e progressiva a partir da superfície do solo, e afetam tanto a disponibilidade de nutrientes quanto o processo da acidificação do solo (SIDIRAS; PAVAN, 1985; RHEINHEIMER et al., 1998).

O funcionamento do sistema solo depende das condições iniciais, da magnitude e da continuidade dos fluxos de matéria e de energia e da interação entre seus subsistemas: químico, físico e biológico e destes com os sistemas vegetal, atmosférico e antrópico

(NICOLODI et al., 2004b). Quanto maior o tempo de cultivo no SPD, maior a complexidade das estruturas formadas no sistema solo, o qual se auto organiza em nível de ordem mais alto e gera propriedades emergentes que podem beneficiar o seu funcionamento e o desenvolvimento das plantas (VEZZANI, 2001).

Entretanto, o cultivo unicamente de espécies comerciais pode esgotar ou reduzir o estoque dos nutrientes no solo, devido à exportação pela colheita e a reposição insuficiente dos mesmos por meio de fertilizantes. Em contrapartida a utilização de espécies produtoras de palhada beneficia esse sistema, na medida em que mobilizam os nutrientes na camada agricultável, retendo-os na sua fitomassa e devolvendo-os ao solo durante a decomposição (DENARDIN; KOCHHANN, 1993).

Cada espécie vegetal modifica o ambiente por sua seletividade na absorção de nutrientes, nas excreções radiculares e na biota da rizosfera, alteram o pH do solo, a absorção, a transpiração da água e o retorno de restos vegetais de modo que, a cada cultivo apresentam-se como um ecossistema diferente (PRIMAVESI, 1982). A matéria orgânica (principal fonte de nitrogênio) além do aporte de diferentes tipos de resíduos ao solo, proporciona efeitos diretos na disponibilidade de nitrogênio às plantas (ACOSTA, 2009). Embora grande quantidade desse nutriente possa existir na parte aérea das culturas de cobertura, a quantidade real desse nutriente que será aproveitada pela cultura em sucessão irá depender do sincronismo entre a decomposição da biomassa e a taxa de demanda da cultura (BRAZ et al., 2006).

Dessa forma, é provável que, em solo cultivado por longo período nesse sistema, as interações MO x Al trocável, MO x P disponível, estrutura x retenção de água, etc. se manifestem mais intensamente, influenciando a acidez, a disponibilidade e a absorção de nutrientes e o rendimento das culturas (NICOLODI et al., 2004a).

Diante do contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nas características químicas do solo e agronômicas da soja em função de culturas de cobertura antecessoras, residual de adubação nitrogenada e doses de calcário reaplicadas em superfície, em área com sistema plantio direto estabelecido há oito anos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema plantio direto

A chamada revolução verde na agricultura se caracterizou pela mecanização das práticas agrícolas e o uso intensivo de insumos para a produtividade das culturas. Isso aumentou consideravelmente a produtividade, sendo possível retomar o cultivo em áreas já abandonadas devido à degradação do solo. Por outro lado, este sistema se mostrou também insustentável, devido ao uso sistemático de práticas inadequadas de conservação de solo, como a excessiva mobilização do solo e queima dos resíduos (WENDLING, 2005). O estudo da relação entre o uso do solo e a modificação de seus atributos é um importante instrumento na análise de produtividade e da consequente escolha das técnicas de manejo a serem adotadas em uma determinada área (JESUS, 2006).

O sistema plantio direto (SPD) é definido como o plantio de culturas diretamente sobre o solo sem nenhuma preparação prévia primária ou secundária, abrindo somente um estreito sulco, profundo o suficiente para depositar sementes e fertilizantes (BOLLIGER et al., 2006; LANDERS, 2001). Essa definição tem sido modificada para o que se chama plantio direto com qualidade, onde as técnicas de manejo conservacionista de solo são usadas em toda sua amplitude: rotação de culturas, plantas de cobertura, semeadoras apropriadas, manejo amplo da fertilidade do solo (física, química e biológica) e racionalização do uso de insumos químicos para reduzir custos e contaminação ambiental (CALZAVARA, 2003; CASÃO JÚNIOR et al., 2006).

Segundo McGarry (2003) num trabalho de revisão sobre plantio direto de caráter mundial concluiu que em geral respostas positivas ao PD superam as negativas, já que na maioria dos casos, a adoção do sistema resulta em melhoria das condições físicas do solo e/ou nos níveis de matéria orgânica. Os efeitos positivos do PD cobrem diversas áreas como melhoria na conservação de solos e águas, o incremento paulatino da fertilidade do solo, redução do requerimento de trabalho, diminuição no consumo de combustível e na utilização de máquinas e ainda incremento da rentabilidade global dos produtores.

Com a redução das perdas de solo e acúmulo constante de resíduos orgânicos na superfície, tem ocorrido uma recuperação significativa dos teores de matéria orgânica

(principal fonte de N), além de que, o aporte de diferentes tipos resíduos ao solo proporciona efeitos diretos na disponibilidade de N às plantas (ACOSTA, 2009). Dessa maneira a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo no plantio direto, promove condições distintas às propriedades do solo em relação a sua incorporação através do preparo convencional. O não revolvimento do solo leva a sua decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, tendo como consequência alterações físicas, químicas e biológicas do solo que irão repercutir na sua fertilidade e na propriedade das culturas (MOODY et al., 1961). A diversificação de plantas com sistemas radiculares capazes de explorar diferentes profundidades do solo, com potencial diferenciado de reciclagem, proporciona melhor equilíbrio dos nutrientes e incremento na qualidade e na atividade biológica do solo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1998).

Sá (2004) afirma que nos primeiros cinco anos de adoção (fase inicial), apesar de apresentar baixo teor de matéria orgânica, baixo acúmulo de palhada e alta exigência de N (imobilização maior que mineralização), são observados o início do reestabelecimento da biomassa microbiana e o rearranjo da estrutura. No período de 5-10 anos (fase de transição), inicia-se o acúmulo de palhada na superfície e de C e P orgânicos no solo, a imobilização de N aproxima-se da mineralização e ocorre o processo de agregação de partículas de solo. No período de 10-20 anos, (fase de consolidação), continua o acúmulo de palhada e de matéria orgânica do solo, com respectivo aumento da CTC e de retenção de água, com a mineralização de N superando a imobilização e elevada ciclagem de nutrientes. Após 20 anos no sistema (fase de manutenção), há um elevado acúmulo de palhada e um fluxo contínuo de C/N, maior ciclagem de nutrientes e menor exigência de N.

Dentre os efeitos negativos, sob determinadas circunstâncias de adoção desse sistema, pode ocorrer uma pesada dependência de insumos agroquímicos principalmente herbicidas (BOLLIGER et al., 2006). A compactação do solo nesse sistema também tem sido apontada como um entrave à manutenção do solo sem algum tipo de preparo (MCGARRY, 2003). Os fatores do solo que afetam o desenvolvimento radicular podem ser divididos em fatores químicos, como nutrientes e elementos tóxicos, e fatores físicos, como resistência mecânica à penetração, disponibilidade hídrica e aeração (JESUS, 2006). O principal motivo da compactação em solos agrícolas é o tráfego de máquinas em operações de preparo, semeadura, tratos culturais e colheita, principalmente quando o teor de umidade é inadequado, ou ainda advinda do sistema de cultivo utilizado anteriormente (REICHERT et al., 2003; MARTINAZZO, 2006). Apesar disso, a manutenção da estrutura devido ao não revolvimento do solo no sistema plantio direto resulta em condições adequadas de infiltração e retenção de

água no solo, quando o sistema é manejado em condições adequadas, ou seja, rotação de culturas e controle do tráfego (HÅKANSSON, 2005).

2.2 Adubação verde

A adubação verde consiste em incorporar plantas verdes não lenhosas (ou partes dessas plantas) no solo, por meio de lavoura. Podem ser plantas que crescem ao mesmo tempo, antes ou depois da cultura principal, com a finalidade de disponibilizar os nutrientes, aumentar ou preservar o conteúdo da matéria orgânica no solo e a capacidade do solo de reter água, além de proteger o solo contra erosão hídrica e eólica (SCHÖLL; NIEUWENHUIS, 2003).

O uso de plantas de cobertura pode otimizar os efeitos dos fertilizantes minerais, possibilitando, para alguns nutrientes, redução da quantidade a ser aplicada, e quanto ao uso de algumas espécies, como as de leguminosas, por exemplo, pode, para algumas culturas e faixas de produtividade, suprir integralmente o nitrogênio às culturas (AMADO et al., 2002; SCIVITTARO et al., 2000; SILVA et al., 2006).

O acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo, em decorrência da produção de palhada pelas plantas de cobertura em sistema de plantio direto, apresenta-se como fator fundamental para que sejam obtidas vantagens como a melhoria dos atributos químicos do solo, diminuição das perdas de solo por lixiviação e erosão, reciclagem de nutrientes e fornecimento gradativo dos mesmos para as culturas comerciais durante a decomposição (AMADO, 2000). Assim, plantas de cobertura com elevada capacidade de produção de biomassa, em cultivo isolado ou consorciado, que sejam compatíveis quanto à época de plantio e não possuam efeitos alelopáticos, por exemplo, são recomendadas para a rotação de culturas (DAROLT, 1998; DENARDIN; KOCHHANN, 1993).

Apesar de sua pequena proporção em relação à massa total de solos minerais tropicais, a matéria orgânica do solo desempenha grande influência sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e exerce várias funções nos ecossistemas terrestres. No entanto é bastante difícil separar qual característica do solo é mais influenciada pela matéria orgânica, visto que há grande interação entre elas. Dessa forma, muitas das variações das propriedades de determinado solo são mais influenciadas, não somente pelo efeito direto da quantidade e qualidade da matéria orgânica, mas também pelo produto das interações entre os diversos componentes do sistema (SILVA; MEDONÇA, 2007).

As taxas de acúmulo líquido de C e de N são variáveis SPD, de acordo com as taxas diferenciadas de acúmulo, e de decomposição da matéria orgânica. Mesmo quando o incremento no teor de M.O. for baixo ou nulo, o sistema pode ser considerado mais como uma possibilidade de aumento de produtividade, pela melhoria na qualidade do solo e suas consequências na eficiência do uso de adubos e de corretivos, do que propriamente em reduções significativas nas quantidades de N a serem aplicadas, em comparação com sistemas com revolvimento de solo (CERETTA et al., 2002).

Liberação apreciável de N, só ocorre após muitos anos sob plantio direto. Os processos de decomposição dos resíduos vegetais e de mineralização/imobilização de N ocorrem simultaneamente e resultam da ação dos microrganismos heterotróficos (quimiorganotróficos). A taxa de mineralização depende da qualidade dos resíduos (relação C:N), da quantidade e atividade das enzimas produzidas pela biota do solo, do grau de trituração e incorporação dos resíduos ao solo e do pH, mineralogia e umidade do solo. Como no sistema plantio os resíduos não são incorporados ao solo, a cobertura morta é formada por diferentes resíduos vegetais de várias fases em decomposição e contém grande quantidade de N imobilizado, constituindo importante reservatório desse nutriente para as culturas (ANGHINONI, 2007).

Durante a decomposição dos resíduos, os compostos com N passam por transformações e a disponibilidade de N para as culturas é determinada pelo balanço líquido entre os processos de mineralização, imobilização, nitrificação, lixiviação, volatilização e desnitrificação. Os efeitos das altas relações C:N tendem a ser mais pronunciada nos primeiros anos de adoção do sistema plantio direto e serão ainda maiores se o solo for bastante degradado (SÁ, 1999).

A maioria das espécies vegetais utilizadas como condicionadora de solo em condições de Cerrado tem como principal objetivo promover a diversidade biológica dos agrossistemas, aumentar a fitomassa vegetal dos sistemas de produção, incrementar a quantidade e melhorar a qualidade da matéria orgânica do solo, além de serem mais eficiente na reciclagem dos nutrientes, como também proporcionam cobertura ao solo na entressafra, protegendo dos principais agentes de degradação (BURLE et al., 2006).

No Cerrado existem diversas leguminosas utilizadas como adubos verdes, entre as quais se podem citar o guandu (*Cajanus cajan*), crotalárias (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria paulina* e *Crotalaria spectabilis*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e o feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*) (PEREIRA et al., 1992).

A *Crotalaria juncea* é uma planta originária da Índia e Ásia tropical, com ampla adaptação às regiões tropicais, subarrestiva, podendo atingir até 3 m de altura, pubescente, caule ereto, sem lenhoso, crescimento determinado, foi introduzida no Brasil inicialmente para produção de fibras e foi difundida como planta condicionadora de solo. Esta espécie é utilizada no Cerrado e apresenta elevado potencial como planta de cobertura (BURLE et al., 2006). O ciclo de floração desta planta, assim como o do milho é de na faixa de 57 a 90 dias, sendo estas culturas, as que possuem menor ciclo introduzidas no Cerrado (CARVALHO et al., 1999a; PEREIRA et al., 1992; SALTON; KICHEL, 1998).

Esta planta apresenta bom desenvolvimento em solos argilosos e franco arenosos arejados, não tolerando encharcamento (PEREIRA et al., 1992), apresenta elevada capacidade para fixar nitrogênio, 150 a 165 kg ha⁻¹ N (CALEGARI, 1995), além de ser eficiente na absorção e no acúmulo de nutrientes, sobretudo Magnésio. Em solo de Cerrado, a absorção de nutrientes, varia em função da época de semeadura. Essa leguminosa absorveu 259 kg ha⁻¹ de nitrogênio, quando semeada em janeiro, reduzindo para 113 kg ha⁻¹ de nitrogênio no plantio de março (BURLE et al., 2006). Já Carvalho et al. (1999b) reportaram uma absorção de 443 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na mesma estação chuvosa, além de outros nutrientes contidos na fitomassa dessa leguminosa.

O milho (*Pennisetum americanum* (L.)) é uma planta anual, da família das gramíneas de clima tropical, originária da África, apresenta hábito ereto, podendo atingir até 5 metros de altura, possui grande adaptação ao Cerrado brasileiro, onde o nível de fertilidade é baixo e o período de estiagem é quase sempre prolongado durante o ano. A sua alta adaptabilidade às condições do Cerrado se deve à alta capacidade de tolerar déficit hídrico prolongado e abaixo de 400 mm. A adaptação a solos menos férteis está na sua capacidade de extração de nutrientes, face ao seu sistema radicular profundo. É a principal gramínea utilizada para fins de cobertura do solo em sistema plantio direto na região do Cerrado (MARTINS NETO; BONAMIGO, 2005; PEREIRA FILHO et al., 2003; SCALÉA, 1999).

Na região dos cerrados, segundo Pitol (1996), a cultura do milho tem merecido grande destaque, caracterizando-se por respostas satisfatórias em solos corrigidos e adubados, apresentando elevada capacidade de produção de biomassa, a cultura do milho nessas condições também eleva a massa de grãos e produtividade da cultura da soja (MARCANDALLI et al. 2008). Esta planta ainda apresenta condições de se desenvolver e produzir grãos em condições extremamente secas e solos de baixa fertilidade, respondendo muito bem à adubação. No Cerrado, a partir de 1990 passou a ser cultivado mais intensamente na safrinha (BURLE et al., 2006). Apresenta teor médio de 12,8 g kg⁻¹ de nitrogênio e 0,9 g

kg⁻¹ de fósforo na parte aérea (CARVALHO et al., 1999a). O milho também demonstra elevadas taxas de cobertura, e o maior tempo de permanência de seus resíduos no solo deve-se à alta relação C:N, sendo de 22,2 para as folhas e de 91,5 para o caule (SODRÉ FILHO et al., 2004), proporcionando maior resistência à decomposição e uniformidade de distribuição sobre o solo (ALVARENGA et al., 1995; OLIVEIRA et al., 2002).

2.3 Dinâmica do pH e influência da calagem na disponibilidade de nutrientes no sistema plantio direto

A decomposição de resíduos das culturas (grupos carboxílicos e fenólicos), a reação dos adubos nitrogenados (processo de nitrificação) e a exportação de bases pelos grãos na colheita são os principais fatores que provocam a acidez no solo no sistema plantio direto. O conhecimento da dinâmica da acidez a partir da superfície do solo, no sistema plantio direto, ao longo do tempo, é necessário para estabelecer ajustes na recomendação de calagem e na frequência de reaplicação do corretivo. Neste sistema a dinâmica da acidez diferencia-se do sistema convencional de cultivo, por sua ação a partir da superfície do solo pela deposição dos resíduos das culturas, formando uma “frente de acidificação” (AMARAL; ANGHINONI, 2001; ANGHINONI, 2007).

Outra característica do SPD é o aumento gradual do teor de M.O. com o tempo de cultivo, também a partir da superfície do solo. O aumento desta tanto em quantidade como em qualidade, reduz os efeitos nocivos da acidez do solo e da toxidez por Al. Assim, rendimentos elevados das culturas têm sido obtidos em condições de acidez elevada nesse sistema de manejo do solo, tanto em experimentos (CAIRES et al., 1998; POTTKER; BEN, 1998) como em lavouras (ANGHINONI; SALET, 2000).

A redução da acidez e a diminuição da toxidez por Al resultam da ação contínua da decomposição dos resíduos, pela liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular (cítrico, oxálico, málico, aconítico e fumárico, entre outros) das culturas na superfície do solo (FRANCHINI et al., 1999, 2003; MIYAZAWA et al., 1993, 2000). Conforme Miyazawa et al. (2000), a capacidade dos vegetais em reduzir a acidez do solo aumenta com os teores de cátions de reação básica e de C orgânico solúvel, que, normalmente, são maiores em resíduos de adubos verdes do que em culturas comerciais.

A acidez do solo limita a produção agrícola em consideráveis áreas no mundo, em decorrência da toxidez causada por Al e Mn e baixa saturação por bases (COLEMAN; THOMAS, 1967). A reação do calcário, entretanto, é geralmente limitada ao local de sua

aplicação no solo. A calagem não tem um efeito rápido na redução da acidez do subsolo, que depende da lixiviação de sais através do perfil do solo (CAIRES et al., 2003).

Para correção da acidez do solo no sistema plantio direto, o calcário é distribuído na superfície sem incorporação. A eficiência da aplicação superficial de calcário em solo sob plantio direto, particularmente na correção da acidez do subsolo, é controvertida (CAIRES et al., 2000). Resultados de pesquisas realizadas com solos brasileiros indicaram pequeno ou nenhum movimento do calcário além do local de sua aplicação (GONZALES-ERICO et al., 1979; PAVAN et al., 1984; RITCHEY et al., 1980). Entretanto, em outros trabalhos realizados no Brasil (CAIRES et al., 1998; CHAVES et al., 1984; OLIVEIRA; PAVAN, 1996) e em regiões subtropicais úmidas (BLEVINS et al., 1978; MOSCHLER et al., 1973), foram observados aumentos de pH e Ca trocável e redução de Al trocável em camadas do subsolo com a aplicação de calcário na superfície. Em estudo realizado durante quatro anos por Oliveira e Pavan (1996), os teores de Ca e Mg nas folhas de soja não foram alterados com a aplicação do calcário na superfície do solo, com exceção do último ano, quando os teores de Ca diminuíram. Durante dois anos de avaliações, Caires et al. (1998) não observaram variações nas concentrações de N, P, K, S, Ca e Mg nas folhas de soja com a aplicação de doses de calcário superficialmente. Por outro lado, em outro estudo, conduzido em solo mantido durante 15 anos sob SSD, foi obtido aumento da concentração de Ca nas folhas de soja e de Mg nas folhas de soja e trigo (CAIRES et al., 1999). Nesse estudo, observou-se que os teores de Ca e Mg nas folhas de milho e os de S nas folhas de milho, soja e trigo não foram modificados com a calagem superficial.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia/UNESP - Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS, cujas coordenadas geográficas são 51°22'W e 20°22'S e aproximadamente 335 m de altitude e segundo Hernandez et al. (1995), apresenta 1370 mm de precipitação média anual, 23,5°C de temperatura média anual e umidade relativa do ar média de 64,8%. O solo da área experimental de acordo com a nomenclatura atual (EMBRAPA, 2006) é um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (LVd).

3.2 Histórico da área experimental utilizada

Nessa área experimental, no ano agrícola 2000/01, iniciou-se um trabalho com modos e épocas de aplicação de calcário na implantação do sistema plantio direto e culturas de cobertura na entressafra, tendo a soja, como a cultura principal, cultivada no período de primavera/verão.

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da análise química inicial de solo da área experimental, coletada na camada de 0-0,20 m, antes da instalação do experimento (setembro/2000).

Anterior ao estabelecimento dos tratamentos foi realizado um preparo convencional do solo para a implantação da cultura da soja, ano agrícola 2000/01, com aração e gradagem leve. Após a colheita da soja, iniciou-se a instalação dos tratamentos referentes às épocas e modos de aplicação da dose de calcário recomendada, baseando-se o cálculo da dose para obter uma saturação por bases de 70%, recomendada para áreas que receberam o cultivo de milho, segundo Raij et al. (1996). Em função dos resultados da análise de solo, a dose de calcário determinada foi de 1,59 t ha⁻¹, utilizando-se nesse caso calcário dolomítico com as seguintes características: CaO-39,6%; MgO-13%; PN-102%; PRNT-91%; peneira ABNT 10 (2,0 mm)-100%, peneira ABNT 20 (0,84 mm)-93% e peneira ABNT 50 (0,3 mm)-80%.

Os tratamentos referentes aos modos e épocas de aplicação de calcário, utilizados no início do ensaio foram:

- T1 - aplicação total da dose recomendada em outubro de 2001, incorporada a 0 – 0,20 m;
 T2 - aplicação total da dose recomendada em outubro de 2001, em superfície;
 T3 - aplicação de 1/2 da dose recomendada em outubro de 2001 e 1/2 em agosto de 2002, todas em superfície.
 T4 - aplicação de 1/3 da dose recomendada em março de 2001, 1/3 em outubro de 2001 e 1/3 em agosto 2002, todas em superfície;
 T5 - testemunha (sem aplicação de calcário).

Além desses tratamentos foram utilizadas duas culturas de segunda safra ou cobertura, segundo a seguinte sequência:

Semeadura em junho/01 - Milho e Sorgo granífero

Semeadura em outubro/01 – Milheto em área total

Semeadura em setembro/02 – Capim pé-de-galinha (*Eleusine coracana*) e Sorgo granífero

Tabela 1 - Resultados da análise química da amostra de solo da área experimental¹. Selvíria-MS, 2000.

Prof. m	P resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC	V %
0-0,20	37	26	4,7	2,1	19	11	34	2	31,7	65,7	48

¹ – metodologia de Raij e Quaggio (1983).

Fonte: Dados da pesquisa.

A soja foi cultivada na área, novamente nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03, sempre no período de primavera/verão.

Assim, o delineamento experimental utilizado até o ano agrícola 2002/03 foi em blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial (5 x 2), ou seja, 5 modos e épocas de aplicação de calcário e 2 culturas de cobertura cultivadas em primavera, em cada entressafra, com três repetições, onde cada parcela foi composta por 15 x 12 m de dimensão.

Para os anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06, as culturas de cobertura utilizadas foram o milheto (*Pennisetum americanum* (L.)) e a crotalária (*Crotalaria juncea*) substituindo respectivamente, o capim pé de galinha e o sorgo, e a cultura explorada para produção de grãos foi o milho, sendo mantido em todos os anos e em todas as semeaduras, o sistema plantio direto. Entretanto, as parcelas sofreram subdivisão para a implantação de três novos tratamentos nos três anos de cultivo de milho, ou seja, doses de N (0, 90 e 180 kg ha⁻¹ de N).

As sub-parcelas foram compostas por 5 x 12 m de dimensão, sendo considerada como área útil os 3 m centrais, com 10 m de comprimento.

As culturas de cobertura foram sempre semeadas nos meses de agosto ou setembro, com manejo químico (herbicida) e mecânico (rolo faca), geralmente no final do mês de novembro, e semeadura do milho no início de dezembro. A adubação de semeadura utilizada para a soja foi sempre de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16. Para a cultura do milho, nas safras de 2003/04 e 2004/05 utilizaram-se 100 e 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e superfosfato triplo respectivamente, e na safra de 2005/06 utilizou-se 80 e 300 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e superfosfato simples, respectivamente. As doses de nitrogênio na cultura do milho foram aplicadas utilizando adubador de discos apropriado para o SPD, divididas em duas aplicações, no caso da dose de 90 e em três no caso da dose 180 kg ha⁻¹ de N. A primeira aplicação foi realizada logo após a semeadura, com 20 kg ha⁻¹ de N em todas as parcelas, exceto nas de dose 0 de nitrogênio; a segunda aplicação com 70 kg ha⁻¹ de N foi realizada quando as plantas de milho se encontravam com 4 a 5 folhas totalmente abertas e a terceira de 90 kg ha⁻¹ de N, apenas nas parcelas da dose de 180 kg ha⁻¹, quando as plantas possuíam de 6 a 7 folhas totalmente abertas. A fonte de nitrogênio utilizada foi o sulfato de amônio, logo após a semeadura do milho e para as demais coberturas (doses de 70 e 90 kg ha⁻¹ de N), a fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia, todos aplicados em superfície. Sendo assim, durante os três anos agrícolas, utilizados com a cultura do milho, houve sub-parcela que receberam 0, 270 ou 540 kg ha⁻¹ de N, em função dos tratamentos com doses de N utilizadas. Neste sentido, na cultura do milho, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial para modos e épocas de aplicação de calcário e culturas de cobertura, (5 x 2) com parcela subdividida para doses de N.

Após a colheita da cultura do milho no ano agrícola 2005/06 foi realizada a amostragem do solo, sendo os resultados obtidos na análise das amostras, utilizados para determinar as doses de calcário, descritos na sequência, a serem aplicadas em superfície em 20 de outubro de 2007. No ano agrícola 2006/07, a área foi conduzida somente com a cultura da soja, sendo essa semeada em 02/12/06 e colhida em 25/03/07.

3.3 Descrição dos tratamentos

Após a colheita da cultura da soja a área foi mantida em pousio até 20/09/07, quando esta foi roçada, e no dia 20/10/07 aplicou-se um herbicida dessecante e logo a seguir, foi realizado o estaqueamento da área e reaplicação de calcário em superfície no sistema plantio

direto, nas doses de 816 kg ha⁻¹ (dose recomendada para elevação da saturação de bases a 60%), 1624 kg ha⁻¹ (dobro da dose recomendada) e testemunha (sem reaplicação de calcário em superfície), nas parcelas referentes aos tratamentos que tiveram o calcário aplicado em superfície na implantação do sistema plantio direto, respectivamente: T2 - aplicação da dose total recomendada de calcário em uma única vez; T3 - aplicação da dose de calcário recomendada, em superfície e parcelada em duas vezes (1/2 + 1/2); T4 - aplicação da dose de calcário recomendada, em superfície e parcelada em 3 vezes (1/3 + 1/3 + 1/3). Os tratamentos T1 e T5 continuaram em avaliação, porém utilizados em outro trabalho e avaliados de outra forma. Os tratamentos com as culturas de cobertura na primavera foram mantidos, nas respectivas parcelas e com as mesmas culturas (milheto e crotalária).

Como nos tratamentos utilizados para condução desse trabalho o calcário foi aplicado na implantação do sistema plantio direto sempre na mesma dose e em superfície os tratamentos a serem avaliados se referem as doses de calcário (0, 812 e 1624 kg ha⁻¹), culturas de cobertura (milheto e *Crotalaria juncea*) e o residual de doses de nitrogênio (0, 270, 540 kg de N ha⁻¹) adotadas na cultura do milho em três anos agrícolas anteriores. O efeito desses tratamentos foram avaliados na cultura da soja cultivada no ano agrícola 2008/09 e sobre as características químicas do solo avaliadas, as amostras foram coletado em julho de 2009.

3.4 Condução do experimento

No Apêndice 1, encontram-se os dados diários de precipitação ocorridos na área experimental, durante o desenvolvimento do experimento.

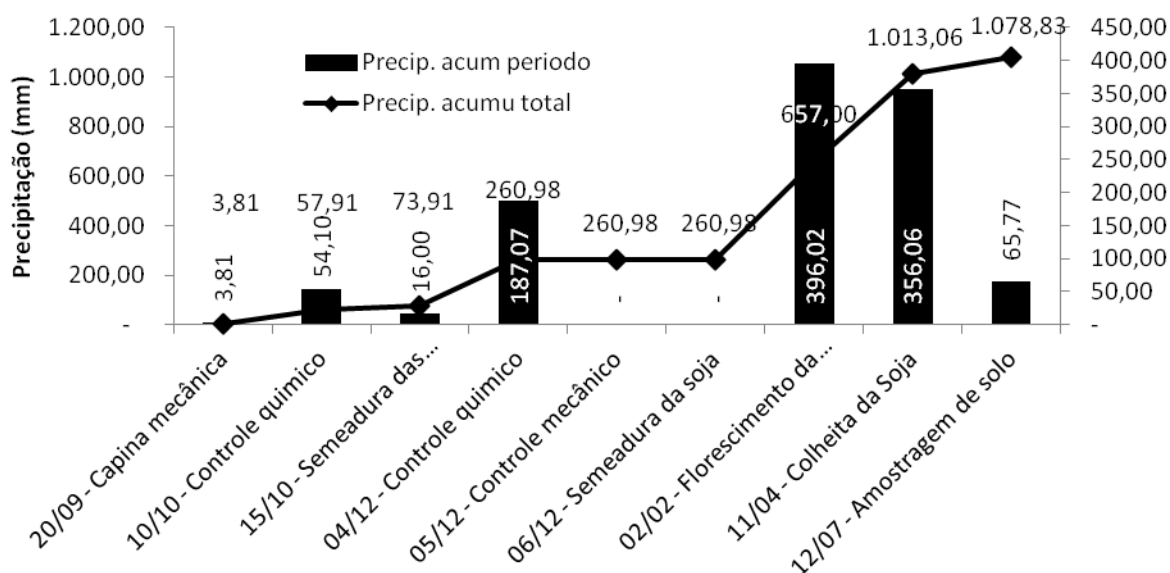
No ano agrícola 2007/08, após a reaplicação do calcário nas respectivas doses, a semeadura das culturas de cobertura foi realizada no dia 25/10/07, sendo a semeadura da soja realizada em 17/12/2007, utilizando-se de uma semeadora adubadora apropriada para o sistema plantio direto. No ano agrícola 2008/09, as culturas de cobertura, milheto e crotalária, foram semeadas, no dia 15/10/2008. A semeadura foi realizada com o auxílio de uma semeadora apropriada para o sistema plantio direto, utilizando-se um espaçamento de 0,34 m entre linhas e utilizando 20 kg ha⁻¹ de semente, quantidade recomendada para cada cultura. Não foi realizado nenhum tipo de adubação nessas culturas. Apenas antes da semeadura das mesmas, foi realizado o estaqueamento do experimento e dessecação das plantas daninhas existentes na área, para evitar a matocompetição.

Em 04/12/2008 foi realizado o manejo químico dessas, com aplicação do herbicida glifosato na dose de 1.080 g i.a. ha⁻¹, sendo o manejo mecânico realizado em 05/12/2008, com o uso do implemento triturador horizontal de palha.

A semeadura da cultura da soja nesse ano agrícola foi realizada em 06/12/2008, com uma semeadora adubadora apropriada para o sistema plantio direto. A adubação adota foi de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 04-20-20, considerando os teores classificados como baixo e médio de P e K no solo, respectivamente, em resultado obtido na análise realizada em 2006, e expectativa de produzir até 3000 kg ha⁻¹ de grãos, segundo Mascarenhas e Tanaka (1996). A cultivar de soja utilizada foi a BR/MG 68 (Vencedora), considerada de ciclo médio, quando cultivada nessa região, semeada em espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade de semeadura objetivando 12 a 14 plantas m⁻¹ de sulco. A inoculação e tratamento das sementes, manejo de plantas daninhas e fitossanitário foram realizados de acordo com as recomendações da Embrapa (2008). No dia 08/12/2008, foi realizada aplicação dos herbicidas glifosato + carfentrazone – etílica (360 + 20 g ha⁻¹ de i.a.) + 0,5% de óleo mineral, para dessecação de plantas daninhas e plantas de cobertura remanescentes.

Na Figura 1 tem-se o resumo de precipitação em função dos principais eventos durante a condução e suas respectivas datas.

Figura 1. Precipitação ocorrida na área experimental em função das atividades realizadas.



Fonte: Dados da pesquisa.

3.5 Avaliações:

A – Solo

Determinação da fertilidade do solo: nos dias 12 a 14/07/09 foram coletados, após as chuvas ocorridas na área experimental, uma amostra composta por sub-parcela em quatro profundidades diferentes (0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40 m), sendo cada amostra composta constituída de quinze subamostras nas quatro profundidades. As subamostras foram coletadas em três pontos aleatórios da sub-parcela, onde cada ponto tinha uma subamostra coletada na linha de semeadura, da cultura da soja colhida, duas amostras coletadas a direita e duas amostras a esquerda da linha, formando assim cinco subamostras por ponto amostral da sub-parcela, nas quatro profundidades diferentes. Em seguida as amostras compostas foram levadas ao laboratório onde foram secas ao ar e moídas com peneira de 2,0 mm. Nessas amostras foram determinados segundo metodologia de Raij e Quaggio (1983), os valores de pH, teores de MO, P, K, Ca, Mg. Posteriormente calculou-se os valores de V%.

B – Cultura da Soja

População inicial e final: a população inicial foi determinada a partir da contagem das plantas contidas em 2 linhas com 2 m de comprimento, na área útil de cada sub-parcela, sendo os valores transformados em população de plantas por hectare. O local desta avaliação foi marcado para que na colheita pudesse ser realizada a avaliação para estimar a população final no mesmo local.

Estado nutricional das plantas: foram coletadas, no estágio R2 (02/02/2009), as terceiras folhas desenvolvidas, com o pecíolo, a partir do ápice da planta na haste principal, de 30 plantas na área útil de cada sub-parcela de acordo com Raij et al. (1996). Para cada sub-parcela, o material coletado foi levado para o laboratório, lavado com água corrente depois com água destilada e colocado para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C. Após secagem, o material foi moído e armazenado em saquinhos plásticos, devidamente identificados. Nesse material foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Número de nódulos por planta: na época do florescimento (estádio R2), simultaneamente à coleta de folhas, foram coletados com auxílio de um enxadão, raízes de 3

plantas seguidas na linha, em local pré-determinado na área útil de cada sub-parcela. As raízes foram lavadas e posteriormente, feita a contagem do número de nódulos. A seguir, os nódulos foram destacados e colocados em estufa por 48 horas a 65°C com pesagem do material seco em balança de precisão e calculado a razão entre a massa seca e o número de nódulos para obter-se a massa seca média por nódulo.

Características agronômicas: foram coletadas no dia da colheita (11/04/2009), 5 plantas consecutivas em uma das linhas da área útil de cada sub-parcela, as quais foram identificadas e levadas ao laboratório para as seguintes avaliações:

- **altura de planta:** medindo-se a distância entre o colo e o ápice da haste principal.
- **altura de inserção da primeira vagem:** medindo-se a distância entre o colo da planta e a inserção da primeira vagem;
- **número de vagens por planta:** destacando e contando-se todas as vagens das plantas que apresentaram grãos e dividindo-se pelo número de plantas amostradas.

Massa de 1000 grãos: foi avaliada, pela contagem de 1000 grãos, da produção obtida em cada sub-parcela, com posterior pesagem em balança de precisão e correção da pesagem para 13% em base úmida.

Produtividade de grãos: foram coletadas as plantas de 4 linhas com 3 m na área útil de cada sub-parcela, onde após secagem ao sol, foram trilhadas mecanicamente e os grãos pesados. Após pesagem, foi determinado o grau de umidade dos grãos com aparelho digital, e então transformados os dados obtidos em kg ha^{-1} (13% de umidade em base úmida).

Análise Estatística

As parcelas foram dispostas em DBC (delineamento em blocos casualizados) em parcelas subdivididas.

As análises estatísticas foram realizadas através da análise de variância com aplicação do teste “F”. As médias dos tratamentos foram comparadas, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade, para residual de modos de aplicação e culturas de cobertura, enquanto que para doses de N utilizou-se a regressão polinomial. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características químicas do solo

A seguir são apresentados os resultados obtidos na análise química do solo amostrado após o segundo ano agrícola da reaplicação do calcário na área experimental. Esses resultados serão apresentados por atributo do solo analisado nas amostras obtidas em diferentes profundidades.

4.1.1 Teores de fósforo no solo

Os teores médios de fósforo no solo e os valores de F nas diferentes camadas de solo analisadas em função dos tratamentos testados são apresentados na Tabela 2. Os valores médios de fósforo nos diferentes tratamentos variaram de 17,14 a 3,65, apresentando valores superiores nas duas camadas superficiais do solo (0 a 0,05 e 0,05 a 0,1 m). Para a maioria dos tratamentos o teor de fósforo encontrado é classificado como baixo ($7 - 15 \text{ mg dm}^{-3}$) conforme descrito em Raij et al. (1996), exceto para a camada de 0,05 – 0,1 no tratamento que recebeu a maior dose de calcário. A maior concentração de fósforo na camada de 0,05 a 0,1 m ocorre em função da baixa mobilidade desse elemento no solo e com a adoção do sistema plantio direto (SPD), a aplicação de P é feita no sulco de semeadura a uma profundidade entre 0,05 e 0,10 m (SOUSA et al., 2008), aliado ao fato do não revolvimento do solo sob SPD, justifica essa maior concentração nas camadas superiores. Concordando com essa informação, Carvalho (2002) também encontrou maior concentração de P nas camadas superiores em área agrícola com 5 anos de cultivo, sendo 3 sob SPD. A disponibilidade de P em solos altamente intemperizados é um fator agrônômico limitante bem conhecido (SOUSA et al., 2008) e na região dos Cerrados os teores de P na solução dos solos são geralmente muito baixos, além de existir alta capacidade de adsorção do fosfato pela fração argila, principalmente os óxidos de ferro e alumínio.

Tabela 2 - Coeficientes de variação, valores de F e de regressão e médias de teores de fósforo no solo nas camadas de 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m de profundidade, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria – MS, 2008/09.

Tratamento	Camada de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	-----P em mg dm ⁻³ -----			
0 – CA	12,09	12,93	7,25	3,65
812 – CA	9,6	11,51	8,04	4,12
1624 – CA	11,28	17,14	10,30	4,43
Milheto	10,55	13,41	7,31	3,04 B
Crotalária	11,43	14,30	9,75	5,09 A
0 N	10,91	14,04	8,48	4,14
90 N	10,90	14,00	8,51	4,12
180 N	11,15	13,52	8,58	3,94
Teste F				
Calcário (CA)	1,27 ns	2,80 ns	4,71 *	0,46 ns
Cobertura (CO)	0,46 ns	0,19 ns	8,39 *	9,49 *
CA x CO	0,79 ns	5,08 ns	3,93 *	0,83 ns
Nitrogênio (N)	0,26 ns	0,39 ns	0,28 ns	0,31 ns
CA x N	0,04 ns	0,51 ns	1,48 ns	0,88 ns
CO x N	0,12 ns	0,01 ns	0,43 ns	0,21 ns
CA x CO x N	0,47 ns	0,54 ns	3,71 *	0,02 ns
RL CA	0,26 ns	2,89 ns	8,74 *	0,91 ns
RQ CA	2,27 ns	2,70 ns	0,68 ns	0,01 ns
RL N	0,37 ns	0,63 ns	0,54 ns	0,52 ns
RQ N	0,15 ns	0,15 ns	0,03 ns	0,11 ns
CV % (1)	43,61	53,55	36,36	60,77
CV % (2)	10,73	14,22	4,66	20,33

➤ ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%.

➤ médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

➤ RL – valores de F para regressão linear; RQ – valores de F para regressão quadrática.

Fonte: Dados da pesquisa.

Nas camadas de 0 a 0,05 e 0,05 a 0,1 m não houve diferença em nenhum dos tratamentos, enquanto que, na camada de 0,1 a 0,2 m houve diferença entre as doses de calcário, culturas de cobertura e na interação desses fatores.

No caso da interação de doses de calcário com culturas de cobertura, verifica-se na Tabela 3 que houve efeito linear crescente no teor de fósforo no solo com o aumento da dose de calcário quando se utilizou a crotalária como cultura de cobertura. Os teores médios de fósforo na área que recebeu a crotalária como cultura de cobertura, foram superiores aos encontrados em área cultivada com milho, em quase dois mg dm⁻³. Entretanto, apenas se

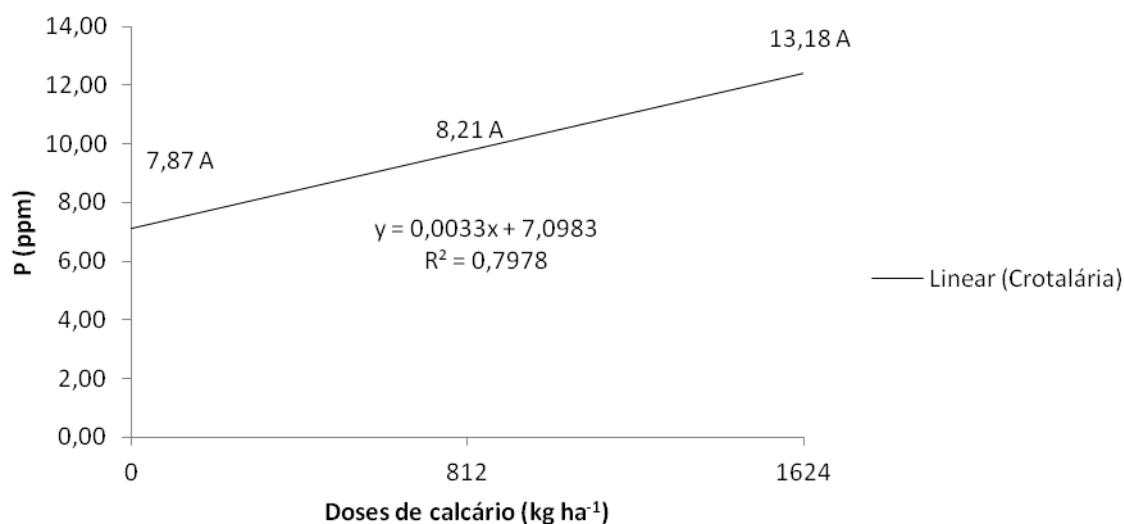
diferenciou do milheto, estatisticamente, quando a dose aplicada de calcário foi 1624 kg ha⁻¹. Esses resultados não concordam com os dados obtidos por Gonzaga (2009) ao avaliar a influência de diferentes culturas de cobertura do solo sobre os teores de fósforo em sistema de rotação de culturas (soja/milho) ou monocultivo, onde esse autor não verificou influência dos tratamentos sobre os teores de P no solo.

Tabela 3 - Desdobramento da interação doses de calcário e culturas de cobertura significativa para o teor de P no solo na camada de 0,1 a 0,2 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	6,62	7,87	7,43 B	0,37 ns	0,30 ns	0,44 ns
Crotalária	7,87	8,21	13,18 A	8,27 **	13,20 **	3,34 ns
F	0,72 ns	0,05 ns	15,48 **			
DMS	3,26					

- ns - tratamentos não significativos; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 2 - Teor de fósforo no solo na camada de 0,1 a 0,2 m em função das doses de calcário para as duas culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.1.2 Matéria orgânica

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da análise de variância para os teores de Matéria Orgânica (MO) no solo nas camadas de 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m de profundidade. Apesar da adoção do sistema plantio direto a 8 anos na área experimental os teores de matéria orgânica se encontram abaixo do teor inicial encontrado no momento da instalação do mesmo (26 mg dm^{-3}), mesmo na camada superficial, na qual foram verificados os maiores teores de matéria orgânica do solo. Esse fato revela a dificuldade de elevação dos teores de matéria orgânica do solo em solos de cerrado mesmo com a adoção de sistemas de cultivo conservacionista, como o sistema plantio direto.

Tabela 4. Coeficientes de variação, valores de F e de regressão e médias de teores de matéria orgânica no solo nas camadas de 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m de profundidade, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria – MS, 2008/09.

Tratamento	Camada de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	-----M.O. em g dm^{-3} -----			
0 – CA	21,20	15,51	13,60	12,13
812 – CA	22,50	17,68	14,06	14,06
1624 – CA	21,61	16,71	13,89	13,25
Milheto	21,35	16,59	13,41	13,13
Crotalaria	22,22	16,67	14,88	13,17
0 N	20,66	15,47	13,09	12,15
90 N	21,78	16,62	14,16	13,15
180 N	22,92	17,80	15,18	14,14
Teste F				
Calcário (CA)	0,81 ns	5,59 *	1,24 ns	1,95 ns
Cobertura (CO)	0,94 ns	0,03 ns	4,09 ns	0,01 ns
CA x CO	7,27 *	15,62 **	16,10 **	10,56 **
Nitrogênio (N)	76,69 **	232,10 **	112,83 **	122,00 **
CA x N	1,78 ns	0,99 ns	0,53 ns	1,8 ns
CO x N	1,90 ns	0,14 ns	0,47 ns	0,05 ns
CA x CO x N	0,81 ns	0,72 ns	0,47 ns	0,07 ns
RL CA	0,14 ns	3,44 ns	0,11 ns	1,31 ns
RQ CA	1,48 ns	7,75 *	2,37 ns	2,59 ns
RL N	153,37 **	464,17 **	225,61 **	244,08 **
RQ N	0,01 ns	0,01 ns	0,05 ns	0,01 ns
CV % (1)	15,11	11,77	18,88	22,36
CV % (2)	2,51	1,95	2,95	2,90

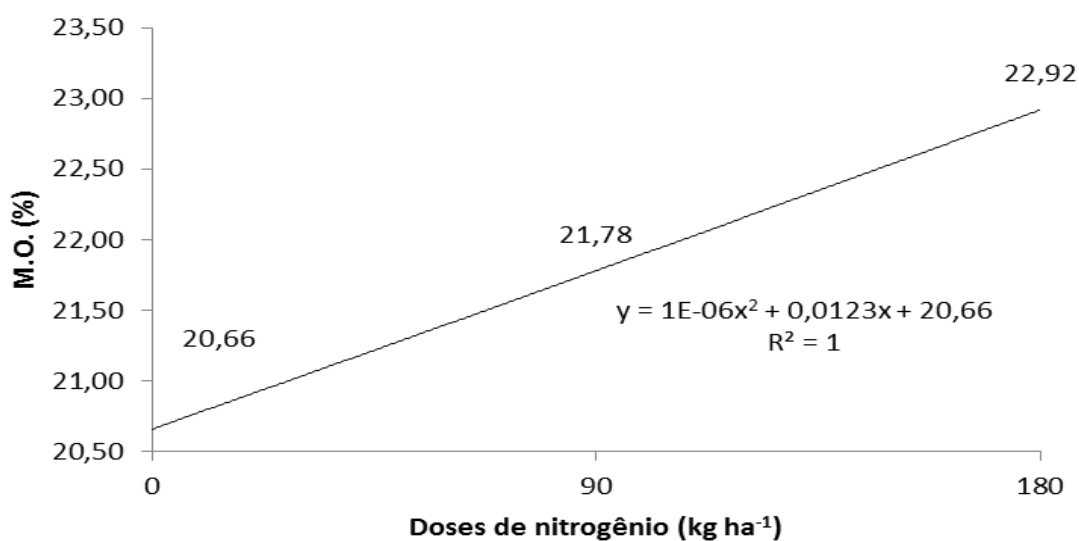
- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
- médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
- RL – valores de F para regressão linear; RQ – valores de F para regressão quadrática.

Fonte: Dados da pesquisa.

Entretanto, Gonzaga (2009) ao comparar o sistema convencional de cultivo com SPD, relata que maiores teores de matéria orgânica no solo são encontrados em SPD, principalmente quando a cultura de cobertura adotada foi a crotalária. Há uma significativa redução nos teores de matéria orgânica do solo a medida que aumenta-se a profundidade (Tabela 4), fato também verificado por Gonzaga (2009) para o sistema plantio direto. Tal fato pode ser devido ao acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo e pela não incorporação física desses através do revolvimento do solo neste sistema, o que diminui a taxa de mineralização (MUZILLI, 1983).

Na camada de 0,00 a 0,05 m, os tratamentos com residual de doses de nitrogênio influenciaram significativamente o teor de MO no solo conforme ajustando-se os dados a uma função linear crescente (Figura 3), ou seja, quanto maior a doses de N maior o teor de MO obtido nesta camada.

Figura 3. Teor de matéria orgânica no solo na camada de 0,00 a 0,05 m em função do residual de doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Houve interação significativa entre culturas de cobertura e doses de calcário para o teor de matéria orgânica em todas as camadas de solo avaliadas (Tabela 4). Na camada de 0,00 a 0,05 m, verifica-se através dos dados apresentados na Tabela 5 e Figura 4, que os teores de MO na dose 0 de calcário, foi maior em área onde se cultivou o milho, ocorrendo o contrário quando a dose de calcário aplicado foi de 1624 kg ha⁻¹, no entanto, dentro de cada

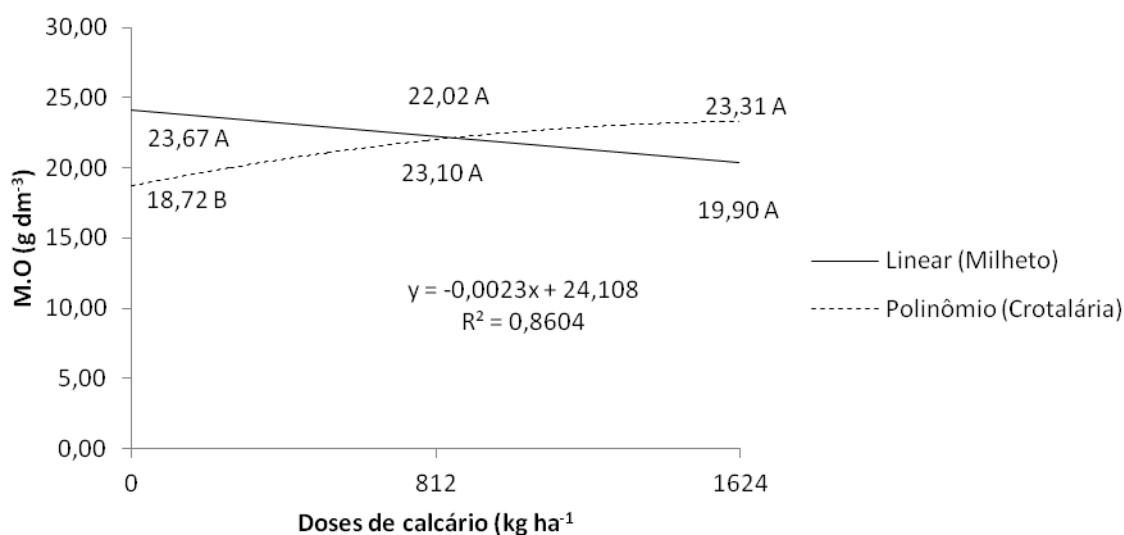
cultura de cobertura, os resultados ajustaram-se a função linear crescente em função das doses de calcário, quando a cultura de cobertura foi a crotalária e decrescente quando se utilizou o milho.

Tabela 5. Desdobramento da interação doses de calcário e culturas de cobertura significativa para o teor de matéria orgânica no solo na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

	Doses de calcário			Valores de F		
	kg ha ⁻¹					
Cobertura	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	23,67 A	23,10	19,90	3,43 ns	5,91 *	0,95 ns
Crotalária	18,72 B	22,02	23,31	4,65 *	8,75 *	0,56 ns
F	10,16 **	0,48 ns	4,85 ns			
DMS	3,46					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 4. Teor de matéria orgânica no solo na camada de 0,00 a 0,05 m em função das doses de calcário e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Verifica-se na Tabela 6, referente ao desdobramento da interação significativa doses de calcário x culturas de cobertura, para teores de MO na camada de 0,05 a 0,10 m de profundidade, que o teor de MO na dose 1624 kg ha⁻¹ de calcário, foi maior na área com crotalária, semelhante ao observado na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade, no entanto,

na dose 812 kg ha⁻¹, o comportamento foi o inverso. Os teores de MO em cada cultura de cobertura, em função das doses de calcário utilizadas, ajustaram-se a função quadrática e linear, respectivamente, quando avaliados dentro da área com milho e crotalária (Tabela 6 e Figura 5), ou seja, o maior teor de MO quando se utilizou o milho foi obtido com a dose de 812 kg ha⁻¹ de calcário e quando se utilizou a crotalária, o maior teor foi obtido com a dose de 1624 kg ha⁻¹.

Tabela 6. Desdobramento da interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa para o teor de MO no solo na camada de 0,05 a 0,10 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

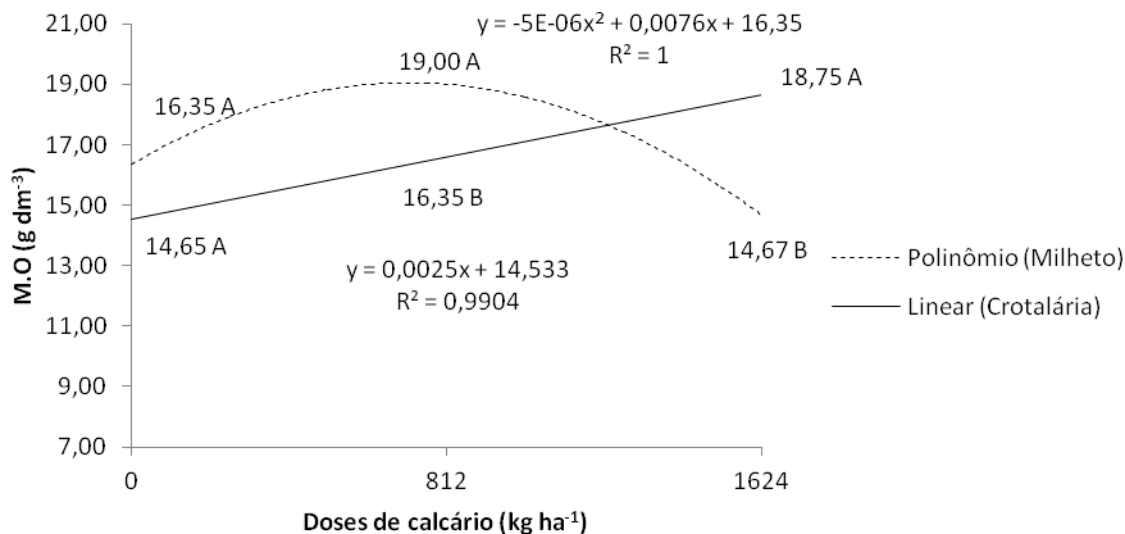
	Doses de calcário			Valores de F		
	kg ha ⁻¹					
Cobertura	0	812	1624	F	RL	RQ
Milho	16,35	19,00 A	14,67 B	11,23 **	3,33 ns	19,12 **
Crotalária	14,65	16,35 B	18,75 A	9,99 **	19,78 **	0,19 ns
F	3,41 ns	8,26 *	19,61 **			
DMS	2,06					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
- médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
- DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

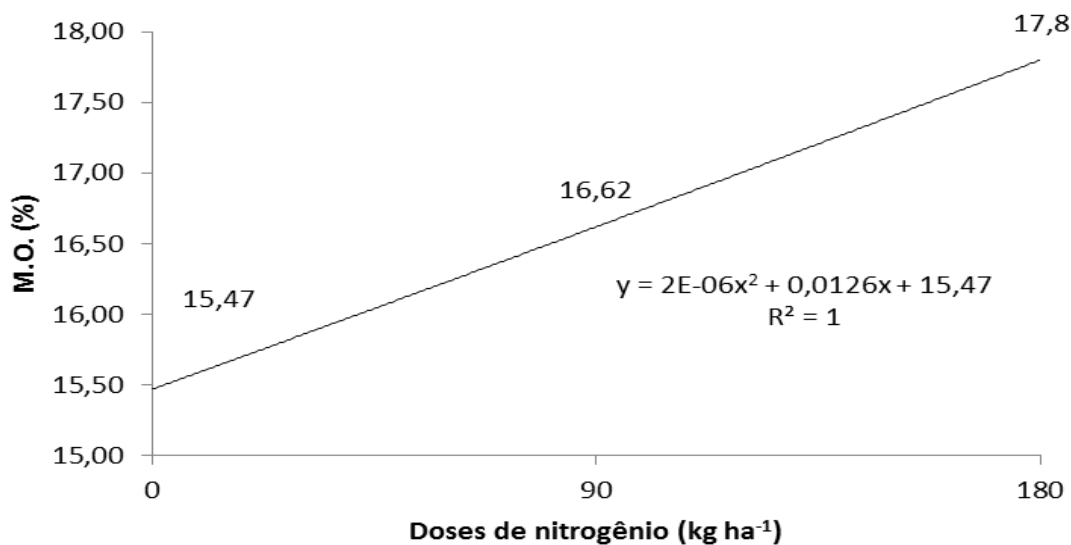
Observa-se que o aumento da dose de nitrogênio utilizado na cultura de milho proporcionou correlação positiva com o teor de MO no solo (Figura 6). Isso provavelmente pode estar relacionado com a atividade microbiana do solo, sendo que a maior disponibilidade de nitrogênio no solo acelera o processo de decomposição de resíduos vegetais e surgimento da MO.

Figura 5. Teor de matéria orgânica no solo na camada de 0,05 a 0,10 m em função das doses de calcário para as duas culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 6. Teor de matéria orgânica no solo na camada de 0,05 a 0,10 m em função do residual de doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

No caso da camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade, conforme dados apresentado na Tabela 4, verifica-se que também houve efeito significativo da interação doses de calcário x culturas de cobertura e residual de doses de nitrogênio. Nessa camada de solo, o comportamento da MO em relação as doses de calcário para cada cultura de cobertura, verifica-se através da análise de regressão, um ajuste linear dos resultados para ambas culturas, sendo este, apenas decrescente quando avaliado dentro do milheto e crescente

quando a cultura de cobertura foi a crotalária (Tabela 7 e Figura 7), semelhante ao que ocorreu na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade.

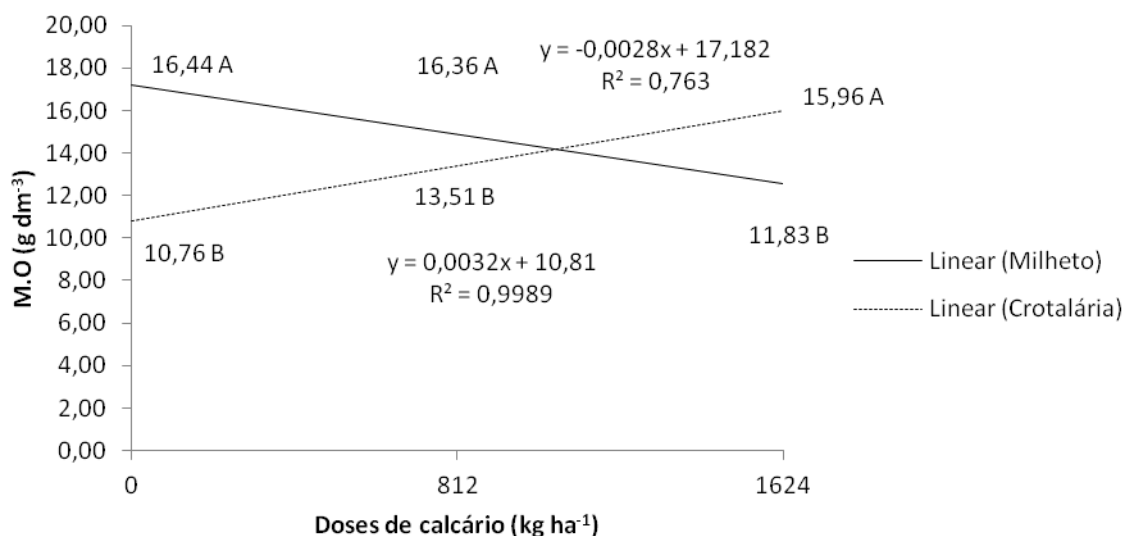
Tabela 7. Desdobramento da interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa para o teor de MO no solo na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	16,44 A	16,36 A	11,83 B	8,79 *	13,41 **	4,17 ns
Crotalária	10,76 B	13,51 B	15,96 A	8,56 *	17,10 **	0,01 ns
F	20,40 **	5,15 *	10,75 **			
DMS	2,8					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
- médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
- DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey

Fonte: Dados da pesquisa.

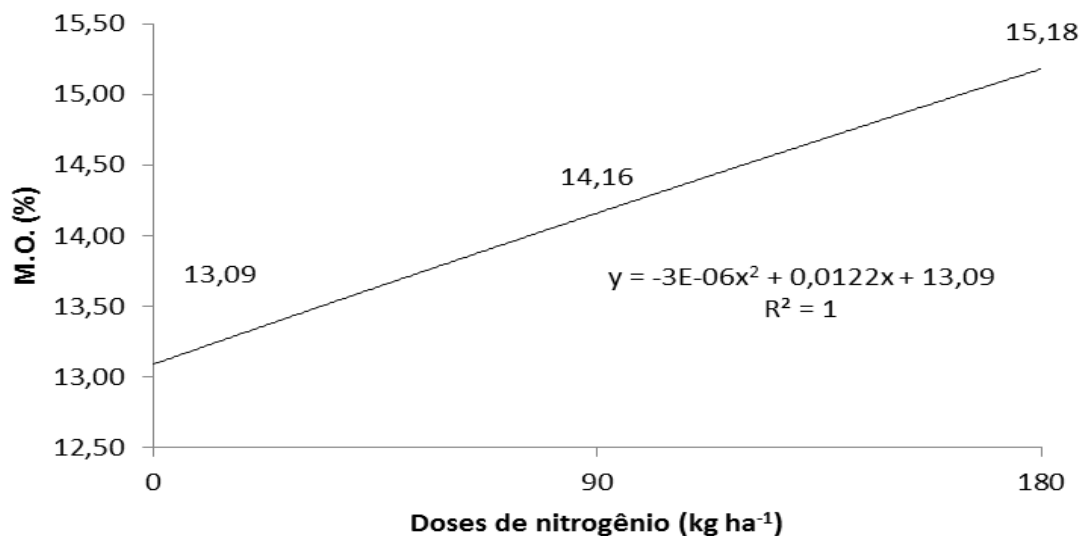
Figura 7. Desdobramento do teor de matéria orgânica no solo na camada de 0,10 a 0,20 m em função das doses de calcário e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação à significância do teste F para o residual de doses de nitrogênio, pode-se observar na Figura 8 que o comportamento é igual ao observado na camada anterior, ou seja, linear e crescente em função do aumento das doses de nitrogênio. A diferença de MO entre a menor e maior dose de N, ficou em torno de 15% de aumento. O aumento da matéria orgânica do solo, entre outros fatores, está associado aos níveis de resíduos vegetais depositados ao solo (CORREIA; DURIGAN, 2008).

Figura 8. Teor de matéria orgânica no solo na camada de 0,10 a 0,20 m em função das doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando os resultados estatísticos de MO na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade, apresentados na Tabela 8 e Figura 9, pode-se afirmar que seus comportamentos são semelhantes aos resultados verificados na camada de 0,05 a 0,10 m, somente com valores inferiores, mas as tendências se mantiveram.

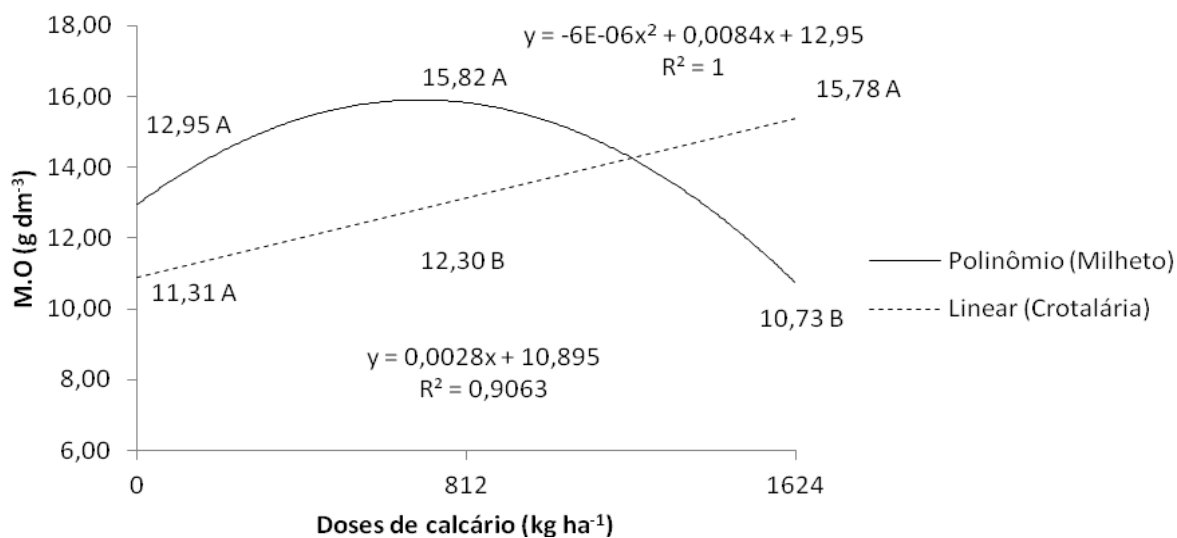
Tabela 8. Desdobramento da interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa para teores de MO no solo na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

	Doses de calcário			Valores de F		
	kg ha ⁻¹					
Cobertura	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	12,95	15,82 A	10,73 B	6,78 *	2,56 ns	11,00 **
Crotalária	11,31	12,30 B	15,78 A	5,72 *	10,37 **	1,1 ns
F	1,39 ns	6,47 *	114,66 **			
DMS	3,09					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
- médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
- DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 9. Teores de matéria orgânica no solo na camada de 0,20 a 0,40 m em função das doses de calcário para as duas culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.

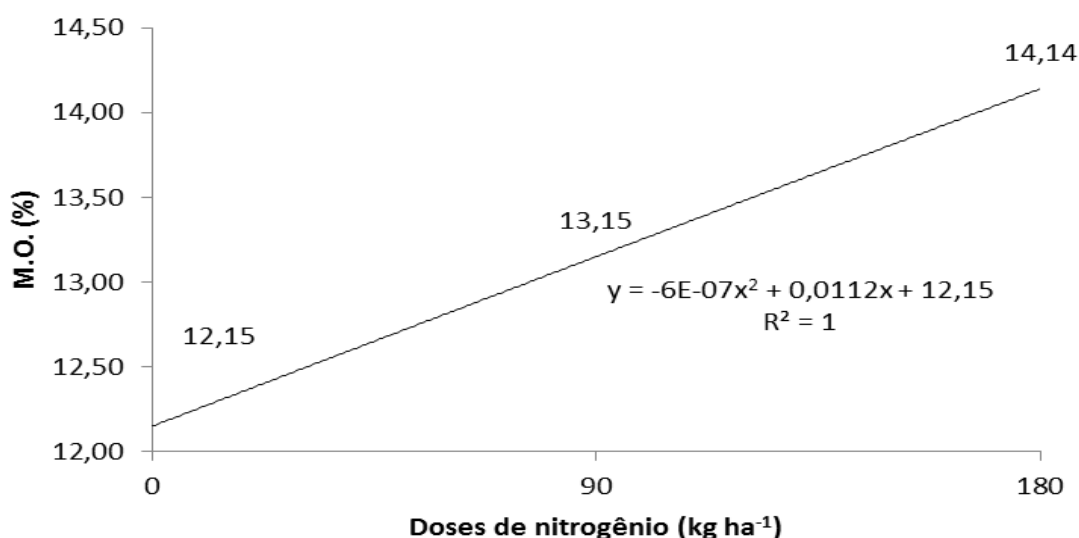


Fonte: Dados da pesquisa.

A utilização de crotalária como cultura de cobertura no sistema de plantio direto, durante 6 anos agrícolas, proporcionou maiores teores de matéria orgânica no solo que o milheto, apenas quando foi adotada a dose de 1624 kg ha⁻¹ de calcário.

Na Figura 10 encontra-se os teores de MO encontrados no solo na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade, em função do residual de doses de nitrogênio. Verifica-se que os teores obtidos em função do residual das doses de nitrogênio possuem um comportamento linear crescente, como também observado em todas as camadas avaliadas, no entanto, com valores menores que os encontrados nas demais camadas.

Figura 10. Teores de matéria orgânica no solo na camada de 0,20 a 0,40 m em função do residual de doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.1.3 pH

A análise de variância para os valores de pH nos diferentes tratamentos nas camadas de 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m de profundidade estão apresentados na Tabela 9. Nas duas camadas superficiais avaliadas os valores médios de pH encontrados são superiores aos valor inicial (4,7), praticamente em todos os tratamentos, exceto na dose de 180 kg ha⁻¹ de N e na camada de 0,05 – 0,10 m. Isso evidencia que após 7 anos da implantação do sistema plantio direto, a reaplicação de calcário na superfície possibilita uma melhoria na correção do solo até 0,10 m de profundidade, fato não verificado em camadas com profundidades superiores.

O desdobramento da interação entre as doses de calcário e residual de doses de nitrogênio das

Tabela 10 e Figura 11, pode verificar-se que todas as análises apresentaram significância, toda com valores de F superiores no teste de regressão linear e algumas com resultados significativos para regressão quadrática.

Tabela 9. Coeficientes de variação, valores de F e de regressão e médias de valores de pH no solo nas camadas de 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m de profundidade, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria – MS, 2008/09.

Tratamento	Camada de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	pH em mmolc dm ⁻³			
0 – CA	5,25	4,75	4,60	4,71
812 – CA	5,79	4,78	4,30	4,25
1624 – CA	6,10	5,00	4,40	4,47
Milheto	5,84 A	4,88	4,44	4,53
Crotalária	5,56 B	4,80	4,42	4,42
0 N	5,84	4,96	4,52	4,58
90 N	5,74	4,88	4,47	4,52
180 N	5,53	4,69	4,30	4,32
Teste F				
Calcário (CA)	20,50 **	5,97 *	7,12 *	10,49 **
Cobertura (CO)	6,81 *	1,67 ns	0,09 ns	1,83 ns
CA x CO	3,21 ns	10,22 **	20,13 **	21,94 **
Nitrogênio (N)	78,57 **	64,19 **	104,85 **	136,60 **
CA x N	15,34 **	12,40 **	26,86 **	38,54 **
CO x N	16,83 **	16,75 **	44,64 **	34,29 **
CA x CO x N	14,19 **	11,47 **	26,39 **	33,57 **
RL CA	39,43 **	10,05 *	5,95 *	5,33 *
RQ CA	1,58 ns	1,88 ns	8,29 *	15,64 **
RL N	148,42 **	121,87 **	193,05 **	247,52 **
RQ N	8,72 **	6,50 *	16,66 **	25,68 **
CV % (1)	6,71	5,05	5,46	6,60
CV % (2)	1,33	1,56	1,08	1,10

➤ ns - tratamentos não significativos; * - significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.

➤ RL – valores de F para regressão linear; RQ – valores de F para regressão quadrática.

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 11 representa a variação de pH do solo em função das doses de calcário em cada dose de nitrogênio e naturalmente, independente da dose de N, o pH aumentou conforme aumentou a dose de calcário aplicada em superfície.

Na Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 12, verifica-se que em cada dose de calcário o comportamento do pH em função do residual das doses de nitrogênio, onde se verifica uma diminuição dos valores de

pH em função do residual das doses de N, independente da dose de calcário avaliada, provavelmente devido a maiores concentrações de N utilizadas no solo proporcionar uma maior acidificação do mesmo.

Na Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 12 é importante destacar os valores de pH obtidos nas parcelas com dose 0 de calcário, evidenciando uma redução mais acentuada na medida em que se aumenta a dose de N. Com isso, pode-se inferir que com um residual alto de N no solo e sem aplicação de corretivo, o pH do solo fica muito abaixo do mesmo tratamento de N mas com alguma correção de solo. Outra observação que pode ser vista no mesmo gráfico, mas o que é natural, é que indiferente da dose N residual, os valores de pH são sempre superiores quanto maior for a dose de corretivo utilizada, quando avaliamos a camada mais superficial do solo (0,00 a 0,05 m).

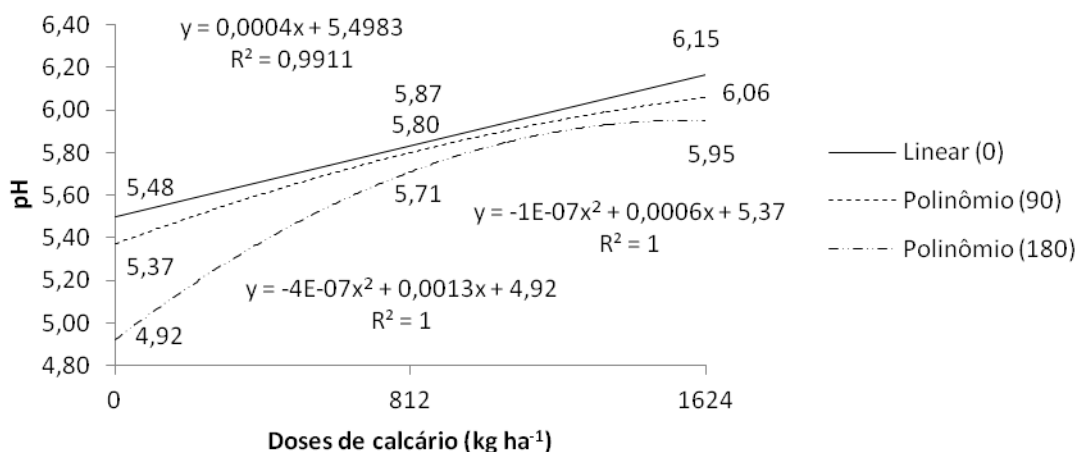
Tabela 10. Desdobramento da interação doses de calcário e doses de nitrogênio significativa para o pH no solo na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Nitrogênio kg ha ⁻¹	Doses de calcário kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
0	5,48	5,87	6,15	119,63 **	237,11 **	2,16 ns
90	5,37	5,80	6,06	128,34 **	251,36 **	5,31 *
180	4,92	5,71	5,95	303,75 **	555,67 **	51,84 **
Valores F	91,62 **	7,00 **	10,62 **			
De F RL	163,19 **	13,88 **	21,16 **			
De F RQ	20,05 **	0,12 ns	0,08 ns			

➤ ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.

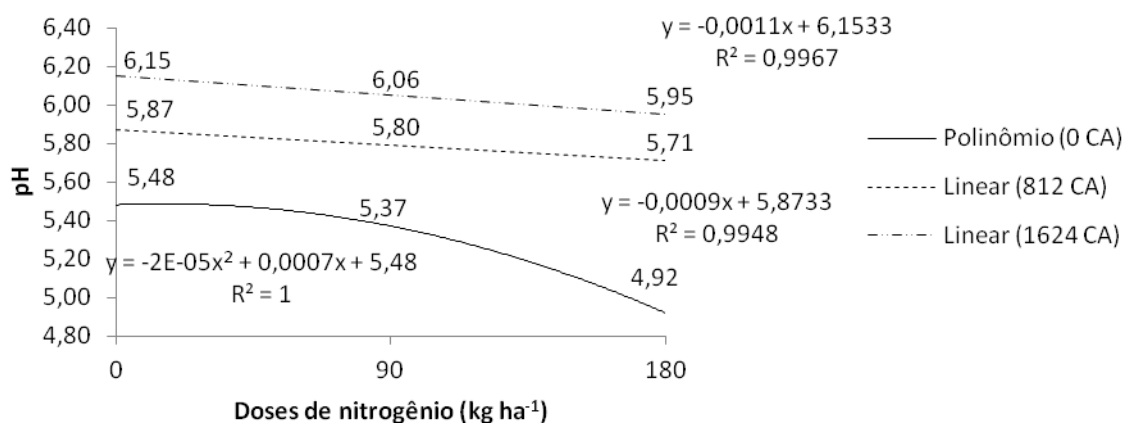
Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 11. Valores de pH no solo na camada de 0,00 a 0,05 m, em cada tratamento com residual de doses de N, em função das doses de calcário utilizadas. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 12. Valores de pH no solo na camada de 0,00 a 0,05 m, em cada tratamento com doses de calcário utilizadas, em função do residual de doses de N. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Para a interação de doses de nitrogênio e culturas de cobertura (Tabela 11), onde se verifica que os valores de pH ajustaram-se a função quadrática e linear, quando avaliados dentro de milho e crotalaria, respectivamente, em função do residual das doses de N utilizadas. Na Figura 13 observa-se que independente da cultura de cobertura, nesta camada de solo avaliada, o pH diminui em função do residual das dose de utilizadas. A adubação

nitrogenada com fontes amoniacaís tem sido indicada uma das principais causas da acidificação da superfície do solo no SPD, devido à produção de prótons durante a nitrificação do amônio.

Também pode-se observar na Tabela 11 que, independente da dose de nitrogênio utilizadas, os menores valores de pH no solo foram encontrados no tratamento com crotalaria, podendo a crotalaria, em função de seu alto potencial de fixação biológica de N contribuir para o processo de acidificação do solo.

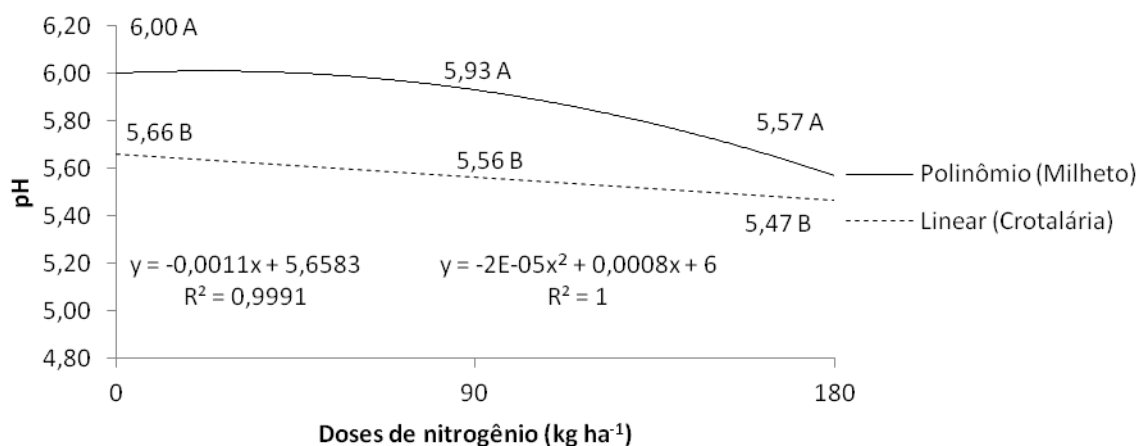
Espécies da família Fabaceae também podem ser responsáveis pela liberação de prótons, durante o processo de fixação biológica do N, por causa da dissociação de grupos carboxílicos de aminoácidos, para manutenção da eletroneutralidade na célula. Entretanto, existem espécies leguminosas com alto, médio ou baixo potencial de acidificação da rizosfera ou, até mesmo, indiferentes a esta característica (BOLAN et al., 1991). Santos et al. (2003) relatou diminuição do valor de pH e aumento do teor de Al trocável na camada de 0,0 a 0,05 m, em relação aos observados antes da instalação do experimento, caracterizando acidificação nos primeiros centímetros do solo e atribuíram esses resultados obtidos à aplicação de fertilizantes nitrogenados e a mineralização de resíduos vegetais na superfície do solo.

Tabela 11. Desdobramento da interação residual de doses de nitrogênio x culturas de cobertura significativa para os valores de pH no solo na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de nitrogênio			Valores de F		
	0	90	180	F	RL	RQ
Milheto	6,00 A	5,93 A	5,57 A	81,25 **	142,10 **	20,40 **
Crotalaria	5,66 B	5,56 B	5,47 B	14,15 **	28,18 **	0,11 ns
F	90,23 **	108,15 **	8,33 **			
DMS	0,07					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 13. Valores de pH no solo na camada de 0,00 a 0,05 m em cada cultura de cobertura, em função do residual das doses de nitrogênio utilizadas. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 12 pode-se verificar o desdobramento da interação entre doses de calcário x culturas de cobertura, significativa para valores de pH no solo na camada de 0,05 a 0,10 m. Nessa tabela observa-se que os resultados de significância no teste de regressão, em cada cultura de cobertura, são distintos. Conforme a Figura 14, nota-se que para o tratamento com milheto, o aumento do pH do solo segue as maiores doses de calcário em uma regressão linear crescente, enquanto que o tratamento com crotalária seguiu uma regressão quadrática, onde o menor valor de pH encontra-se na dose de 812 kg ha⁻¹, ou seja, nessa dose o pH ficou inferior que a área onde não se aplicou calcário. Segundo Guimarães (2000) as exsudações ácidas das raízes das plantas, principalmente crotalária e o milheto atuam diretamente no pH do solo.

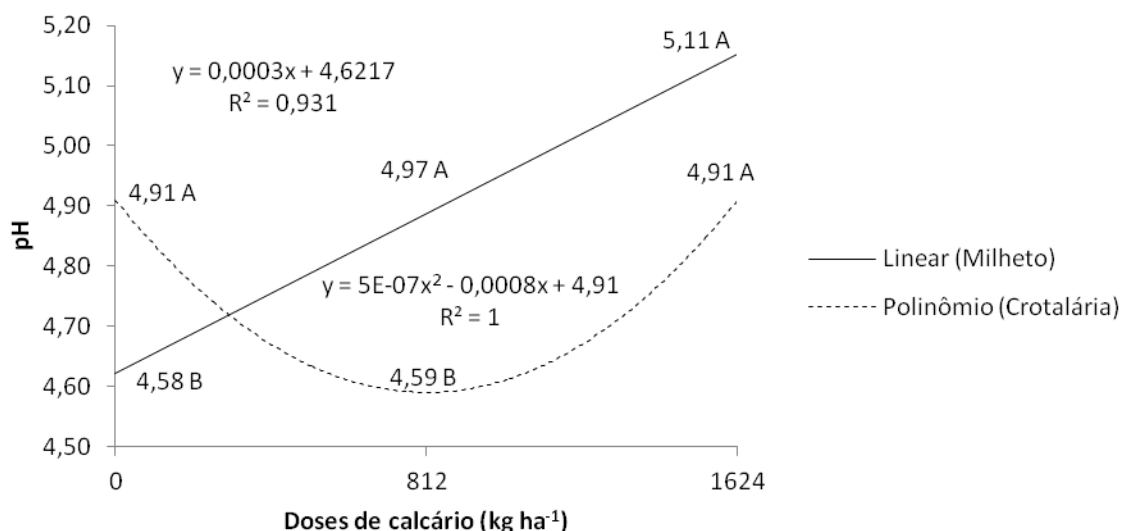
Tabela 12. Desdobramento da interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa para valores de pH no solo na camada de 0,05 a 0,10 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	4,58 B	4,97 A	5,11	10,99 **	20,35 **	1,63 ns
Crotalária	4,91 A	4,59 B	4,91	5,19 *	0,01 ns	10,38 **
F	7,98 *	11,19 **	2,94 ns			
DMS	0,26					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
- médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
- DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 14. Valores de pH no solo na camada de 0,05 a 0,10 m em função de doses de calcário e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na comparação entre culturas de cobertura, verifica-se diferença estatística apenas na dose 0 e 812 kg ha⁻¹ de calcário, onde na ausência de calcário, o valor de pH foi maior na área com crotalária, o contrário acontecendo na área com milheto, onde aplicou-se 812 kg ha⁻¹.

Para a interação doses de calcário x residual de doses de nitrogênio (Tabela 13), verifica-se que nas duas menores doses de nitrogênio, 0 e 90 kg ha⁻¹, os resultados ajustaram-se a uma função quadrática, enquanto que, na maior dose (180 kg ha⁻¹) os valores aumentaram linearmente em função das doses de calcário utilizadas.

Tabela 13. Desdobramento da interação doses de calcário e doses de nitrogênio significativa para o pH no solo na camada de 0,05 a 0,10 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

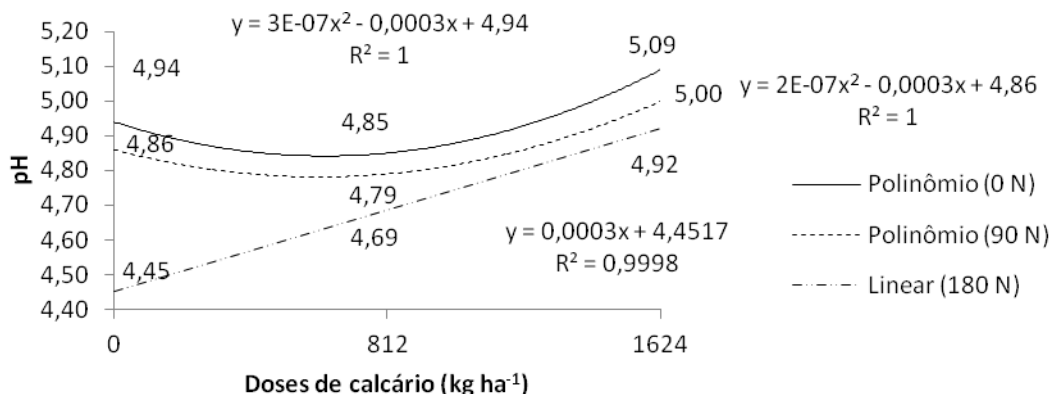
Nitrogênio kg ha ⁻¹	Doses de calcário kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
0	4,94	4,85	5,09	15,40 **	12,65 **	18,16 **
90	4,86	4,79	5,00	11,76 **	10,56 **	12,95 **
180	4,45	4,69	4,92	60,24 **	120,46 **	0,02 ns
Valores De F	F	73,77 **	7,41 **	7,81 **		
	RL	129,01 **	14,62 **	15,51 **		
	RQ	18,54 **	0,19 ns	0,11 ns		

➤ ns - tratamentos não significativos; * - significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.

Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando esses valores de forma gráfica (Figura 15), nota-se que quanto maior o valor da dose de nitrogênio, independente da dose de calcário, os valores são sempre inferiores à dose anterior.

Figura 15. Valores de pH do solo na camada de 0,05 a 0,10 m em função das doses de calcário e residual de doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 14 e Figura 16, referente ao desdobramento da interação doses de nitrogênio x culturas de cobertura, verifica-se que independente da cultura de cobertura utilizada, os valores pH diminuem com o aumento da dose de nitrogênio. Destaca-se que no tratamento com milho, os dados se ajustaram a uma função quadrática e os valores de pH foram maiores que os encontrados nos tratamentos com crotalária, nas duas menores doses de nitrogênio utilizadas, enquanto que, para crotalária, os dados ajustaram-se a uma função linear decrescente e o valor obtido com a maior dose de nitrogênio, foi maior que o valor obtido na área com milho.

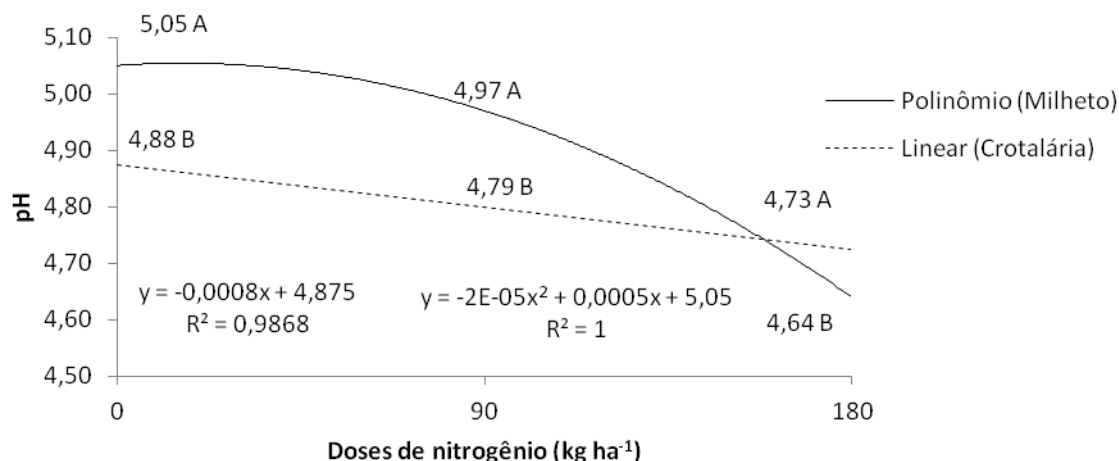
Tabela 14. Desdobramento da interação residual de doses de nitrogênio x culturas de cobertura significativa para valores de pH do solo na camada de 0,05 a 0,10 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de nitrogênio kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	90	180	F	RL	RQ
Milho	5,05 A	4,97 A	4,64 B	71,75 **	128,47 **	15,02 **
Crotalária	4,88 B	4,79 B	4,73 A	9,18 **	18,30 **	0,07 NS
F	22,52 **	23,12 **	5,34 *			
DMS	0,07					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
- médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
- DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 16. Valores de pH do solo na camada de 0,05 a 0,10 m em função do residual de doses de nitrogênio e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

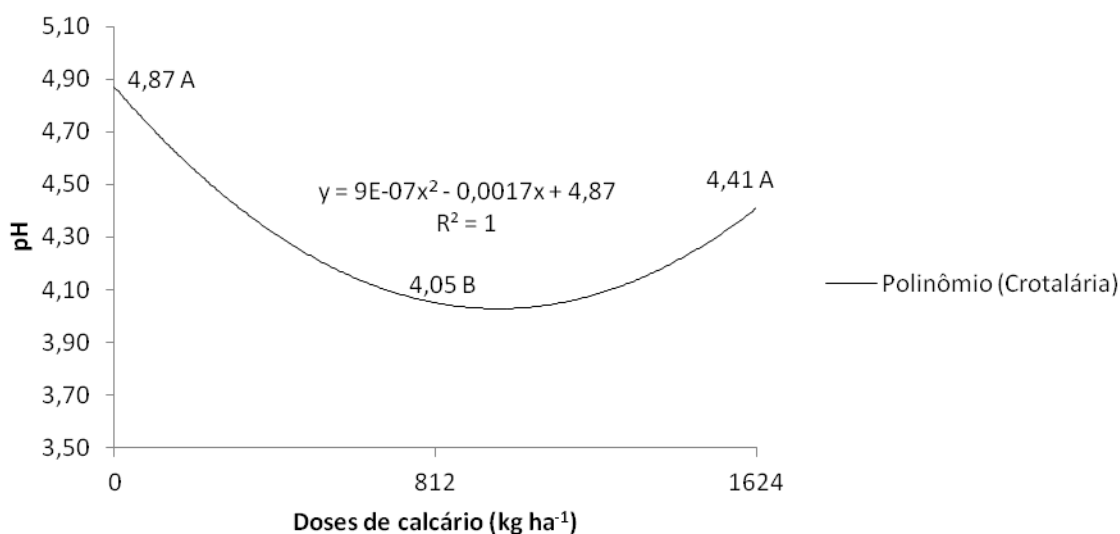
Em relação aos valores de pH obtidos na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade, verifica-se na Tabela 15, referente ao desdobramento de doses de calcário x culturas de cobertura, que houve um efeito das doses de calcário somente no tratamento com crotalária, ajustando-se os dados a função quadrática, com menor de pH próximo a dose de 812 kg ha⁻¹. Na Figura 17 tem-se a representação do comportamento dos valores de pH em função das doses de calcário, quando se utilizou a crotalária como cultura de cobertura. Também observa-se na Tabela 15, que entre as culturas de cobertura, houve diferença significativa apenas na dose 0 e 812 kg ha⁻¹ de calcário, tendo na dose 0, o milheto proporcionado maior valor de pH e na outra dose, o comportamento foi o contrário.

Tabela 15. Desdobramento da interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa para valores de pH do solo na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário			Valores de F		
	kg ha ⁻¹					
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	4,33 B	4,54 A	4,39	1,82 ns	0,32 ns	3,32 ns
Crotalária	4,87 A	4,05 B	4,41	25,43 **	16,11 **	34,75 **
F	22,05 **	18,29 **	0,01 ns			
DMS	0,25					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 17. Valores de pH no solo na camada de 0,10 a 0,20 m em função das doses de calcário e crotalária como cultura cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

No caso da variação de pH em função de residual de doses de nitrogênio e doses de calcário, observa-se na Tabela 16, ajuste quadrático dos resultados, independente do residual de doses de N avaliado, apresentando a dose 812 kg ha⁻¹ de calcário, os menores valores (Figura 18). No entanto, dentro de cada dose de calcário, os valores de pH ajustaram-se a uma função quadrática para as menores doses e linear decrescente, na maior dose de calcário, em função do residual de doses de N utilizadas (Tabela 16)

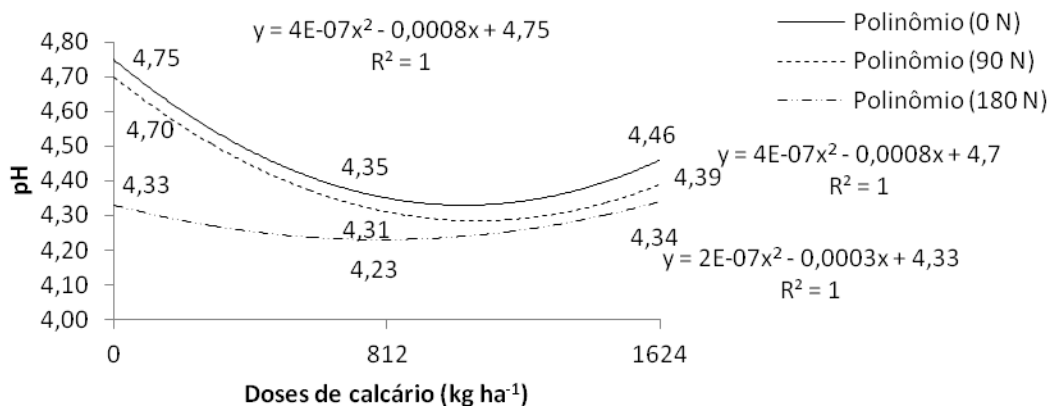
Tabela 16. Desdobramento da interação doses de calcário e residual de doses de nitrogênio significativa para o pH no solo na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Nitrogênio kg ha ⁻¹	Doses de calcário kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
0	4,75	4,35	4,46	113,33 **	110,14 **	116,53 **
90	4,70	4,31	4,39	111,48 **	127,21 **	95,75 **
180	4,33	4,23	4,34	10,81 **	0,18 ns	21,45 **
Valores De F	F	138,54 **	10,43 **	9,58 **		
	RL	232,85 **	19,92 **	18,86 **		
	RQ	44,23 **	0,95 **	0,31 ns		

➤ ns - tratamentos não significativos; * - significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 18. Valores de pH no solo na camada de 0,10 a 0,20 m em função das doses de calcário e residual de doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

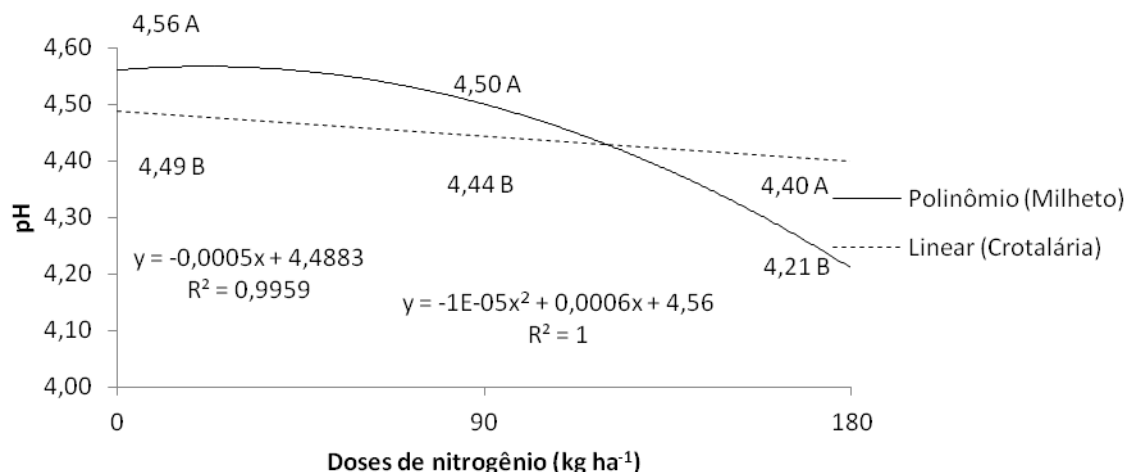
Já na Tabela 17, consta o desdobramento da interação de doses de nitrogênio e culturas de cobertura. Pelo resultado do teste de regressão, verifica-se que há significância estatística para um comportamento linear na crotalária e quadrático para o milheto. Na Figura 19, nota-se que a tendência dos dois tratamentos, milheto e crotalária, são semelhantes, mas a variação de pH entre as doses é muito menor na crotalária, ou seja, evidenciando que mesmo com doses maiores de nitrogênio na área com a crotalária, o pH não se reduz tanto. Na comparação entre culturas de cobertura, verifica-se que nas menores doses de N utilizadas, o milheto proporcionou os maiores valores de pH, situação inversa na maior dose de N (Tabela 17).

Tabela 17. Desdobramento da interação doses de nitrogênio e culturas de cobertura significativa para o pH no solo na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de nitrogênio kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	90	180	F	RL	RQ
Milheto	4,56 A	4,50 A	4,21 B	141,48 **	245,25 **	37,71 **
Crotalária	4,49 B	4,44 B	4,40 A	8,02 **	15,91 **	0,14 ns
F	9,32 **	8,16 **	74,27 **			
DMS	0,05					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 19. Valores de pH do solo na camada de 0,10 a 0,20 m em função das doses de nitrogênio em cada cultura de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

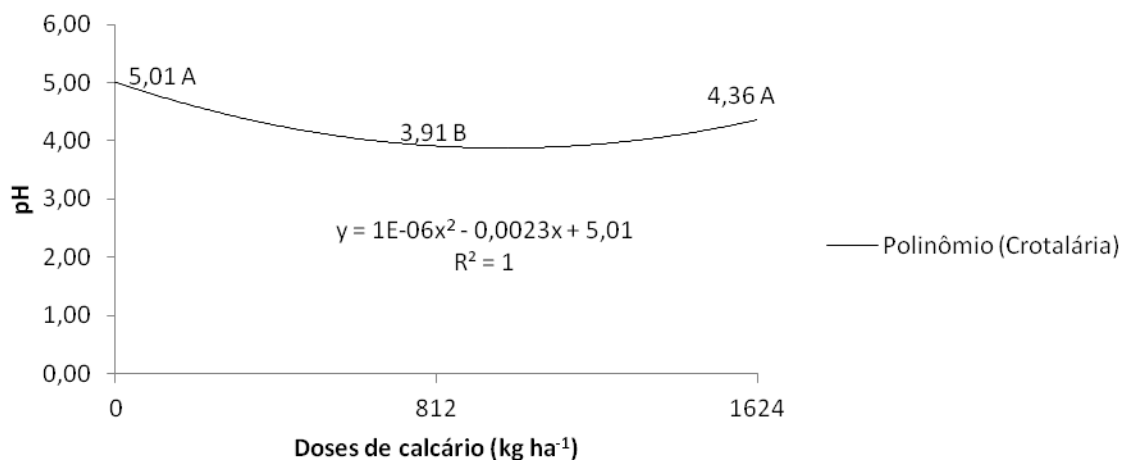
Quanto ao comportamento do pH do solo na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade, em relação às doses de calcário, nota-se na Tabela 18 e Figura 20, que é um comportamento semelhante ao da camada anterior, Figura 19, o que vai ao encontro com a explicação dada anteriormente para esse comportamento, devido essa camada estar abaixo da anterior.

Tabela 18. Desdobramento da interação doses de calcário e culturas de cobertura significativa para o pH no solo na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	4,41 B	4,59 A	4,60	1,27 ns	1,94 ns	0,60 ns
Crotalária	5,01 A	3,91 B	4,36	31,15 **	21,72 **	40,59 **
F	18,58 **	24,09 **	3,04 ns			
DMS	0,31					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 20. Valor de pH no solo na camada de 0,20 a 0,40 m em função das doses de calcário em área com crotalária como cultura de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

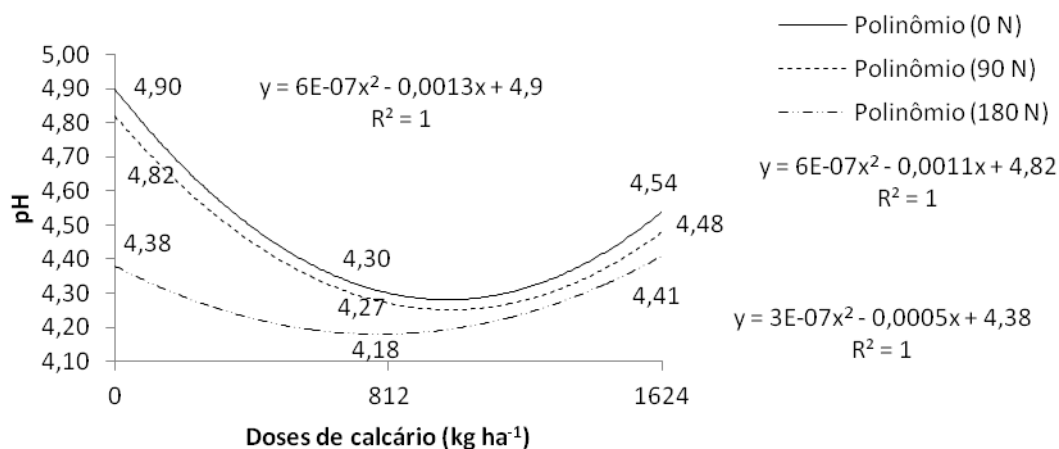
Os valores de pH no solo na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade, em função da interação doses de calcário x residual de doses de nitrogênio (Tabela 19 e Figura 21), ajustaram-se a função quadrática em função das doses de calcário avaliadas, dentro do residual de cada dose de N em estudo. Dentro das doses de calcário utilizadas, os valores de pH obtidos ajustaram-se a uma função quadrática, na dose 0 de calcário e linear decrescente nas demais doses de calcário, em função do residual das doses de nitrogênio utilizadas..

Tabela 19. Desdobramento da interação doses de calcário e doses de nitrogênio significativa para o pH no solo na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Nitrogênio kg ha ⁻¹	Doses de calcário kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
0	4,90	4,30	4,54	225,52 **	158,06 **	292,99 **
90	4,82	4,27	4,48	191,24 **	146,52 **	235,97 **
180	4,38	4,18	4,41	37,01 **	0,49 ns	73,53 **
Valores De F	F	192,20 **	9,40 **	12,08 **		
	RL	330,73 **	17,24 **	24,13 **		
	RQ	53,67 **	1,56 ns	0,04 ns		

➤ ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 21. Valores de pH no solo na camada de 0,20 a 0,40 m em função das doses de calcário em cada residual de dose de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

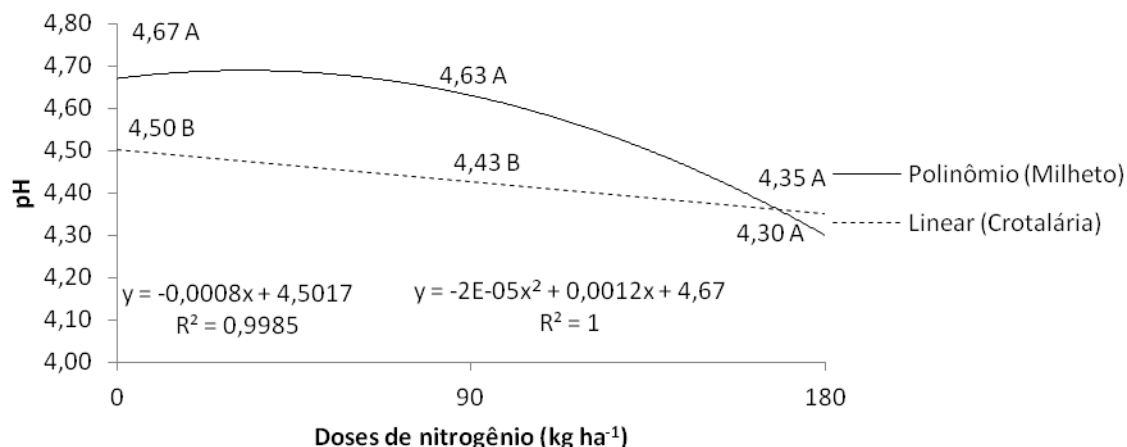
Na Tabela 20 e Figura 22 tem-se o desdobramento da interação residual de doses de nitrogênio x culturas de cobertura, para valores de pH na camada de 0,20 a 0,40 m. Verifica-se que entre as culturas de cobertura, apenas houve diferença significativa no residual das doses 0 e 90 kg ha⁻¹, obtendo-se na área com milheto os maiores valores. Quando ao comportamento dos valores de pH dentro de cada cultura de cobertura, verifica-se ajuste quadrático, com maior valor próximo a 0 kg ha⁻¹, quando a cultura de cobertura foi o milheto e comportamento linear decrescente, quando a cultura de cobertura foi a crotalária.

Tabela 20. Desdobramento da interação doses de nitrogênio e culturas de cobertura significativa para o pH no solo na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de nitrogênio			Valores de F		
	0	90	180	F	RL	RQ
Milheto	4,67 A	4,63 A	4,30	150,71 **	252,78 **	48,64 **
Crotalária	4,50 B	4,43 B	4,35	20,18 **	40,32 **	0,03 ns
F	56,19 **	73,86 **	4,21 ns			
DMS	0,05					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 22. Valores de pH no solo na camada de 0,20 a 0,40 m em função de residual de doses de N e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.1.4 Teores de potássio no solo

A análise de variância para os teores de potássio no solo em todas as camadas avaliadas encontra-se na Tabela 21 com as respectivas médias, teste F e coeficiente de variação. Somente duas camadas de solo apresentaram influência dos tratamentos. Os teores de potássio encontrados nas camadas de 0,05 – 0,1; 0,10 – 0,20 e 0,2 – 0,4 m encontram-se abaixo do teor na análise anterior a instalação do experimento ($2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), classificados como baixos. Valores superiores só foram encontrados na camada superficial, considerados médios ($1,6 - 3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) conforme Raij et al. (1996). Observa-se uma diminuição do teor desse elemento em relação à camada superior, fato também verificado por Gonzaga (2009) e Moreti (2002) em trabalhos realizados próximos a essa área experimental, em solo apresentando essas mesmas características.

Portanto, apesar do potássio apresentar mobilidade no solo, o sistema plantio direto também condiciona o acúmulo desse elemento na camada superficial, provavelmente em função da ciclagem desse elemento pelas culturas de cobertura e pela cultura da soja e milho cultivadas nessa área durante os 7 anos de sistema plantio direto.

Tabela 21. Coeficientes de variação, valores de F e médias de teores de potássio no solo nas camadas de 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m de profundidade, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria – MS, 2008/09.

Tratamento	Camada de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	K em mmol _c dm ⁻³			
0 – CA	2,31	1,37	0,92	0,57
812 – CA	2,85	1,04	0,61	0,42
1624 – CA	2,43	1,20	0,89	0,64
Milheto	2,45	1,20	0,79	0,54
Crotalária	2,61	1,21	0,82	0,55
0 N	2,50	1,27	0,82	0,55
90 N	2,52	1,19	0,79	0,55
180 N	2,56	1,16	0,80	0,53
Teste F				
Calcário (CA)	1,61 ns	0,58 ns	0,87 ns	1,32 ns
Cobertura (CO)	0,36 ns	0,01 ns	0,01 ns	0,01 ns
CA x CO	5,25 *	2,75 ns	2,10 ns	2,16 ns
Nitrogênio (N)	0,76 ns	8,10 **	1,10 ns	1,05 ns
CA x N	0,31 ns	0,64 ns	0,22 ns	0,27 ns
CO x N	0,21 ns	0,10 ns	0,98 ns	0,36 ns
CA x CO x N	0,24 ns	0,10 ns	0,81 ns	0,71 ns
RL CA	0,16 ns	0,30 ns	0,01 ns	0,26 ns
RQ CA	3,05 ns	0,87 ns	1,73 ns	2,37 ns
RL N	1,50 ns	15,38 **	0,55 ns	1,39 ns
RQ N	0,03 ns	0,82 ns	1,65 ns	0,72 ns
CV % (1)	37,66	73,41	95,33	74,90
CV % (2)	5,65	7,04	6,97	10,35

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - RL – valores de F para regressão linear; RQ – valores de F para regressão quadrática.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Para o teor de potássio no solo na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidades, somente foi significativo, conforme a Tabela 21, a interação de doses de calcário x culturas de cobertura. Através do resultado do desdobramento dessa interação apresentado na Tabela 22, verifica-se que a influência das doses de calcário ocorreu somente no tratamento de milho, ajustando-se os dados a uma função quadrática. Analisando esses dados apresentados na Figura 23, verifica-se que os teores de K no solo é crescente até próxima a dose de 812 kg ha⁻¹ de calcário, diminuindo seu teor até a dose 1624 kg ha⁻¹.

O potássio nas plantas não se apresenta como constituinte de substâncias orgânicas, não exercendo função estrutural ou como substância de reserva. Assim, o mesmo é liberado rapidamente ao solo após a dessecação ou final do ciclo das culturas. Deste modo, a influência de culturas de cobertura no teor de K do solo é atribuída principalmente à concentração desse

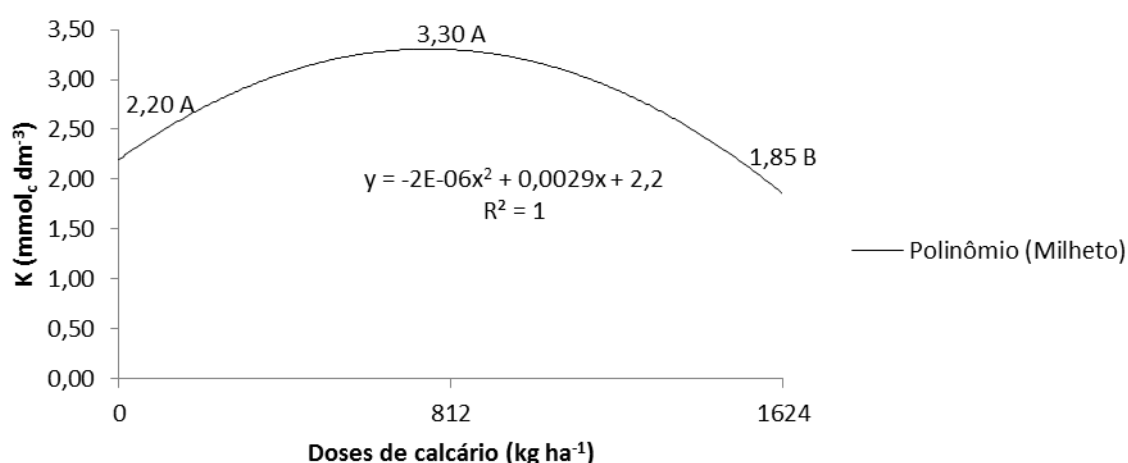
elemento químico nas culturas. Torres e Pereira (2008) verificaram valores semelhantes para o acúmulo de potássio nas plantas de sorgo, crotalária e milho. Comparando áreas cultivadas com milho e crotalária, Perin et al. (2004) verificaram teores maiores em área com milho quando esses teores foram comparados com a cultura da crotalária e área com consórcio dessas culturas. Nessa maior dose de calcário, também observa-se que o maior teor de K no solo foi obtido em área com a cultura da crotalária.

Tabela 22. Desdobramento da interação doses de calcário e culturas de cobertura significativa para o teor de potássio no solo na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milho	2,20	3,30	1,85 B	5,64 *	0,58 ns	10,70 **
Crotalária	2,41	2,40	3,01 A	1,21 ns	1,78 ns	0,64 ns
F	0,22 ns	4,01 ns	6,62 *			
DMS	1					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

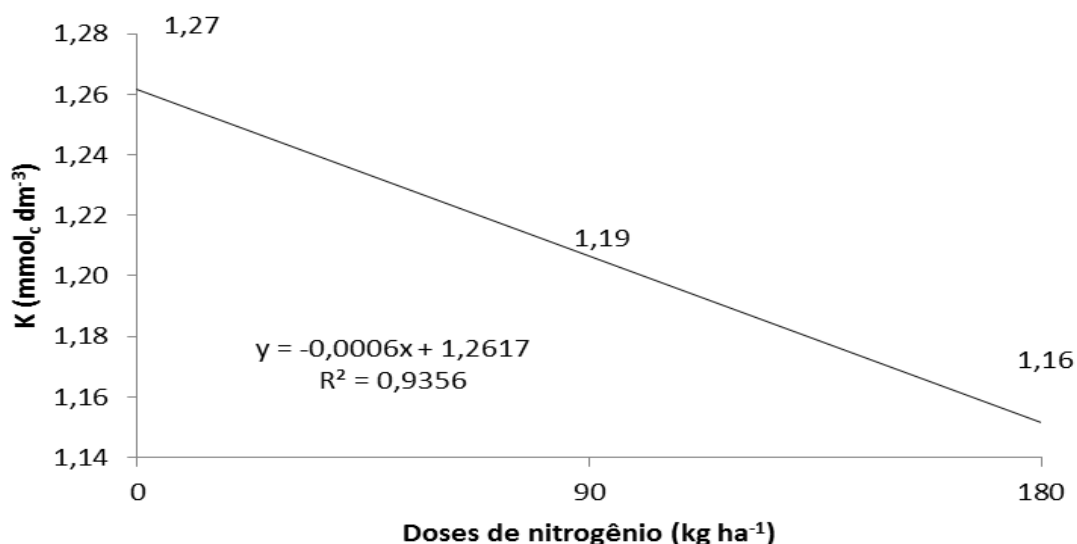
Figura 23. Teor de potássio no solo na camada de 0,00 a 0,05 m em função das doses de calcário e cobertura de milho. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação à camada de 0,05 a 0,10 m de profundidade para os resultados de potássio, observa-se na Tabela 21 diferença estatística nos tratamentos com residual de doses de nitrogênio, ajustando-se os dados a uma função linear. Na Figura 24, nota-se um comportamento linear decrescente com o aumento das doses de nitrogênio. Isso provavelmente está relacionado com a maior produção de grãos propiciadas nessa área com maior dose de N aplicado no mesmo, nos anos agrícolas 2003/04, 2004/05, 2005/06, apresentados por Leal (2008), fato que pode ter proporcionado maior exportação de K.

Figura 24. Teor de potássio no solo na camada de 0,05 a 0,10 m em função das doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.1.5 Teores de cálcio no solo

Na Tabela 24 encontra-se os resultados da análise estatística dos tratamentos utilizados no experimento para os teores de cálcio, nas respectivas camadas amostradas. Observa-se que houve efeito de doses de calcário nos teores de Ca em todas camadas de solo, com exceção a camada de 0,05 a 0,10 m. Os teores de Ca também foram influenciados pelas culturas de cobertura em todas camadas, bem como houve interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa, para os teores de Ca nas camadas de 0,00 a 0,05 e 0,10 a 0,20m.

Em relação ao desdobramento da interação entre doses de calcário x culturas de cobertura, conforme resultados da Tabela 23, verifica-se que nas duas coberturas obteve-se influencia das doses de calcário no teor de cálcio no solo, ajustando-se os dados a função

quadrática e linear, quando a cultura de cobertura foi a milho e a crotalaria respectivamente. Na Figura 25, verifica-se que independente da cultura de cobertura, os teores de Ca no solo aumentaram em função das doses de calcário utilizadas, no entanto, verifica-se que nas doses de 812 e 1624 kg ha⁻¹, os teores encontrados no solo onde cultivou-se o milho foram superiores aos teores na área com crotalaria (Tabela 23).

Tabela 23. Desdobramento da interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa para os teores de cálcio no solo na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário			Valores de F		
	kg ha ⁻¹			F	RL	RQ
	0	812	1624			
Milho	15,44	20,22 A	29,00 A	92,11 **	179,03 **	5,19 *
Crotalaria	13,55	15,22 B	17,33 B	6,98 *	13,90 **	0,06 ns
F	3,47 ns	24,36 **	132,62 **			
DMS	2,26					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
- médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
- DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.

Fonte: Dados da pesquisa.

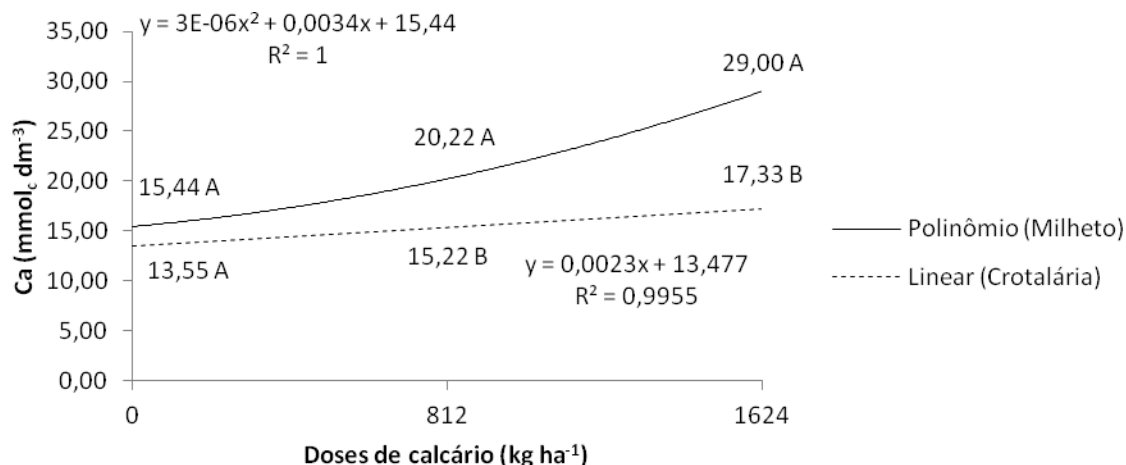
Gonzaga (2009) obteve para área em plantio direto a vários anos, teores de Ca no solo ao redor de 10,9, 8,3, 7,5 e 5,6 mmolc dm⁻³, respectivamente nas camadas 0,0 – 0,05, 0,05 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, portanto, os valores apresentados na Tabela 24 estão acima dos resultados encontrados por este autor.

Tabela 24. Coeficientes de variação, valores de F e médias de teores de cálcio no solo nas camadas de 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m de profundidade, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria – MS, 2008/09.

Tratamento	Camada de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	Ca em mmol _c dm ⁻³			
0 – CA	14,50	10,64	8,36	6,61
812 – CA	17,72	9,11	4,11	3,88
1624 – CA	23,16	10,86	6,17	5,38
Milheto	21,55 A	11,33 A	7,52 A	6,74 A
Crotalária	15,37 B	9,70 B	4,91 B	3,85 B
0 N	18,55	10,33	6,33	5,25
90 N	18,33	10,28	6,16	5,30
180 N	18,50	10,00	6,14	5,33
Teste F				
Calcário (CA)	74,79 **	2,21 ns	12,80 **	8,83 **
Cobertura (CO)	111,83 **	9,32 *	14,49 **	29,74 **
CA x CO	24,31 **	3,11 ns	6,69 *	4,09 ns
Nitrogênio (N)	0,28 ns	0,83 ns	1,01 ns	0,15 ns
CA x N	0,87 ns	0,67 ns	0,52 ns	0,60 ns
CO x N	0,09 ns	0,03 ns	0,21 ns	0,19 ns
CA x CO x N	0,48 ns	0,35 ns	1,34 ns	0,97 ns
RL CA	146,37 **	0,06 ns	6,82 *	3,55 ns
RQ CA	3,21 ns	4,36 ns	18,78 **	14,12 **
RL N	0,03 ns	1,44 ns	1,73 ns	0,29 ns
RQ N	0,53 ns	0,21 ns	0,29 ns	0,01 ns
CV % (1)	11,64	26,64	40,56	36,75
CV % (2)	5,00	8,17	7,14	8,76

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - RL – valores de F para regressão linear; RQ – valores de F para regressão quadrática.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 25. Desdobramento de teores de cálcio no solo na camada de 0,00 a 0,05 m em função das doses de calcário em cada cultura de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

No caso dos valores de cálcio para a camada de 0,05 a 0,10 m de profundidade, verificado na Tabela 24, houve somente efeito dos tratamentos com culturas de cobertura, onde que novamente os teores de cálcio no solo foi superior no tratamento de milho quando comparado com a crotalária.

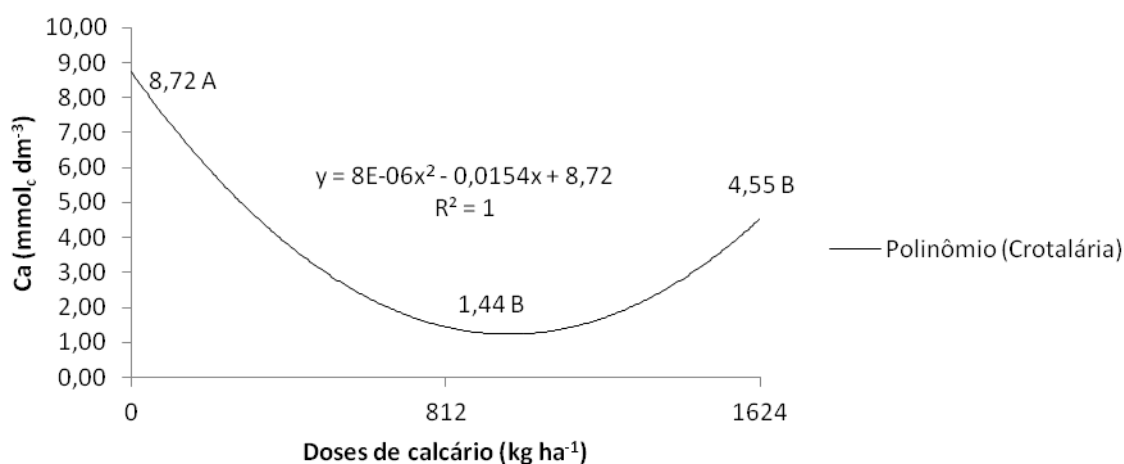
Na camada de 0,10 a 0,20 m também houve interação entre doses de calcário e culturas de cobertura, mas com uma diferença entre a camada de 0,00 a 0,05 m, nessa interação houve somente significância para a cultura de cobertura crotalária, ajustando-se os dados a uma função quadrática, onde o teor de cálcio foi menor próximo a dose de 812 kg ha⁻¹ de calcário (Figura 26). Na comparação entre as culturas de cobertura, houve diferença novamente onde se aplicou calcário, destacando-se a área com milho com os maiores teores no solo (Tabela 25).

Tabela 25. Desdobramento da interação doses de calcário e culturas de cobertura significativa para o teor de cálcio no solo na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milho	8,00	6,77 A	7,77 A	0,60 ns	0,03 ns	1,16 ns
Crotalária	8,72	1,44 B	4,55 B	18,89 **	12,30 **	25,79 **
F	0,37 ns	20,15 **	7,35 *			
DMS	2,64					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 26. Desdobramento de teores de cálcio no solo na camada de 0,10 a 0,20 m em função das doses de calcário em área com crotalária como cultura de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.

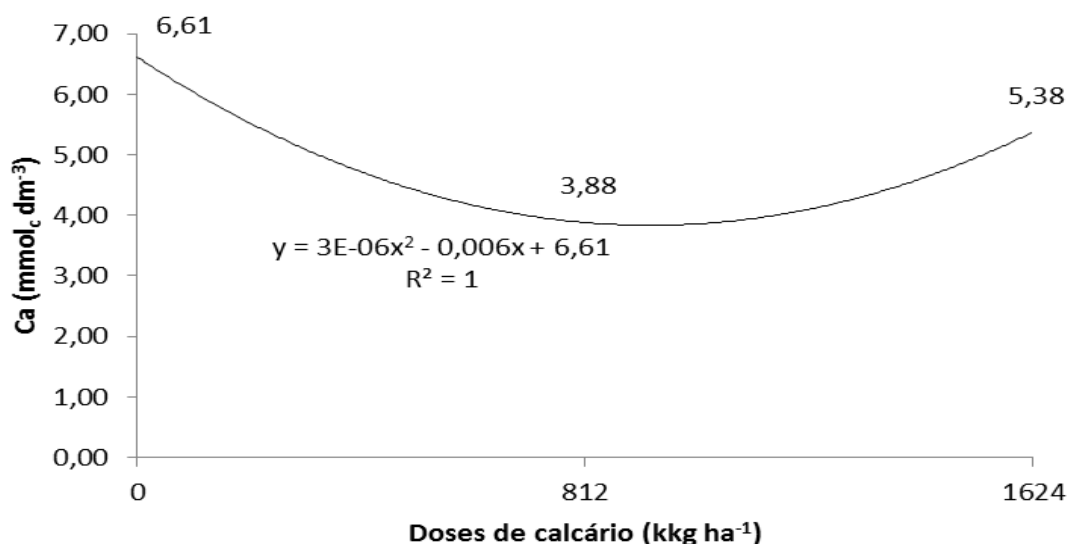


Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação à camada de 0,20 a 0,40 m, os teores de Ca no solo somente foram influenciados pelas doses de calcário e culturas de coberturas utilizadas (Tabela 24).

Na Figura 27 verifica-se que os teores de Ca no solo nesta camada, ajustaram-se a uma função quadrática, sendo o maior teor, obtido na dose 0 de calcário. Quanto às culturas de cobertura, novamente o na área com milho obteve-se o maior teor de Ca no solo. Leal (2008) também observou que o milho proporciona maior disponibilidade de Ca no solo em todas as profundidades avaliadas.

Figura 27. Teores de cálcio no solo na camada de 0,20 a 0,40 m em função das doses de calcário utilizadas. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.1.6 Teores de magnésio no solo

A análise estatística e as médias para os teores de magnésio no solo nas diferentes profundidades amostradas, em função dos tratamentos utilizados, encontram-se na Tabela 26, onde se verifica efeito dos tratamentos doses de calcário e culturas de cobertura e interação entre estes, em todas as profundidades avaliadas. Os teores médios de Mg no solo obtidos na Tabela 26, até a profundidade de 0,10 m, encontram dentro da faixa considerada ideal por Sousa e Lobato (2004), para cultivos em solos de cerrado (5 – 10 mmolc dm⁻³).

Os teores de Mg na camada de 0,00 a 0,05 m (Tabela 27), nas parcelas onde houve aplicação de calcário (doses 812 ou 1624 kg ha⁻¹), foram maiores quando a cultura de cobertura foi o milho, mas independente da cultura de cobertura, o teor de magnésio

aumentou linearmente em função das doses de calcário utilizadas (Tabela 27 e Figura 28), comportamento este, também observado para os teores de Ca nesta camada avaliada. Como tem-se o calcário como a principal forma de se adicionar Ca e Mg ao solo e pelo fato desta ser a camada mais superficial do solo avaliada, verifica-se que o aumento da dose de calcário aplicada, levou também ao aumento dos teores desses elementos no solo, nessa profundidade.

Tabela 26. Coeficientes de variação, valores de F e de regressão e médias de teores de magnésio no solo nas camadas de 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m de profundidade, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria – MS, 2008/09.

Tratamento	Camada de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- Mg em mmol _c dm ⁻³ -----			
0 – CA	7,39	5,42	4,00	3,72
812 – CA	8,50	4,28	2,42	2,55
1624 – CA	10,94	5,55	3,13	2,80
Milheto	11,33 A	5,59 A	3,59 A	3,72 A
Crotalária	7,55 B	4,57 B	2,78 B	2,33 B
0 N	8,83	5,28	3,14	3,05
90 N	8,86	4,97	3,25	3,02
180 N	9,14	5,00	3,17	3,00
Teste F				
Calcário (CA)	36,40 **	15,09 **	11,78 **	17,85 **
Cobertura (CO)	63,77 **	23,89 **	9,33 *	68,43 **
CA x CO	12,38 **	11,62 **	9,75 **	26,60 **
Nitrogênio (N)	0,35 ns	1,66 ns	0,20 ns	0,03 ns
CA x N	0,52 ns	0,56 ns	1,70 ns	0,97 ns
CO x N	0,01 ns	0,91 ns	1,65 ns	0,09 ns
CA x CO x N	0,01 ns	0,75 ns	1,06 ns	0,37 ns
RL CA	69,66 **	0,30 ns	6,95 *	19,87 **
RQ CA	3,26 ns	29,89 **	16,61 **	15,82 **
RL N	0,57 ns	2,24 ns	0,02 ns	0,01 ns
RQ N	0,13 ns	1,07 ns	0,37 ns	0,01 ns
CV % (1)	14,29	15,06	30,76	20,37
CV % (2)	13,61	10,96	17,35	22,02

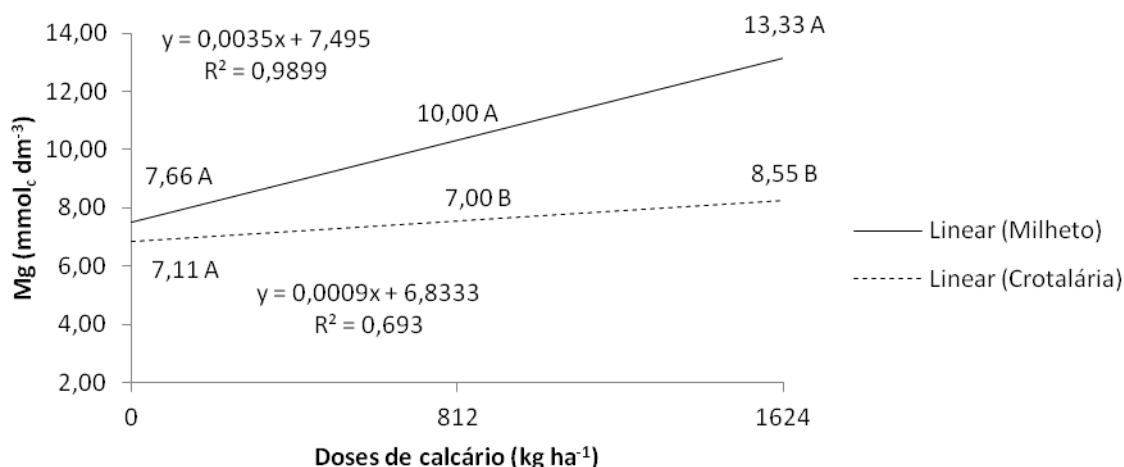
- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - RL – valores de F para regressão linear; RQ – valores de F para regressão quadrática.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 27. Desdobramento da interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa para teores de magnésio no solo na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	7,66	10,00 A	13,33 A	44,69 **	88,47 **	0,91 ns
Crotalária	7,11	7,00 B	8,55 B	4,15 *	5,75 *	2,55 ns
F	0,85 ns	24,79 **	62,89 **			
DMS	1,34					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 28. Teores de magnésio no solo na camada de 0,00 a 0,05 m em função das doses de calcário e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

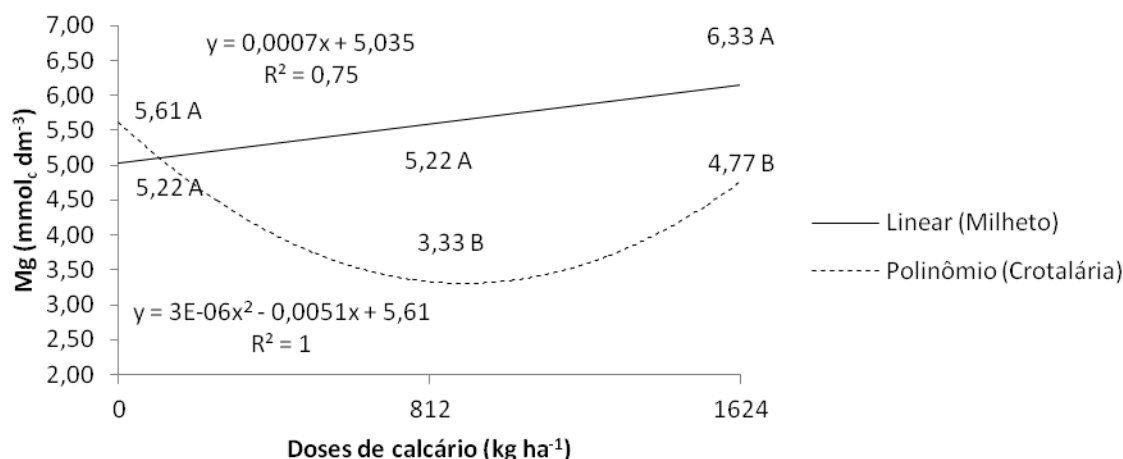
De acordo com a Tabela 28, que contém os dados de desdobramento da interação de doses de calcário x culturas de cobertura, para teores de Mg na camada de 0,05 a 0,10 m de profundidade, verifica-se novamente diferença estatística entre culturas de cobertura, destacando, nas parcelas onde foi aplicado calcário, onde se cultivou milho como cultura de cobertura, se obteve maior teor de Mg no solo nesta camada, no entanto, o comportamento dos teores de magnésio, em função das doses de calcário aplicadas, dentro de cada cultura de cobertura, foi diferente, ou seja, dentro de milho, o teor de Mg aumentou linearmente em função das doses de calcário e na área com crotalária, os resultados e ajustaram a uma função quadrática, com o menor teor obtido próximo a dose de 812 kg ha⁻¹ de calcário (Figura 29).

Tabela 28. Desdobramento da interação doses de calcário e culturas de cobertura significativa para o teor de magnésio no solo na camada de 0,05 a 0,10 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	5,22	5,22 A	6,33 A	6,32 *	9,48 *	3,16 ns
Crotalária	5,61	3,33 B	4,77 B	20,39 **	5,33 *	35,46 **
F	1,16 ns	27,39 **	18,58 **			
DMS	0,8					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 29. Teores de magnésio no solo na camada de 0,05 a 0,10 m em função das doses de calcário e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m, os resultados são semelhantes para os teores de magnésio no solo. Nesse caso houve interação de doses de calcário e culturas de cobertura, de acordo com as Tabela 29 e 30, onde se verifica que para doses de calcário, houve efeito significativo somente quando a cultura de cobertura foi a crotalária. Observando Figura 30 e Figura 31, nota-se o comportamento quadrático com ponto mínimo para dose de 812 kg ha⁻¹ de calcário, ou seja, para essas duas camadas houve menor teor de magnésio para o tratamento da dose recomendada de calcário, mas isso pode estar relacionado com o histórico da área, vistos que esse tratamento tem o residual mas antigo de calcário em relação aos outros dois tratamentos. Também pode ter ocorrido, em função da aplicação de calcário,

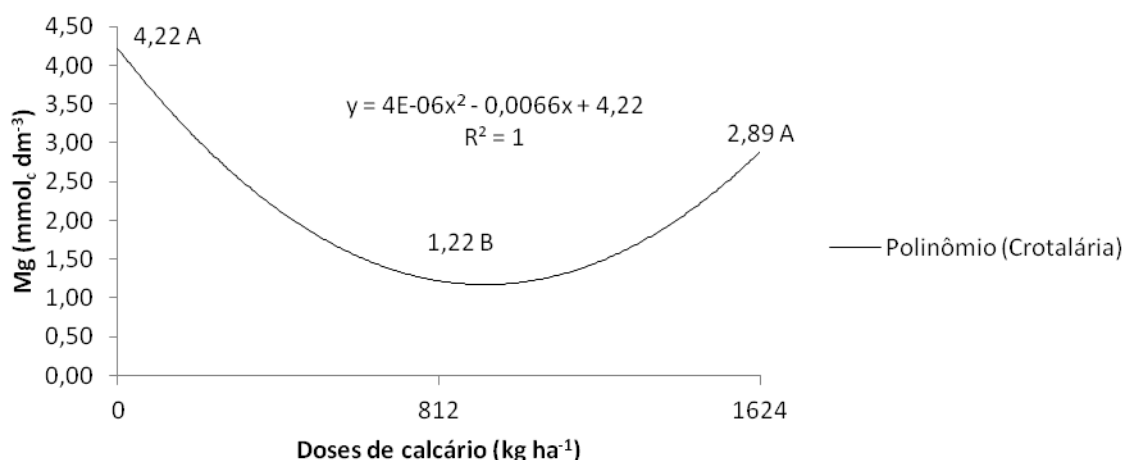
uma melhoria quanto às características químicas do solo e isto ter favorecido o desenvolvimento das plantas e maior absorção de Mg do solo, diminuindo assim o seu teor nestes tratamentos.

Tabela 29. Desdobramento da interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa para o teor de magnésio no solo na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	3,77	3,61 A	3,39	0,36 ns	0,71 ns	0,01 ns
Crotalária	4,22	1,22 B	2,89	21,17 **	8,33 *	34,02 **
F	0,92 ns	26,75 **	1,17 ns			
DMS	1,03					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 30. Teores de magnésio no solo na camada de 0,10 a 0,20 m em função das doses de calcário e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

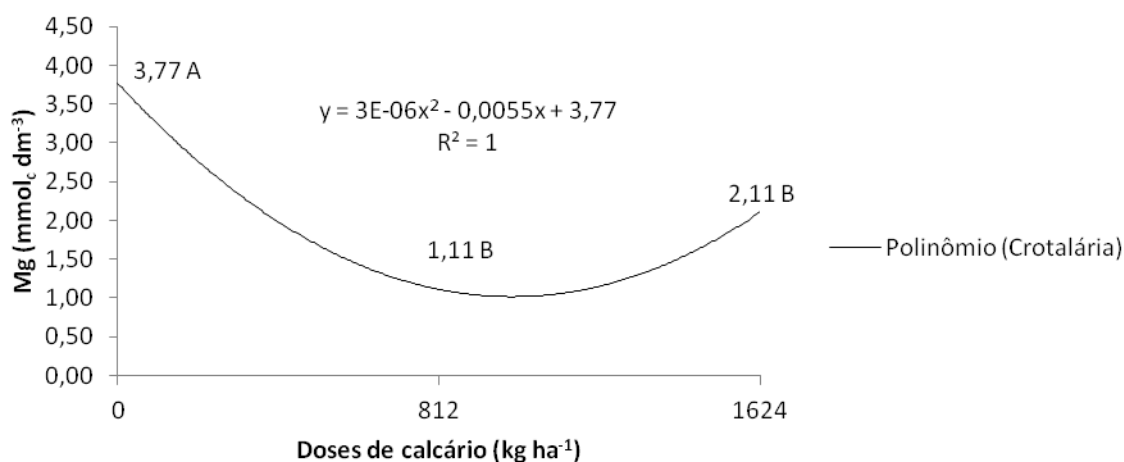
Na comparação entre culturas de cobertura, verifica-se que na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade, somente houve diferença para os teores de Mg quando houve a aplicação de 812 kg ha⁻¹ (Tabela 29) e na camada de 0,20 a 0,40 m, essa diferença foi em ambas às doses de calcário utilizadas (Tabela 30). Nessas duas camadas de solo, quando houve diferença estatística, na área com milho obteve-se maior teor de Mg no solo, como também verificado para o Ca.

Tabela 30. Desdobramento da interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa para o teor de magnésio no solo na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	3,66	4,00 A	3,50 A	1,53 ns	0,33 ns	2,74 ns
Crotalária	3,77	1,11 B	2,11 B	42,92 **	32,85 **	52,99 **
F	0,14 ns	98,68 **	22,81 **			
DMS	0,65					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 31. Teores de magnésio no solo na camada de 0,20 a 0,40 m em função das doses de calcário e cultura de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.1.7 Saturação por bases

Na Tabela 31 encontram-se os valores de saturação por bases nas diferentes camadas de solo avaliadas e a análise estatística dos mesmos. Verifica-se teste F significativo para doses de calcário em todas as profundidades e, no entanto, para culturas de cobertura, o teste F somente foi significativo nas duas camadas mais superficiais. A interação doses de calcário x culturas de cobertura, somente não foi significativa para os valores de V% na camada de 0,05 a 0,10 m. Também verifica-se efeito significativo de doses de nitrogênio nas três camadas mais profundas. Nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m, observa-se efeito

significativo das interações doses de calcário x doses de nitrogênio e culturas de cobertura x doses de nitrogênio.

Na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade, verifica-se através dos resultados apresentados na Tabela 32 e Figura 32, que os valores de saturação por bases aumentaram linearmente em função das doses de calcário utilizada, independente da cultura de cobertura, no entanto, quando comparado as culturas de cobertura, verifica-se diferença estatísticas quando aplicou-se o calcário e em ambas doses, na área com milho, os valores de V% foram maiores. Quando da aplicação das doses de calcário, em outubro/2007, objetivou-se elevar a saturação por bases a 60% e para isso seria necessário à aplicação de 812 kg ha⁻¹, no entanto, dois anos após a aplicação das doses em superfície, somente observa-se valores próximo a 60% quando da aplicação do dobro da dose necessária e utilizando-se o milho como cultura de cobertura.

Tabela 31. Coeficientes de variação, valores de F e de regressão e médias de saturação por bases do solo nas camadas de 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m de profundidade, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria – MS, 2008/09.

Tratamento	Camada de solo (m)			
	0,00 – 0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- V% -----			
0 – CA	25,67	13,64	9,17	8,77
812 – CA	38,57	10,78	3,89	3,99
1624 – CA	50,03	15,71	5,60	5,70
Milheto	44,92	15,33 A	6,54	7,03
Crotalária	31,26	11,44 B	5,90	5,28
0 N	39,34	14,69	6,84	6,68
90 N	37,91	13,27	6,23	6,34
180 N	37,03	12,18	5,60	5,44
Teste F				
Calcário (CA)	32,69 **	4,34 *	13,15 **	11,02 **
Cobertura (CO)	30,80 **	8,05 *	0,56 ns	4,33 ns
CA x CO	4,25 *	3,00 ns	10,78 **	12,65 **
Nitrogênio (N)	2,06 ns	15,14 **	25,96 **	20,51 **
CA x N	0,31 ns	0,31 ns	3,15 *	1,96 ns
CO x N	0,17 ns	2,22 ns	15,10 **	18,31 **
CA x CO x N	0,61 ns	0,69 ns	11,89 **	7,43 **
RL CA	62,30 **	1,52 ns	11,55 **	8,81 *
RQ CA	0,08 ns	7,15 *	14,76 **	13,22 **
RL N	4,04 ns	30,11 **	51,91 **	38,37 **
RQ N	0,08 ns	0,17 ns	0,01 ns	2,66 ns
CV % (1)	23,75	37,67	50,60	50,31
CV % (2)	9,05	10,25	8,29	9,78

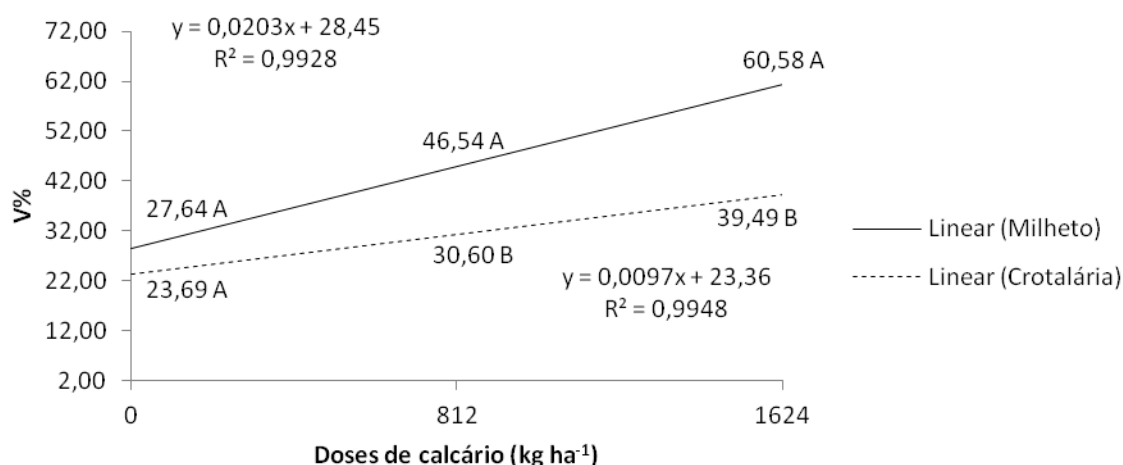
- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - RL – valores de F para regressão linear; RQ – valores de F para regressão quadrática.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 32. Desdobramento da interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa para saturação por bases no solo na camada de 0,00 a 0,05 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	27,64	46,54 A	60,58 A	30,04 **	59,65 **	0,43 ns
Crotalária	23,69	30,60 B	39,49 B	6,90 *	13,72 **	0,07 ns
F	0,86 ns	13,98 **	24,46 **			
DMS	3,01					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 32. Saturação por bases no solo na camada de 0,00 a 0,05 m em função das doses de calcário e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Nesta camada, superficial, nota-se uma grande diferença das médias de saturação de bases com as camadas inferiores, proporcionada pelo aumento dos teores de Ca, Mg e K, resultado semelhantemente encontrado por Moreira et al. (2011).

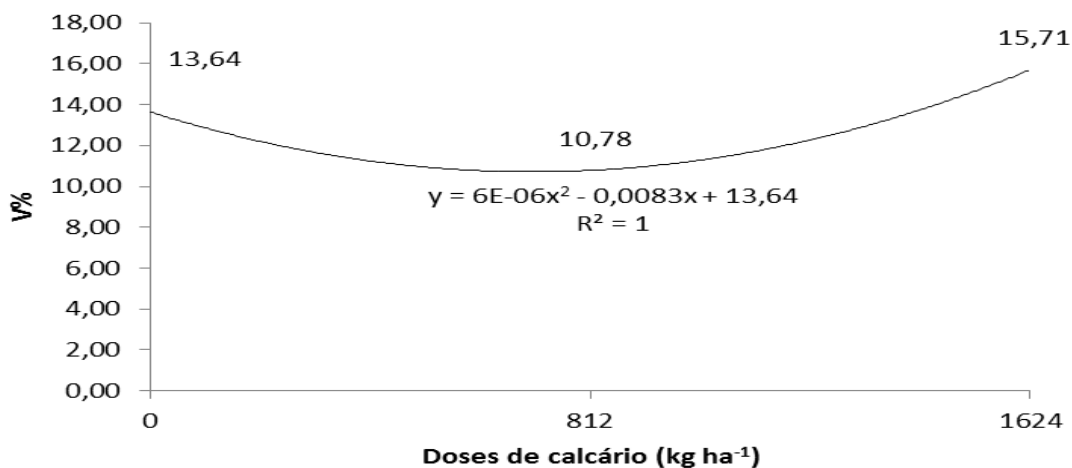
Na Figura 33 é apresentado o comportamento da saturação por bases no solo na camada de 0,05 a 0,10 m, em função das doses de calcário utilizada. Verifica-se que os resultados ajustaram-se a função quadrática com o ponto de mínimo próximo a dose de 812 kg ha⁻¹. Nessa camada, normalmente a dose de 812 kg ha⁻¹, também proporcionou os menores teores de K, Ca e Mg, elementos estes que estão diretamente relacionados com o valor de V% no solo.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 31, verifica-se na camada de 0,05 a 0,10 m, que em área onde cultivou-se a cultura do milho, obtiveram maiores valores de V%, como também observado para os teores de Ca e Mg nesta camada, evidenciando a importância desta cultura para a melhoria das características químicas do solo neste sistema de cultivo.

Na Figura 34 verifica-se o comportamento dos valores de soma de base em função do residual de doses de nitrogênio utilizadas, ajustando-se os dados a função linear decrescente. Nas Tabela 13 e Tabela 14 verifica-se que nesta camada de solo avaliada, houve diminuição dos valores de pH no solo em função do aumento da dose de N utilizada anteriormente ao cultivo da soja. Com há uma estreita relação entre pH e V%, também verifica-se esse comportamento nos valores de V% em função do residual de doses de N utilizadas.

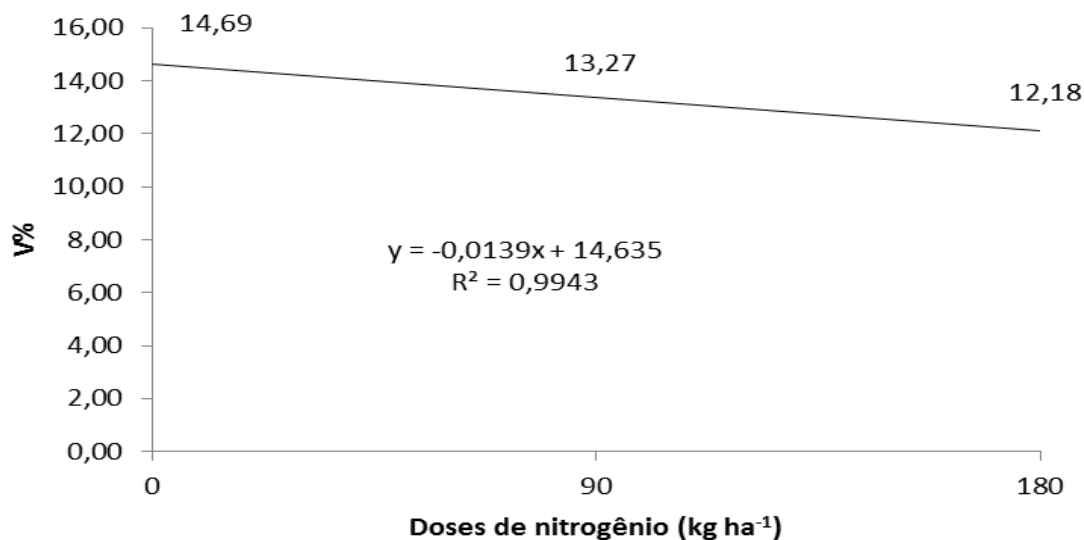
Devemos destacar que os valores de saturação por bases encontrados abaixo da camada de 0,00 a 0,05 m, estão muito abaixo do recomendado para a soja na camada de 0,0 a 0,20 m, ou seja, segundo Raij et al. (1996), esse valor deve ser de 60%.

Figura 33. Saturação por bases no solo na camada de 0,05 a 0,10 m em função das doses de calcário. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 34. Saturação de bases do solo na camada de 0,05 a 0,10 m em função das doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09



Fonte: Dados da pesquisa.

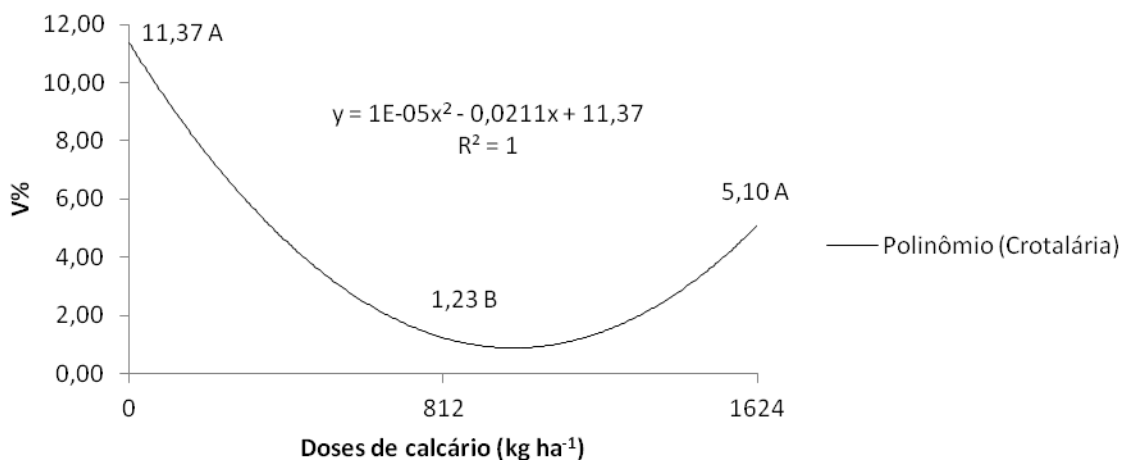
Na Tabela 33 e Figura 35, verifica-se que na camada de 0,10 a 0,20 m, houve somente efeito para a cultura de cobertura crotalária, e nesse sentido o comportamento é semelhante ao verificado na camada de 0,05 a 0,10 m, ou seja, os valores de V% se ajustaram a função quadrática com o ponto de mínimo próximo a doses de 812 kg ha⁻¹. Também se verifica que na dose 0 e 812 kg ha⁻¹ de calcário, houve diferença entre os valores de V% obtidos em cada cultura de cobertura, ou seja, onde não se aplicou calcário, os maiores valores foram obtidos onde cultivou-se a crotalária, situação essa inversa, nas parcelas onde aplicou-se a dose 812 kg ha⁻¹ de calcário.

Tabela 33. Desdobramento da interação doses de calcário x culturas de cobertura significativa para saturação por bases no solo na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milheto	6,97 B	6,55 A	6,11	0,17 ns	0,33 ns	0,00 ns
Crotalária	11,37 A	1,23 B	5,10	23,76 **	17,86 **	29,67 **
F	8,80 *	12,86 **	0,46 ns			
DMS	3,31					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 35. Saturação por bases no solo na camada de 0,10 a 0,20 m em função das doses de calcário na cobertura de crotalária. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação ao desdobramento da interação de doses de calcário x residual de doses de nitrogênio na camada de 0,10 a 0,20 m (Tabela 34), verifica-se efeito significativo em todos os tratamentos. Para o desdobramento do efeito da variação das doses de calcário em cada residual de doses de N (Figura 36), houve um comportamento semelhante em todas parcelas com residual de doses de N avaliados, ou seja, os resultados ajustaram-se a uma função quadrática, com ponto de mínimo entre as doses de 812 e 1624 kg ha⁻¹ de calcário.

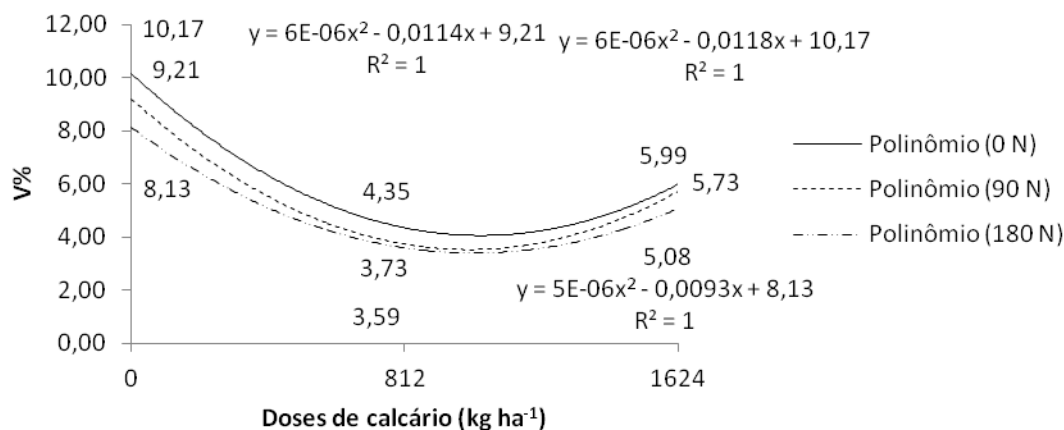
Tabela 34. Desdobramento da interação residual de doses de nitrogênio x doses de calcário significativa para saturação por bases no solo na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Nitrogênio kg ha ⁻¹	Doses de calcário kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
0	10,17	4,35	5,99	202,86 **	197,12 **	208,58 **
90	9,21	3,73	5,73	172,89 **	135,89 **	209,89 **
180	8,13	3,59	5,08	120,48 **	104,67 **	136,30 **
Valores de F	F	25,58 **	3,71 *	4,97 ns		
	RL	47,10 **	6,56 *	9,33 **		
	RQ	0,05 ns	0,85 ns	0,61 ns		

➤ ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.

Fonte: Dados da pesquisa.

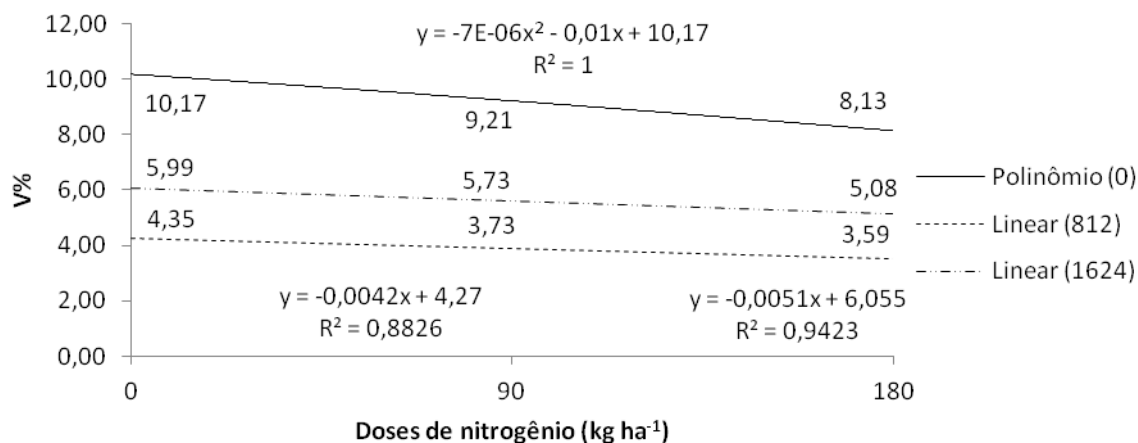
Figura 36. Saturação por bases no solo na camada de 0,10 a 0,20 m em função das doses de calcário e residual de doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Para o desdobramento da variação das doses de N em cada dose de calcário, na Figura 37, verifica-se que independente das doses de calcário utilizada, houve uma redução no valor de V% em função do residual de doses de N utilizadas.

Figura 37. Saturação por bases no solo na camada de 0,10 a 0,20 m em função do residual de doses de nitrogênio e doses de calcário. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 35 e Figura 38, referentes ao desdobramento da interação entre residual de doses de nitrogênio e culturas de cobertura, verifica-se que para o residual de doses de nitrogênio, somente houve efeito quando a cultura de cobertura foi o milheto, ajustando-se os

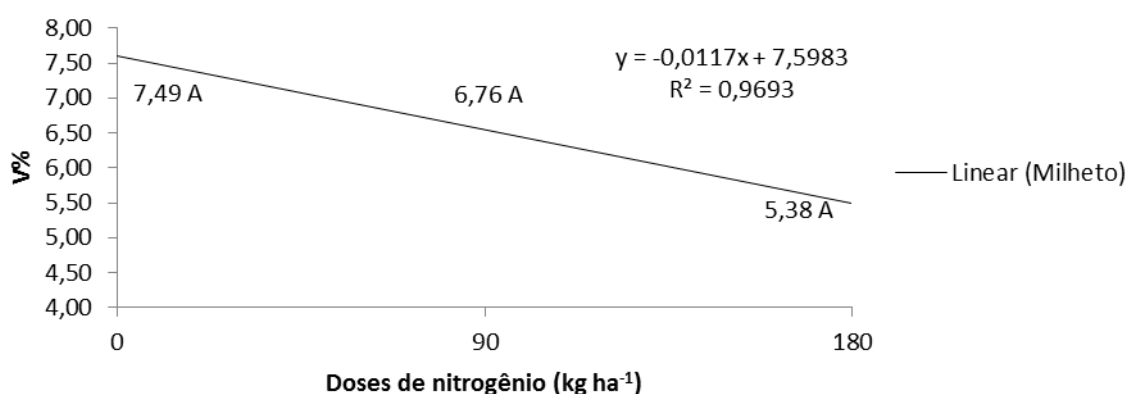
dados a função quadrática (Figura 38). No entanto se observa que há redução nos valores de V% em função do aumento da dose de nitrogênio utilizada. Na comparação entre as culturas de cobertura, verifica-se que houve diferença apenas no residual da dose 0 e 90 kg ha⁻¹, destacando-se novamente o milho com maiores valores. No entanto, verifica-se que os valores obtidos são muito baixos, independente da cultura de cobertura ou dose de N utilizada anteriormente à soja.

Tabela 35. Desdobramento da interação doses de nitrogênio e culturas de cobertura significativa para saturação por bases no solo na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de nitrogênio kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	90	180	F	RL	RQ
Milheto	7,49 A	6,76 A	5,38	38,79 **	75,14 **	2,43 ns
Crotalária	6,19 B	5,69 B	5,82	2,26 ns	2,31 ns	2,20 ns
F	28,45 **	19,38 **	3,29 ns			
DMS	0,5					

- ns - tratamentos não significativos; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 38. Saturação por bases no solo na camada de 0,10 a 0,20 m em função das doses de nitrogênio e culturas de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Nas Tabela 36 e Tabela 37 são apresentados as médias dos valores de V% em função de doses de calcário ou residual de doses de nitrogênio e culturas de cobertura, para a camada de 0,20 a 0,40 m. Verifica-se que as doses de calcário proporcionaram alterações nos valores de V%, quando a cultura de cobertura foi a crotalária, no entanto, quando se avaliou o residual de

doses de N, obteve-se efeito em área com a cultura do milho. Em ambos os casos, os valores de V% ajustaram-se a uma função quadrática (Figura 39 e Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 40), com ponto de mínimo próximo a dose de 812 kg ha⁻¹ de calcário ou diminuindo em função do residual das doses de nitrogênio avaliadas. Independente da cultura de cobertura utilizada, dose de calcário ou residual de doses de N, os valores de V% podem ser considerados baixos.

Tabela 36. Desdobramento da interação doses de calcário e culturas de cobertura significativa para saturação por bases no solo na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de calcário kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	812	1624	F	RL	RQ
Milho	6,74 B	6,96 A	7,38 A	0,09 ns	0,19 ns	0,01 ns
Crotalaria	10,79 A	1,01 B	4,02 B	23,57 **	21,51 **	25,64 **
F	7,70 *	16,64 **	5,29 *			
DMS	3,25					

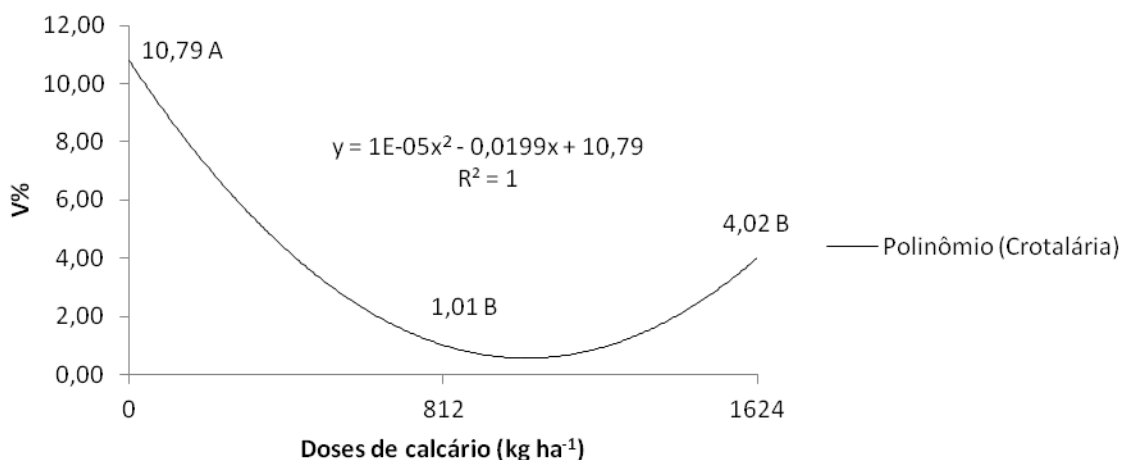
- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 37. Desdobramento da interação doses de nitrogênio e culturas de cobertura significativa para saturação por bases no solo na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	Doses de nitrogênio kg ha ⁻¹			Valores de F		
	0	90	180	F	RL	RQ
Milho	7,80 A	7,66 A	5,62	36,96 **	58,78 **	15,15 **
Crotalaria	5,56 B	5,01 B	5,25	1,85 ns	1,95 ns	2,51 ns
F	62,19 **	87,30 **	1,72 ns			
DMS	0,58					

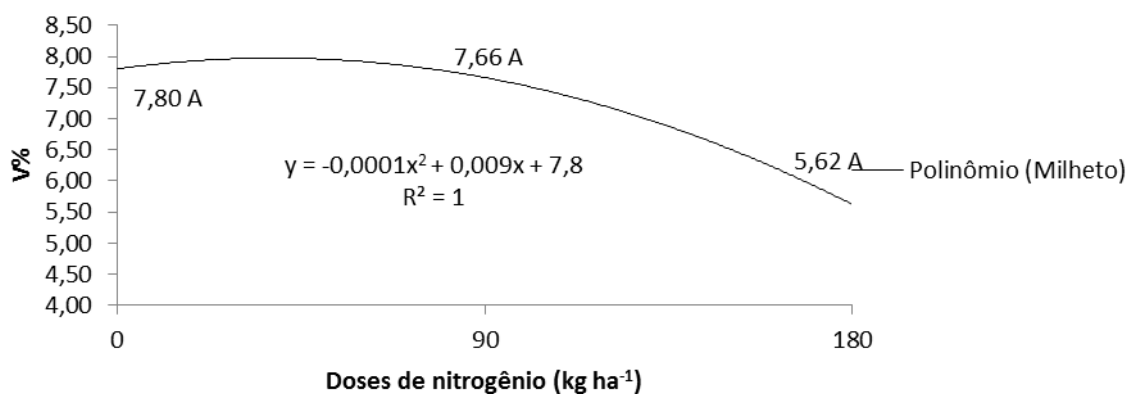
- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 39. Saturação por bases no solo na camada de 0,20 a 0,40 m em função das doses de calcário em área com crotalária como cultura de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 40. Saturação por bases no solo na camada de 0,20 a 0,40 m em função das doses de nitrogênio em área com milho como cultura de cobertura. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.2 População de plantas da soja e nodulação

Verifica-se que não houve resultado significativo pelo teste F para nódulos planta⁻¹ e massa dos nódulos, porém houve significância para regressão nas doses de calcário para a quantidade de nódulos planta⁻¹ (Tabela 38). Em relação à população de plantas houve diferença no teste F somente para a população inicial para doses de nitrogênio. Sendo que na

análise de regressão houve diferença tanto para a população inicial como para a final, em um comportamento linear.

Desse modo, o efeito benéfico do sistema plantio direto na nodulação de soja, verificado também por Voss e Sidiras (1985), no Paraná, foi semelhante ao obtido no presente trabalho, com sequências de milho e crotalária.

Tabela 38. Coeficientes de variação, valores de F e de regressão e médias do número de nódulos por planta, massa dos nódulos, população inicial e final da soja, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria – MS, 2008/09.

Tratamentos	Nódulos		População (plantas ha ⁻¹)	
	Nº planta ⁻¹	mg nódulo ⁻¹	inicial	final
0 – CA	46,72	4,84	318.519	309.876
812 – CA	59,16	4,72	314.815	304.938
1624 – CA	44,50	4,59	301.234	285.185
Milho	48,92	4,19	309.465	294.650
Crotalária	51,33	5,25	313.580	305.349
0 N	50,00	5,19	327.160	318.518
90 N	49,38	4,39	307.407	295.061
180 N	51,00	4,57	300.000	286.419
Teste F				
Calcário (CA)	3,15 ns	0,09 ns	1,53 ns	2,06 ns
Cobertura (CO)	0,22 ns	4,96 ns	0,23 ns	1,04 ns
CA x CO	2,13 ns	0,17 ns	1,19 ns	0,91 ns
Nitrogênio (N)	0,03 ns	1,35 ns	3,90 *	3,28 ns
CA x N	0,43 ns	1,14 ns	0,51 ns	0,61 ns
CO x N	0,34 ns	0,36 ns	0,16 ns	0,08 ns
CA x CO x N	0,20 ns	0,26 ns	1,86 ns	1,83 ns
RL CA	0,12 ns	0,18 ns	2,76 ns	3,69 ns
RQ CA	6,18 *	0,00 ns	0,30 ns	0,44 ns
RL N	0,02 ns	1,50 ns	7,30 *	6,13 *
RQ N	0,04 ns	1,20 ns	0,50 ns	0,43 ns
CV % (1)	37,67	37,01	10,02	12,85
CV % (2)	37,74	32,60	9,68	12,97

➤ ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%.

➤ RL – valores de F para regressão linear; RQ – valores de F para regressão quadrática.

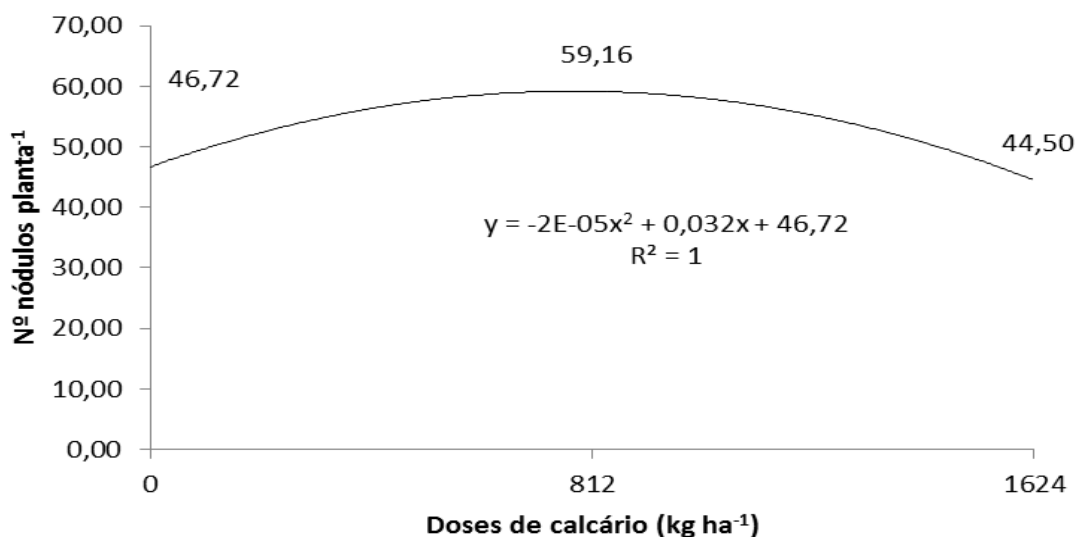
Fonte: Dados da pesquisa.

Em contrário ao presente estudo, Faria (2009) demonstrou que a nodulação da soja foi afetada pela adição das coberturas vegetais em maiores concentrações, para todas as coberturas, onde a regressão quadrática demonstra uma acentuada redução na matéria seca dos nódulos em virtude do aumento das concentrações, porém a adição de 2,0 kg de matéria seca m⁻¹ de soja, milho e sorgo proporcionou uma leve inclinação positiva na matéria seca dos nódulos. Neste caso, pode ter existido um efeito aleloquímico, com efeitos negativos à

nodulação da soja, possivelmente decorrente da liberação dos compostos secundários derivados da decomposição das coberturas vegetais testadas. Tais compostos podem ter agido de diferentes maneiras, ou seja, os agentes aleloquímicos terem agido diretamente na planta de soja inibindo a exsudação radicular, ou a inibição pode ter ocorrido diretamente na bactéria simbiote, tanto interferindo no reconhecimento da planta quanto no seu metabolismo (FARIA, 2009).

Na Figura 41 é observada maior quantidade nódulos na dose de 812 kg ha⁻¹ de calcário em um comportamento quadrático.

Figura 41. Número de nódulos por planta em função das doses de calcário. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na literatura existem poucos trabalhos que apresentam efeitos benéficos ao número de nódulos da cultura da soja com o aumento de doses de calcário, mas em estudo realizado por Jorge et al. (2004), com relação à matéria seca dos nódulos, da parte aérea e das raízes da soja, avaliadas aos 65 dias após a germinação, os resultados mostraram ocorrer efeito significativo tanto do modo de preparo e manejo do solo como da aplicação do corretivo e condicionador do solo sobre as características avaliadas na soja. O sistema de cultivo convencional proporcionou maiores produções de matéria seca da parte aérea e de raízes bem como da altura de inserção da primeira vagem, seguido do plantio direto, cultivo mínimo e ausência de preparo do solo. Por se tratar de uma área de pastagem degradada e ácida, a

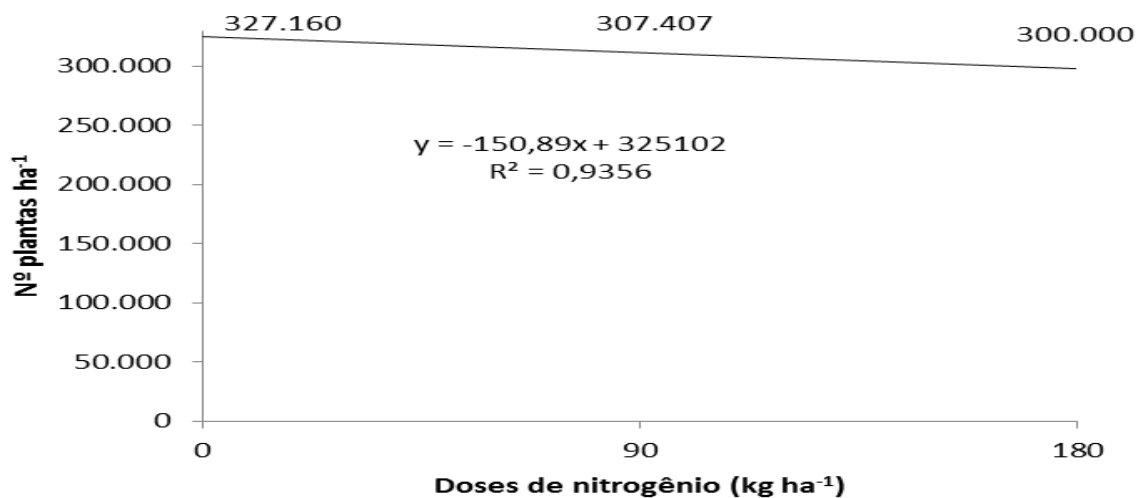
melhor homogeneização das bases no solo, proporcionado pela incorporação, possivelmente justifique esta constatação.

Voss e Sidiras (1985) em Londrina e Carambeí – PR constataram que no sistema de plantio direto houve favorecimento à nodulação das raízes de soja, em comparação com o plantio em sistema convencional. Portanto, resultados contrários aos observados na literatura podem estar relacionados com a ausência da construção de fertilidade do solo através da adoção do sistema de manejo convencional antes da implantação do sistema de manejo em plantio direto.

Esta constatação parece indicar que para a adoção do sistema de plantio direto a partir do primeiro ano em áreas de pastagem degradadas, cuidados especiais com a inoculação devem ser observados. Fontaneli et al. (2000), estudando a produtividade e nodulação, observaram que após cinco anos de cultivo de diferentes rotações com soja, que na média dos anos não houve diferenças significativas entre o tipo de cultura antecessora e o rendimento de grãos de soja. Estes mesmos autores observaram ainda, que no sistema de plantio direto ocorreu nodulação abundante para a cultura da soja, superando a considerada suficiente para a fixação biológica de N (FONTANELI et al., 2000).

Para população inicial e final houve redução linear do número de plantas por hectare conforme mostrado na Figura 42 e Figura 43, respectivamente, em função do residual das doses de nitrogênio, ou seja, quanto maior a dose de nitrogênio menor foi a população de plantas ha^{-1} , no entanto, se verifica que a população de plantas, independente do residual da dose de N avaliada, encontra-se dentro da população desejada quando da instalação da cultura. Segundo EMBRAPA (2008), a soja permite variações em sua população de plantas sem alterar a produtividade final, desde que essa variação não interfira na altura de plantas, fechamento das entrelinhas e acamamento das plantas.

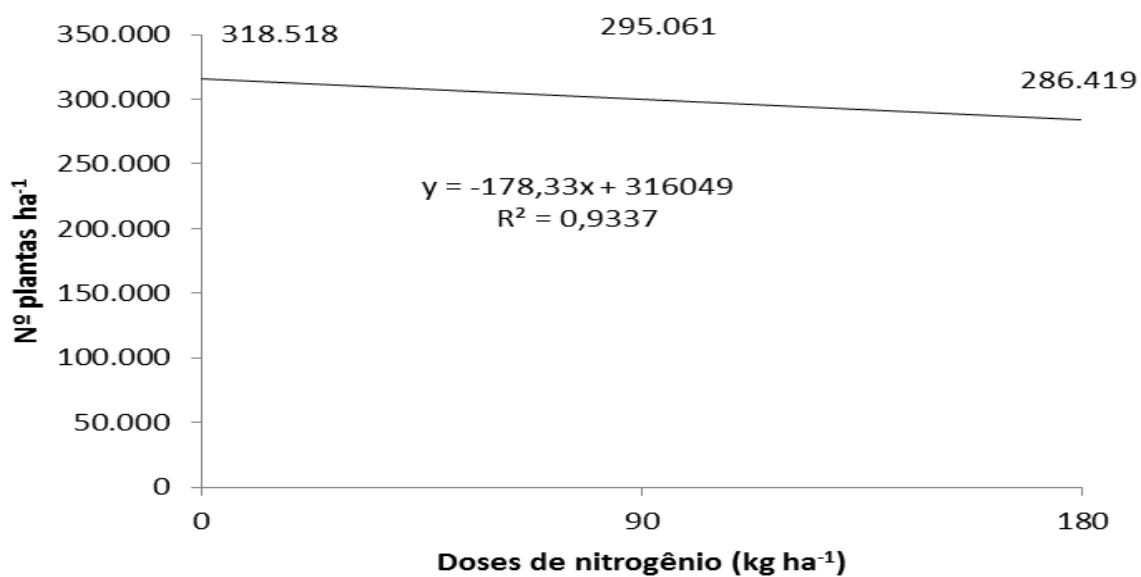
Figura 42. População inicial de plantas em função das doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

É importante salientar que esse efeito apresentou-se desde o desenvolvimento inicial da planta de soja, conforme a Figura 42, e perdurando até o desenvolvimento final, observando os dados da Figura 43 com número menor de plantas nas diferentes doses, porém mantendo as proporções.

Figura 43. População final de plantas em função das doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.3 Estado nutricional da cultura da soja

Os resultados de análise foliar da soja para avaliar o estado nutricional no ano agrícola de 2008/09, são apresentados na Tabela 39. Observa-se que o único nutriente que teve influência dos tratamentos na análise estatística foi o potássio. Apresentando diferença para as doses de calcário e para interação da mesma com as culturas de cobertura. A Figura 44, mostra o efeito do calcário sobre o teor de K foliar, evidenciando que até a dose de 812 kg ha⁻¹ houve uma tendência de aumento no K, e a partir dessa dose até a dose de 1624 kg ha⁻¹ há um decréscimo em seu teor.

Quanto ao desdobramento da interação de doses de calcário x culturas de cobertura para o teor de K (Tabela 40), verifica-se que para doses, o teor de potássio variou significativamente apenas dentro da crotalária, ajustando-se os dados a função quadrática. Na Figura 45 verifica-se que o teor foliar de potássio, em função do residual das doses de calcário, foi maior quando se aplicou 812 kg/ha de calcário, ou seja, a dose recomendada para a elevação da saturação por bases a 60%. Ainda em relação ao teor foliar de potássio, verifica-se que onde não se aplicou calcário (dose 0), o teor foliar foi maior quando a soja foi cultivada em área com a cultura do milheto antecedendo a soja.

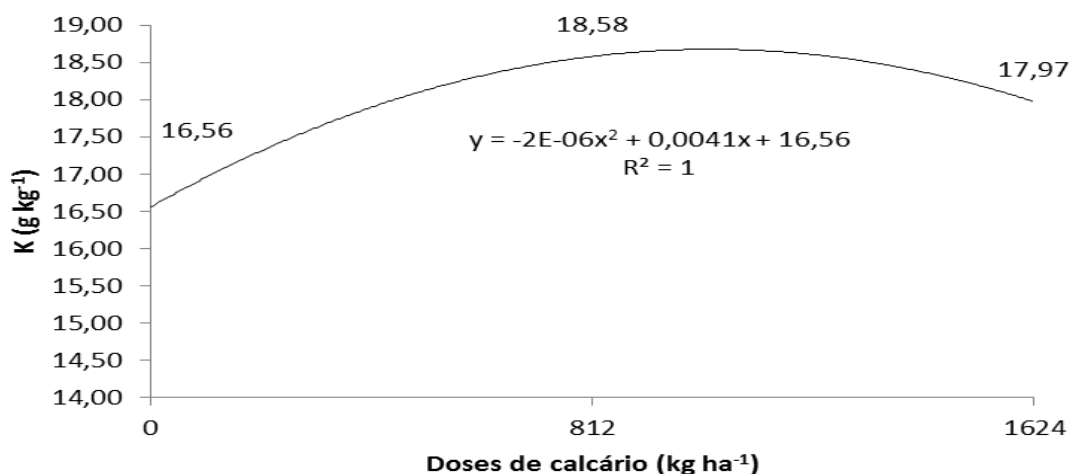
Os valores obtidos para os teores foliares dos macronutrientes podem ser considerados como suficientes para N, K, Ca e Mg e altos para P e S, quando comparados com os valores recomendados pela EMBRAPA (2008). Apenas os teores foliares de K encontrados na dose 0 de calcário, são considerados baixos, demonstrando a importância da reaplicação do calcário, após longo período de implantação do sistema plantio direto e utilização de adubação nitrogenada no sistema.

Tabela 39. Coeficientes de variação, valores de F e de regressão e médias dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da soja, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria – MS, 2008/09.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
0 – CA	37,93	9,22	16,56	7,19	3,00	4,60
812 – CA	36,10	9,45	18,58	7,70	3,28	4,61
1624 – CA	39,80	9,16	17,97	7,73	3,24	4,48
Milheto	36,91	9,06	17,16	7,26	3,11	4,54
Crotalária	38,98	9,49	18,24	7,82	3,23	4,59
0 N	37,69	9,27	17,72	7,60	3,19	4,57
90 N	37,92	9,25	17,79	7,58	3,17	4,56
180 N	38,22	9,30	17,59	7,44	3,16	4,57
Teste F						
Calcário (CA)	1,52 ns	0,28 ns	4,19 *	1,50 ns	1,44 ns	0,32 ns
Cobertura (CO)	1,41 ns	1,66 ns	3,38 ns	3,76 ns	0,72 ns	0,11 ns
CA x CO	0,92 ns	1,36 ns	4,82 *	1,33 ns	0,08 ns	1,21 ns
Nitrogênio (N)	0,03 ns	0,10 ns	0,68 ns	0,69 ns	0,22 ns	0,02 ns
CA x N	1,71 ns	0,06 ns	0,38 ns	0,87 ns	0,29 ns	0,28 ns
CO x N	3,12 ns	0,05 ns	0,28 ns	0,93 ns	0,31 ns	0,36 ns
CA x CO x N	0,50 ns	0,09 ns	0,58 ns	0,75 ns	0,25 ns	0,11 ns
RL CA	0,78 ns	0,02 ns	3,88 ns	2,35 ns	1,79 ns	0,46 ns
RQ CA	2,27 ns	0,54 ns	4,49 ns	0,65 ns	1,08 ns	0,18 ns
RL N	0,05 ns	0,09 ns	0,55 ns	1,19 ns	0,43 ns	0,00 ns
RQ N	0,00 ns	0,12 ns	0,80 ns	0,19 ns	0,02 ns	0,04 ns
CV % (1)	16,80	13,05	12,15	14,11	16,65	11,69 ns
CV % (2)	17,95	3,70	3,00	5,74	3,45	4,88 ns

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - RL – valores de F para regressão linear; RQ – valores de F para regressão quadrática.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 44. Teor de potássio foliar em função das doses de calcário. Selvíria – MS, 2008/09.



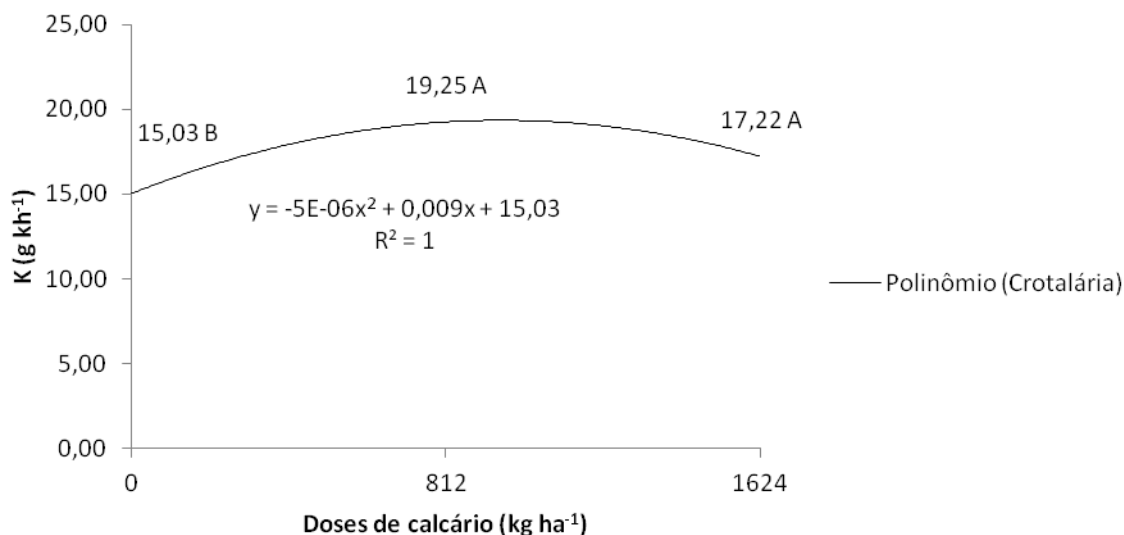
Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 40. Desdobramento da interação doses de calcário e culturas de cobertura significativa para o teor de K foliar na soja. Selvíria – MS, 2008/09.

Cobertura	doses de calcário			valores de F		
	kg ha ⁻¹			F	RL	RQ
	0	812	1624			
Milheto	18,08 A	17,91	18,72	0,353 ns	0394 ns	0,312 ns
Crotalária	15,03 B	19,25	17,22	8,654 **	4,65 ns	12,65 **
F	9,09 *	1,73 ns	21,21 ns			
DMS	2,26					

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - DMS – diferença mínima significativa para o teste Tukey
- Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 45. Teor de potássio foliar em função das doses de calcário dentro da cobertura de crotalária. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

4.4 Características agronômicas da soja

De acordo com a Tabela 41 é possível observar que as características de altura de planta e altura de inserção da primeira vagem não sofreram influencia de nenhum dos tratamentos avaliados.

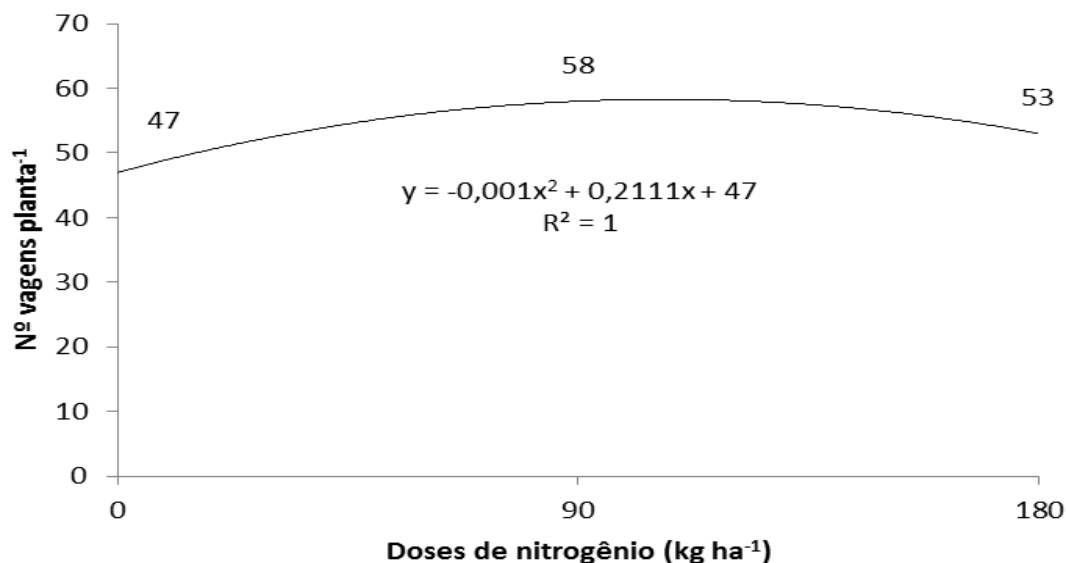
Tabela 41. Coeficientes de variação, valores de F e de regressão e médias de altura de planta, altura da primeira vagem, N° vagens por planta, massa de 1000 grãos e produção de grãos, em função dos tratamentos utilizados. Selvíria – MS, 2008/09.

Tratamentos	alt. de planta	alt. inserção 1ª vagem	vagens planta ⁻¹	massa de 1000 grãos	produção
	cm			g	kg ha ⁻¹
0 – CA	107,3	29,0	51	166,8	3.086,5
812 – CA	107,5	27,3	52	165,9	3.191,7
1624 – CA	106,6	27,9	56	167,8	2.996,9
Milheto	107,0	26,8	50 B	174,9 A	3.266,7 A
Crotalária	107,3	28,9	56 A	158,8 B	2.916,7 B
0 N	106,4	27,5	47	169,3	3.017,6
90 N	108,3	28,0	58	164,6	3.278,6
180 N	106,7	28,1	53	166,6	2.978,9
Teste F					
Calcário (CA)	0,18 ns	1,11 ns	1,25 ns	0,18 ns	1,52 ns
Cobertura (CO)	0,05 ns	4,15 ns	4,98 *	43,04 **	14,66 **
CA x CO	0,34 ns	1,54 ns	0,08 ns	0,52 ns	0,53 ns
Nitrogênio (N)	0,82 ns	0,09 ns	7,11 **	1,20 ns	3,75 *
CA x N	1,56 ns	1,26 ns	1,08 ns	0,67 ns	0,43 ns
CO x N	0,69 ns	3,34 ns	1,90 ns	0,67 ns	1,39 ns
CA x CO x N	1,06 ns	0,49 ns	1,74 ns	0,28 ns	0,21 ns
RL CA	0,18 ns	1,61 ns	2,19 ns	0,10 ns	0,64 ns
RQ CA	0,17 ns	0,61 ns	0,30 ns	0,25 ns	2,39 ns
RL N	0,04 ns	0,17 ns	3,77 ns	0,76 ns	0,11 ns
RQ N	1,60 ns	0,01 ns	10,45 **	1,65 ns	7,41 *
CV % (1)	4,30	13,64	17,84	5,40	10,86
CV % (2)	4,39	15,98	16,70	5,43	11,54

- ns - tratamentos não significativos; *- significativos a 5%; ** - significativos a 1% pelo teste F.
 - médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 - RL – valores de F para regressão linear; RQ – valores de F para regressão quadrática.
- Fonte: Dados da pesquisa.

Para o número de vagens por planta, conforme a Tabela 41, foi constatado pelo teste F diferenças para cobertura e doses de nitrogênio. Nos tratamentos de cobertura, analisado pelo teste de comparação de medias, é possível verificar que o tratamento com crotalária proporcionou média acima que o tratamento com milho com probabilidade de erro abaixo de 5%. Já os tratamentos com doses de nitrogênio apresentaram significância acima de 99% de probabilidade na análise de regressão quadrática, conforme a Figura 46. Sendo que o mesmo demonstra que houve aumento no número de vagens até a dose de 90 kg ha⁻¹, e a partir dessa dose diminuiu a quantidade de vagens por planta a se obter com doses superiores a esse valor.

Figura 46. Número de vagens por planta em função das doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.

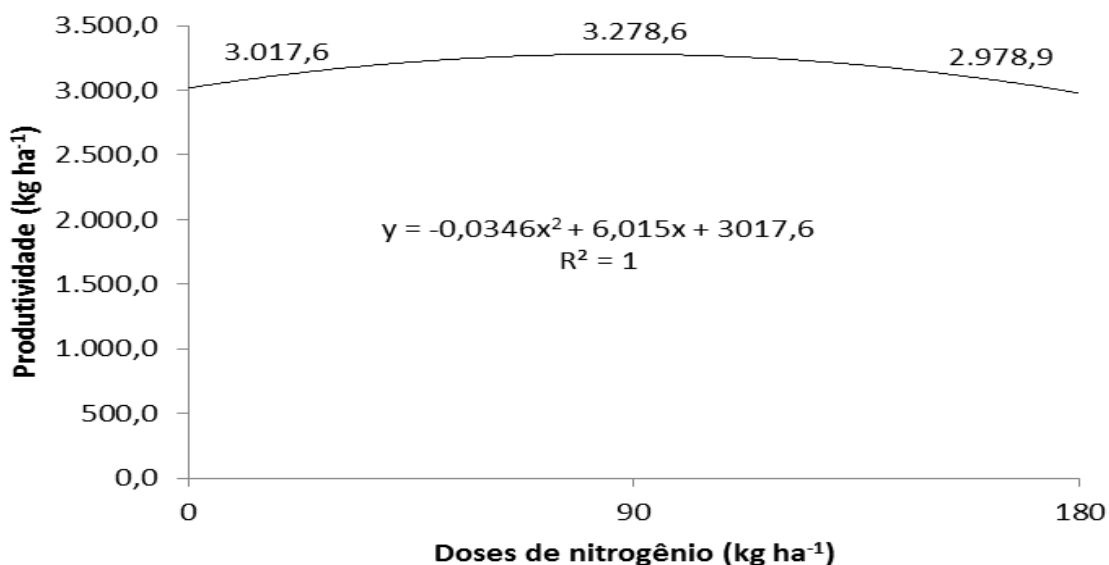


Fonte: Dados da pesquisa.

Já o resultado de massa de 1000 grãos apresentou diferença estatística somente nos tratamentos com cobertura, o mesmo evidencio maior média para o tratamento com milho, ou seja, a soja plantada em cobertura com milho proporcionou grãos mais pesados.

Ainda na Figura 47, pode-se verificar o resultado da produtividade de grãos em relação aos tratamentos. É perceptível que o comportamento dos tratamentos foi similar ao da massa de 1000 grãos, ou seja, houve diferenças nos tratamentos de cobertura e nos tratamentos de doses de nitrogênio. Na avaliação de comparação de médias nos tratamentos de cobertura, pode-se observar que a soja plantada em área com milho como cobertura, resultou em uma produtividade de 350 kg ha⁻¹ superior ao tratamento com crotalária, em torno de 12% acima. Em relação aos tratamentos com doses de nitrogênio, pode-se verificar o comportamento da produtividade em uma regressão quadrática, conforme a Figura 47. É possível verificar grande similaridade com a produção de vagens por planta, ou seja, próximo da dose de 90 kg ha⁻¹ está a maior produtividade de grãos.

Figura 47. Produtividade de grão em kg ha⁻¹ em função das doses de nitrogênio. Selvíria – MS, 2008/09.



Fonte: Dados da pesquisa.

Apesar das doses de calcário aplicado em superfície nesse trabalho não ter influenciado a produtividade da soja, Sá (1997), ao estudar modos de aplicação de calcário no plantio direto, encontrou resposta positiva no rendimento de grãos de dois cultivares de soja para o calcário aplicado na superfície do solo, sendo, inclusive, as produtividades obtidas no SPD maiores que as obtidas no preparo convencional.

Destaca-se pelos resultados obtidos que em área há vários anos no sistema plantio direto e com rotação de culturas, incluindo o uso de altas doses de nitrogênio como fonte a uréia, a soja apresenta boa nodulação, satisfazendo a necessidade da planta quanto ao nitrogênio, independente da dose de calcário utilizada em superfície, entretanto, verifica-se a importância da cultura antecessora, utilizada como produção de palha e que em áreas onde há maior residual das doses nitrogênio das culturas anteriores. A aplicação de calcário em superfície, no primeiro ano agrícola, não alterou a produtividade e esta diminuiu onde se tem o residual da maior dose de nitrogênio, provavelmente por possível maior acidificação do solo.

5 CONCLUSÕES

A matéria orgânica do solo aumentou até a camada de 0,20-0,40 m em função do residual de doses de N utilizado na cultura anterior.

O residual de doses de calcário favoreceu o aumento de MO em área com crotalária como cultura anterior.

O pH no solo aumentou em função dos residual de doses de calcário até a camada de 0,05-0,10 m e diminuiu em função do residual de doses de N e a crotalária como cultura de cobertura favoreceu a redução de pH no solo.

Os teores de Ca e Mg aumentaram em função das doses de calcário somente na camada de 0,00-0,05 m.

A crotalária diminuiu os teores de Ca e Mg no solo.

Somente o dobro da dose recomendada conseguiu elevar o V% a 60 na camada de 0,00-0,05 m.

A crotalária proporcionou menores valores de V% no solo.

Dentre as culturas de cobertura testada, o milheto é mais indicado para anteceder o cultivo da soja;

O uso do dobro da dose de calcário recomendada para elevar a saturação de bases a 60% aplicado em superfície não alterou a produtividade da soja nos dois primeiros anos após a reaplicação;

Residual de doses de N acima de 270 kg ha⁻¹ utilizadas em culturas anteriores à soja influenciaram negativamente na população de plantas e consequentemente pode ter influenciado sua produtividade.

6 REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. A. de A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho**. 2009. 199 f. Tese (Doutorado)- Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria- UFSM, Santa Maria, 2009.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, p. 175-185, 1995.
- AMADO, T. J. C. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – Harmonia do homem com a natureza, desafio do 3º milênio, 7., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p. 105-111.
- AMADO, T. J. C.; MILNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 241-248, 2002.
- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, p. 695-702, 2001.
- ANGHINONI, I. **Matéria orgânica do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. 1017 p.
- ANGHINONI, I.; NICOLODI, M. Estratégias de calagem no sistema plantio direto. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS - FERTBIO, 27., 2004, Lages. **Anais...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.
- ANGHINONI, I.; SALET, R. L. Reaplicação de calcário no sistema plantio direto consolidado. In: KAMINSKI, J. **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: NRS-SBCS, 2000. p. 41-59.
- BLEVINS, R. L.; MURDOCK, L. W.; THOMAS, G. W. Effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, n. 2, p. 322-326, 1978.
- BOLAN, N. S.; HEDLEY, M. J.; WHITE, R. E. Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures. In: WRIGHT, R. J.; BALIGAR, V. C.; MURRNAN, R. P. (Ed). **Plant-soil interactions at low pH**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1991. p. 169-179.

BOLLIGER, A.; MAGRID, J.; AMADO, T. J. C.; SKORA NETO, F.; RIBEIRO, M. F. S.; CALEGARI, A.; NEERGARD, A. de. Taking stock of the brazilian “zero-till revolution”: a review of landmark research and farmers’ practice. **Advances in Agronomy**, Maryland Heights, v. 91, p. 47-110, 2006.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006.

BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa-Cerrados, 2006. 369 p.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 01, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, p.275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e respostas ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira Ciências Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 315-327, 1999.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p. (Circular, 80).

CALZAVARA, O. **Processos emergenciais de sustentabilidade na dinâmica agrária do Norte do Paraná**. 2003. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.

CARVALHO, M. A. C. **Sucessão de culturas a quatro adubos verdes em dois sistemas de semeadura**. 2000. 185 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. da. **Manejo de adubos verde no cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999a. 28p. (Circular Técnica, 4).

CARVALHO, A. M. de; CARNEIRO, R. G.; AMABILE, R. F.; SPERA, S. T.; DAMASO, F.H.M. **Adubos verdes: efeitos no rendimento e no nitrogênio do milho em plantio direto e convencional**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1999b. 20 p. (Boletim de pesquisa, 7).

CASAO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR. 2006. 200 p.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 163-171, 2002.

CHAVES, J. C. D.; PAVAN, M. A.; IGUE, K. Resposta do cafeeiro à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 5, p. 573-582, 1984.

COLEMAN, N. T.; THOMAS, G. W. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R. W.; ADAMS, F. (Ed.). **Soil acidity and liming**. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p. 1-41.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Levantamento da safra 2010/11**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_19_09_49_47_boletim_setem_bro-2011..pdf>. Acesso em: 2 dez. 2011.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 20-31, 2008.

CULTIVAR. **Plantio direto ocupa 70% das áreas de lavoura de grãos**. Pelotas, 2011. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/noticias/noticia.asp?id=36373>>. Acesso em: 19 out. 2011.

DAROLT, M. R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: DAROLT, M. R. **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: IAPAR, 1998. p. 16-45 (Circular, 101).

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. **Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto**. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA/CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO - CNPT; FUNDAÇÃO CENTRO DE EXPERIMENTAÇÃO E PESQUISA – FUNDACEP/FECOTRIGO; FUNDAÇÃO ABC PARA ASSISTÊNCIA E DIVULGAÇÃO TÉCNICA AGROPECUÁRIA. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2008**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 280 p. (Documentos, 12).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema plantio direto**. Brasília, DF: Serviço Nacional de Produção de Informações. 1998. 248 p.

FARIA, T. **Efeitos alelopáticos do sorgo, milho e soja, como cobertura vegetal, sobre a emergência, micorrização, atividade microbiana e crescimento inicial de milho, soja e feijão**. 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 5.0 (Biud 66): sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 12, p. 2267-2276, 1999.

FRANCHINI, J. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Organic composition of green manure during growth and its effect on cation mobilization in an acid Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 34, p. 2045-2058, 2003.

FONTANELLI, R. S.; SANTOS, H. P.; VOSS, M. E.; AMBROSI, I. Rendimentos e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 349-355, fev. 2000.

GONZAGA, R. L. **Efeito de sistemas de preparo e manejo do solo, culturas de cobertura e rotação nas propriedades físicoquímicas do solo e na cultura do milho**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

GONZALES-ERICO, E.; KAMPRATH, E. J.; NADERMANN, G. C.; SOARES, W. V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 43, n. 6, p. 1155-1158, 1979.

GUIMARÃES, G. L. **Efeitos de culturas de inverno e do pousio na rotação das culturas de soja e milho em sistema de plantio direto**. 2000. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2000.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS-FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS – Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).

HÅKANSSON, I. **Machinery-induced compaction of arable soils: incidence, consequences, counter-measures**. Uppsala: Dept. of Soil Sciences, Division of Soil Management. 2005. 153 p.

JESUS, C. P. de. **Atributos físicos do solo e produtividade da soja após um ano de integração lavoura-pecuária em área sob plantio direto**. 2006. 46 f. Dissertação

(Mestrado) – Centro de Ciencias Agroveterinarias, Universidade de Santa Catarina, Lages, 2006.

JORGE, R. F.; PASSOS, R. R.; BORGES, E. N., CORRÊA, G. F.; GONTIJO, I. Efeito de sistemas de preparo no rendimento, nutrição e características agronômicas da soja cultivada em solo de cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 187-196, 2004.

LANDERS, J. N. How and why the Brazilian zero-tillage explosion occurred. In: INTERNATIONAL SOIL CONSERVATION ORGANIZATION, 10., 2001, Held. **Meeting...** Held: Purdue University; USDA Soil Erosion Laboratory, 2001. p. 29-39.

LEAL, A. J. F. **Culturas de cobertura, doses de nitrogênio e residual da aplicação de calcário: características químicas do solo, estado nutricional e características agronômicas do milho**. 2008. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

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

MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; OLIVEIRA, W. A. S.; MARCO, R. G.; LEAL, A. J. F.; FRANZOTE, F. H. Comportamento da cultura da soja cultivada no SPD com aplicação de doses de calcário em superfície e residual de modos de aplicação de calcário, culturas de cobertura e doses de nitrogênio. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS - FERTBIO, 2008, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBSC/EMBRAPA/IAPAR/UEL, 2008. 1 CD ROM.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MARTINS NETO, D. A.; BONAMIGO, L. A. Milheto: características da espécie e usos. In: MARTINS NETO, D. A.; DURÃES, F. O. M. (Ed.). **Milheto: tecnologias de produção e agronegócio**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 20-36.

McGARRY, D. Soil compaction in long-term no-tillage. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 2., 2003, Foz do Iguacu. **Proceedings...** Foz do Iguacu: FEBRAPDP/CAAPAS, 2003. p. 87-90.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T. Soja. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. p. 202-203.

MIELNICZUK, J.; RHEINHEIMER, D. S.; VEZZANI, F. M. Interações fertilidade e conservação do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS - FERTBIO, 25., 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.17, n.3, p.411-416, 1993.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 92, p. 1-8, 2000. Encarte Técnico.

MOREIRA, S. G.; KIEHL, J. C.; PROCHNOW, L. I.; PAULETTI, V. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n.1, p.71-81, 2001.

MORETI, D. **Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho cultivado com feijão e algodão, sob diferentes sistemas de preparo, adubação e plantas de cobertura**. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.

MOSCHLER, W. W.; MARTENS, D. C.; RICH, C. I.; SHEAR, G. H. Comparative lime effects on continuous no-tillage and conventionally tilled corn. **Agronomy Journal**, Madison v. 65, p.781-783, 1973.

MOODY, J. E.; SHEAR, G. M.; JONES JUNIOR, J. N. Growing corn without tillage. **Soil Science Society of American Procedure**, Madison, v. 6, n. 7, p. 516, 1961.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 7, p. 95-102, 1983.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 237-247, 2008.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Relações entre o pH do solo e os indicadores de fertilidade e o rendimento de soja em lavouras no sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 5., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004a.

NICOLODI, M.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I. Fertilidade uma propriedade emergente do sistema solo. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 5., Florianópolis, 2004. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004b.

OLIVEIRA, T. K. de; CARVALHO, G. J. de; MORAES, R. N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1079-1080, 2002.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, p. 47-57, 1996.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime and gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Journal of Soil Science Society of America**, Madson, v. 48, p. 33-38, 1984.

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.

PERIN, A et al . Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 35-40, jan. 2004 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000100005&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 7 fev. 2012.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2003. p. 65. (Circular Técnico, 29).

PÖTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p.675-684, 1998.

PITOL, C.; BORGES, E. P.; BROCH, D. L.; SIEDE, P. K.; ERBER, E. J.; CHIRATA, I. N. **O milho na integração agricultura-pecuária**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 8-9. (Informações agronômicas, 76).

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541 p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 29-48, 2003.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, p. 713-721, 1998.

RITCHEY, K. D.; SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 1, p. 40-44, 1980.

SÁ, J. C. M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Eds.). **Simpósio sobre fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p. 201- 222.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS, 1999. p. 267-319.

SÁ, J. C. M. Parâmetros para recomendação de calagem e adubação no sistema de plantio direto. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Pato Branco. **Resumos...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1997. p. 63-81.

SALET, R. L. **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. 1998. 117 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

SCHÖLL, L.; NIEUWENHUIS, R. **Manejo da fertilidade do solo**. Wageningen: Agromisa Foundation, 2003. 97 p.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. Milheto uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 45, p. 41-43, 1998.

SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. da; MELO, M. L. B. de. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 11, p. 1265-1271, nov. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2003001100003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 7 fev. 2012.

SCALÉA, M. A. Cultura do milho e seu uso no plantio direto no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1., 1999, Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p. 75-82.

SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização de nitrogênio de adubos verdes e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 917-926, 2000.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 9, n.3, p. 249-254, 1985.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. C.; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento do nitrogênio (¹⁵N) da crotalária e do milho pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 739-746, 2006.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. D. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n.4, p. 327-334, 2004.

SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, A. A. Variabilidade espacial do fósforo, potássio e da necessidade de calagem numa área de pastagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 29, n. 3, p. 384-391, 2008.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2004. p. 129-145.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1609-1618, 2008.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. 184 p.

VOSS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 7, p. 775-782, jul. 1985.

WENDLING, A. **Recomendação de nitrogênio e potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai**. 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2005.

DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Apêndice 1. Dados diários de precipitação ocorridas na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP – Ilha Solteira, durante o desenvolvimento do experimento. Selvíria-MS, 2008/09.

Dia/Mês	Precipitação (mm)										
	09/08	10/08	11/08	12/08	01/09	02/09	03/09	04/09	05/09	06/09	07/09
1	0,00	0,00	0,25	0,00	27,90	0,0	0,00	0,00	0,00	0,76	0,00
2	0,00	36,32	19,05	0,00	1,80	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,25	0,00	47,50	10,90	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,25	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,52
5	0,00	7,62	7,62	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	2,54	0,00	0,00
6	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	23,62	0,00	0,00	0,00	0,00	s/d
7	1,27	2,03	32,77	0,00	0,00	26,16	0,00	0,00	0,00	s/d	s/d
8	0,25	0,25	2,79	0,00	0,00	35,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,51	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	1,27	0,00	0,00	19,30	12,19	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	15,75	45,97	23,62	0,00	3,05	3,81	0,00	0,00	7,62	0,00
12	0,00	0,25	5,84	0,25	1,00	0,25	7,87	0,00	0,00	1,27	18,29
13	0,51	0,00	0,25	19,56	0,00	0,25	1,02	0,51	0,00	0,00	0,00
14	1,78	0,00	3,81	0,00	0,00	0,00	5,08	0,25	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,25	1,50	0,00	0,00	0,00	19,81	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00	33,02	57,70	11,43	0,00	0,00	0,00	10,67	0,00
17	0,00	0,00	0,00	0,00	19,30	15,49	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
18	0,00	4,32	0,00	0,00	13,70	s/d	20,57	0,00	0,00	0,00	0,00
19	0,00	s/d	0,00	0,00	11,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	s/d	0,00	0,00	14,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	2,29	s/d	0,00	0,00	0,00	0,00	4,32	0,00	0,00	0,00	0,00
22	0,00	7,00	0,00	48,77	2,80	0,00	2,54	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,08
25	0,00	0,00	0,00	8,64	0,80	8,38	6,86	0,00	0,00	0,00	4,83
26	0,00	0,00	0,00	7,62	2,30	27,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	4,83	0,00	0,00	0,25	2,00	19,30	0,00	0,00	2,03	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,00	0,00	53,10	0,00	42,16	0,00	0,00	0,25	0,00
29	0,00	0,00	0,00	0,00	17,30	-	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,00	8,13	0,00	0,00	7,90	-	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
31	-	0,25	-	5,84	0,30	-	25,91	--	0,00	--	0,00
Total	10,92	82,69	119,89	195,33	248,15	104,60	165,85	0,76	24,38	20,82	29,72

¹ – Posto meteorológico da FEPE/UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizado próximo à área experimental.

s/d – sem definição (problemas na estação meteorológica)

Fonte: Dados da pesquisa.