

**MANEJO DE SOLO SOB PASTAGEM ANTECEDENDO O CULTIVO DA SOJA
EM SISTEMA SEMEADURA DIRETA E INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

WELLINGTON EDUARDO XAVIER GUERRA

**MANEJO DE SOLO SOB PASTAGEM ANTECEDENDO O CULTIVO DA SOJA
EM SISTEMA SEMEADURA DIRETA E INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

WELLINGTON EDUARDO XAVIER GUERRA

Tese apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique dos Santos

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

631.45
G934m

Guerra, Wellington Eduardo Xavier.

Manejo de solo sob pastagem antecedendo o cultivo da soja em sistema semeadura direta e integração lavoura-pecuária / Wellington Eduardo Xavier Guerra. – Presidente Prudente, 2017.

143 f.: il.

Tese (Doutorado em Agronomia.) -Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2017.

Bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique dos Santos

1. Condições Edafoclimáticas. 2. Matéria Orgânica. 3. Produtividade. I. Título.

WELLINGTON EDUARDO XAVIER GUERRA

MANEJO DE SOLO SOB PASTAGEM ANTECEDENDO O CULTIVO DA SOJA EM SISTEMA SEMEADURA DIRETA E INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Tese apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Presidente Prudente, 29 de Junho de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Henrique dos Santos
Universidade do Oeste Paulista - Unoeste
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. José Eduardo Creste
Universidade do Oeste Paulista - Unoeste
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. Tiago Aranda Catuchi
Universidade do Oeste Paulista - Unoeste
Presidente Prudente – SP

Prof. Dr. Hélio Grassi Filho
UNESP – F.C.A. – Campus de Botucatu
Botucatu - SP

Dr. Diego Henriques dos Santos
Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo (Codasp)
Presidente Prudente - SP

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Carlos Roberto Xavier Guerra e Lourdes Amaral Xavier, por minha existência e por mostrar o caminho certo a ser trilhado.

Aos meus irmãos Walter Xavier Guerra e Wagner Roberto Xavier Guerra, sinônimos de amizade, companheirismo, e inteligência.

À minha esposa, Viviane Ferreira Guerra, o verdadeiro amor da minha vida, e fonte de singela inspiração, pelo carinho e compreensão durante toda a execução deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me dado saúde, persistência, determinação para que conseguisse concluir este trabalho;

À Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia e a todos os seus colaboradores, que contribuíram para minha formação profissional;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Henrique dos Santos, pela oportunidade, por desde o primeiro momento se mostrar grande incentivador da minha pesquisa, pelo crédito, confiança, amizade e conhecimentos repassados;

Ao meu coorientador Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan pelo apoio e pelas valiosas sugestões e conhecimentos que foram fundamentais para meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudos. Sou muito grato e espero ser capaz de retribuir o investimento e a confiança depositados em mim;

Ao GPAGRO, Grupo de Pesquisa Agropecuária do Oeste Paulista, por ser integrante, colaborador e um de seus idealizadores, pelo acolhimento e ao importantíssimo trabalho em grupo que no qual ficamos mais motivados e comprometidos, afinal uns dependem dos outros, e todos são responsáveis pelas falhas e pelo sucesso. Por isso, o trabalho em grupo deixa todos mais fortes e é a união e amizade em prol de um bem e de um objetivo comum, por isso é muito mais nobre do que uma batalha individual.

Aos amigos, Prof. Dr. Tiago Aranda Catuchi; Me. Amarildo Francisquini Jr., Prof. Dr. William Hiroshi Suekane Takata; Prof. Dr. Paulo Claudeir Gomes da Silva; Me. Priscila Roberta Leme Zanfolin; Me. Luanda Torquato Feba; Prof. Dr. Frank Akiyoshi Kuwahara; Prof. Dr. Alexandrius de Moraes Barbosa; Dr. Rodrigo Takashi Maruki Miyaki; Me. Flávia Alessandra Mignaca; Eng. Agro. Elton Anderson Aranda (em

memória) e aos estagiários alunos da graduação em Agronomia, Luiz Fernando Nigre; Ana Flávia Lima Fernandes; Tainan Fadin de Oliveira; Eduardo Bassanezi Gasparim, por todo apoio indispensável, desde a fase de redação do projeto até as coletas e preparo das amostras, e pelos bons momentos vividos. Espero que tenhamos histórias para contar pelo resto de nossas vidas.

Aos Técnicos dos Laboratórios de Solos e de Tecido Vegetal, Viviane Ferreira Guerra, Lindaura Helena da Silva, Luciana Muchiutti, Rafael de Paulo Fernandes, Jocelete Aparecida Lima Martines e aos técnicos do campo, Edson Aparecido e Lucas Rodrigues da Silva, pela colaboração indispensável;

A todos os autores citados nas referências bibliográficas, pelos trabalhos pioneiros que possibilitaram o desenvolvimento desta tese;

A todos que contribuíram de alguma forma para a elaboração desta tese e para minha formação;

À minha esposa Viviane, que me incentivou e ajudou a superar o desânimo ao final desta etapa, e que compreendeu minha ausência. À minha família que sempre me conduziu e apoiou por toda minha vida, e que me deram força para a conclusão deste trabalho.

Nada façam por ambição egoísta ou por vaidade, mas humildemente considerem os outros superiores a vocês mesmos.

Bíblia Sagrada (Filipenses 2.3)

RESUMO

Manejo de solo sob pastagem antecedendo o cultivo da soja em sistema semeadura direta e integração lavoura-pecuária

O solo de baixa fertilidade e a escassez de chuvas dificultam o cultivo tanto de lavouras como de pastagens. O objetivo deste trabalho foi de verificar o efeito do preparo mínimo do solo com escarificador, combinado com o manejo de fertilizantes e corretivos aplicados na cultura da *Urochloa brizantha*, antecedendo ao cultivo da soja. O experimento foi conduzido durante os anos agrícolas de 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III) na Fazenda Experimental da Universidade do Oeste Paulista, em Presidente Bernardes-SP, em um Argissolo Vermelho distroférico. A área foi dividida em dois talhões de 160m x 167,1m. O delineamento experimental foi em faixas em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Foram delimitados dez tratamentos de 32 m de largura por 167,1 m de comprimento dentro de cada talhão, receberam dez manejos: Sem adubação e sem calagem; Com aplicação de calcário; Com a aplicação de calcário + gesso; Com a aplicação de calcário + gesso + NPK; Com a aplicação de calcário + gesso + NPK + micronutrientes; Sem adubação e sem calagem + escarificação; Com aplicação de calcário + escarificação; Com a aplicação de calcário + gesso + escarificação; Com a aplicação de calcário + gesso + NPK + escarificação; Com a aplicação de calcário + gesso + NPK + micronutrientes + escarificação. Os parâmetros avaliados foram: análise química de solo, análise de tecido vegetal, determinação do aporte da pastagem, população inicial e final de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos (g), produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância, ao teste Tukey de comparação de médias ao nível de 5% de probabilidade de erro. O uso e manejo do solo acarretaram por diferentes alterações químicas no manejo com C + G + NPK + MI em relação à fertilidade do solo durante os três anos agrícolas. Nos manejos físicos não ocorreram alterações significativas na fertilidade do solo. O manejo químico do solo com C + G + NPK surtiram efeitos positivos com relação aos teores de nutrientes no trifólio da cultura da soja quando a área não foi escarificada. Os manejos físicos não beneficiaram a nutrição das plantas de soja. No ano agrícola 2013/2014 (Ano I) a área que não foi escarificada, apresentou o melhor desempenho na produtividade quando manejada com calcário. No ano agrícola 2014/2015 (Ano II) a produtividade da cultura da soja foi maior quando o solo recebeu o manejo com C + G + NPK + MI, já quando foi realizado o manejo físico não houve diferença. Porém a produtividade foi 96,2% maior em relação ao primeiro ano agrícola. No ano agrícola 2015/2016 (Ano III) não houve diferença significativa da produtividade da cultura da soja, no entanto, houve um incremento de 167,1 % na produtividade do primeiro ano agrícola e 36,1 % em relação ao segundo ano agrícola. No ano agrícola 2013/2014 (Ano I) os manejos realizados não surtiram efeito para massa da matéria seca da cultura da soja e da pastagem *Urochloa brizantha* cv. Marandu. A massa da matéria seca da pastagem *Urochloa brizantha* cv. Piatã no ano agrícola 2014/2015 (Ano II), foi maior quando a área foi manejada com calcário gesso e NPK. A produção de massa da matéria seca da *Urochloa brizantha* cv. Piatã no ano agrícola 2015/2016 (Ano III), foi maior quando o solo foi manejado com calcário e gesso.

Palavras-chave: Condições Edafoclimáticas. Matéria Orgânica. Produtividade.

ABSTRACT

Soil management in pastures preceding soybean farming system in tillage and integrated crop-livestock

The low fertility soil and the lack of rain hinder the cultivation of both crops and pastures. The objective was to check the effect of minimum tillage with scarifier, combined with the management of fertilizers and applied to the crop of *Urochloa brizantha*, prior to soybean cultivation. The experiment was conducted during the agricultural year 2013/2014, 2014/2015 and 2015/2016 in the Experimental Farm of the University of West Paulista, in Presidente Bernardes-SP, in a Ultisol distroferric. The area was divided into two plots of 160m x 167,1m. The experimental design was a factorial scheme 2x5 tracks, with four replications. They were delimited ten treatments of 32 m wide and 167.1 m long in each block, received ten managements: T1: No fertilization and liming without (control); T2: With application of lime; T3: With the application of lime + gypsum; T4: With the application of lime + gypsum + NPK; T5: With the application of lime + gypsum + NPK + micronutrients; T6: No fertilization and liming without (control) + scarification; T7: With application of lime + scarification; T8: With the application of lime + gypsum + scarification; T9: With the application of lime + gypsum + NPK + scarification; T10: With the application of lime + gypsum + NPK + micro + scarification. The parameters evaluated were: chemical analysis of soil, plant tissue analysis, determining the contribution of pasture, initial and final population of plants, number of pods per plant, number of seeds per pod, weight of 100 grains (g), grain yield. Data were submitted to analysis of variance, the Tukey test comparison of means at 5% error probability. Soil use and management led to different chemical changes in management with C + G + NPK + MI in relation to soil fertility during the three agricultural years. Physical managements did not have significant changes in soil fertility. The chemical management of the soil with C + G + NPK had positive effects in relation to the nutrient contents in the trifolium of the soybean crop when the area was not scarified. Physical managements did not benefit the nutrition of soybean plants. In the agricultural year 2013/2014 (Year I) the area that was not scarified, presented the best performance when handled with limestone. In the agricultural year 2014/2015 (Year II) the yield of soybean cultivation was higher when the soil was treated with C + G + NPK + MI, and when the physical management was performed there was no difference. However, yield was 96.2% higher in relation to the first agricultural year. In the agricultural year 2015/2016 (Year III), there was no significant difference in soybean yield, however, there was an increase of 167.1% in the yield of the first agricultural year and 36.1% in relation to the second agricultural year. In the agricultural year 2013/2014 (Year I), the management performed did not have an effect on the dry matter mass of soybean and pasture *Urochloa brizantha* cv. Marandu. The mass of the dry matter of the pasture *Urochloa brizantha* cv. Piatã in the agricultural year 2014/2015 (Year II) was higher when the area was managed with limestone gypsum and NPK. The mass production of the dry matter of *Urochloa brizantha* cv. Piatã in the agricultural year 2015/2016 (Year III), was higher when the soil was handled with limestone and gypsum.

Keywords: Climatic Conditions. Organic Matter. Yield.

LISTA DE SIGLAS

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

SSD - Sistema Semeadura Direta

MO - Matéria Orgânica

MS - Matéria Seca

(C) - Carbono

ILP - Integração Lavoura Pecuária

EC - Estoque de Carbono

COP - Carbono Orgânico Particulado

PC - Preparo Convencional

TMR - Tempo Médio de Resiliência

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Imagem de localização da área experimental, município de Presidente Bernardes SP.....	35
FIGURA 2 -	Precipitação pluvial, temperatura máxima e temperatura mínima registradas na área experimental: (a) ano agrícola I 2013/2014; (b) ano agrícola II 2014/2015; (c) ano agrícola III 2015/2016.....	36
FIGURA 3 -	Croqui da área experimental.....	39
FIGURA 4 -	Manejo de escarificação realizada na área, julho de 2013.....	40
FIGURA 5 -	Aplicação de calcário, gesso e macronutrientes, julho de 2013....	41
FIGURA 6 -	Aplicação dos micronutrientes, julho de 2013.....	41
FIGURA 7 -	Plantio da cultura da soja, outubro de 2013.....	42
FIGURA 8 -	Cultura da soja em desenvolvimento, novembro de 2013.....	43
FIGURA 9 -	Soja pronta para ser colhida, fevereiro de 2014.....	43
FIGURA 10 -	Pastagem sem e com os animais, maio de 2014.....	44
FIGURA 11 -	Plantio da cultura da soja, novembro de 2014.....	44
FIGURA 12 -	Cultura da soja em desenvolvimento, fevereiro de 2015.....	45
FIGURA 13 -	Colheita da cultura da soja, fevereiro de 2015.....	46
FIGURA 14 -	Pastagem sem e com os animais, junho de 2015.....	46
FIGURA 15 -	Plantio da cultura da soja, outubro de 2015.....	48
FIGURA 16 -	Cultura da soja em desenvolvimento, janeiro e fevereiro de 2016.....	49
FIGURA 17 -	Colheita da cultura da soja, março de 2016.....	49
FIGURA 18 -	Coleta do solo com trado e entrega de amostras no laboratório, outubro de 2014.....	50
FIGURA 19 -	Preparo do solo e procedimentos laboratoriais.....	50
FIGURA 20 -	Coleta de amostras de tecido vegetal.....	51
FIGURA 21 -	Procedimentos no laboratório de análise de tecido vegetal.....	51
FIGURA 22 -	Procedimento de coleta da pastagem na entrada e saída dos animais.....	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Análise química do solo das profundidades de 0-20 e 20-40 cm,	
TABELA 2 -	determinadas antes da instalação dos experimentos.....	35
TABELA 3 -	Características granulométricas do solo nas profundidades 0-20 e 20-40 cm, determinadas antes da instalação dos experimentos.....	36
TABELA 4 -	Descrição dos manejos realizados.....	38
TABELA 5 -	Atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20- 40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II).....	56
TABELA 6 -	Atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20- 40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (ANO II).....	57
TABELA 7 -	Micronutrientes do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (ANO II).....	61
TABELA 8 -	Micronutrientes do solo, na profundidade de 0-10, 10-20, 20-40, 40- 60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (ANO II).....	62
TABELA 9 -	Atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20- 40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (ANO III).....	64
TABELA 10 -	Atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20- 40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (ANO III).....	65
TABELA 11 -	Micronutrientes do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (ANO III).....	70
	Micronutrientes do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (ANO III).....	71

TABELA 12 - Teor de pH no solo, na profundidade de 0-10 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II).....	73
TABELA 13 - Teor de K no solo, na profundidade de 20-40 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II).....	74
TABELA 14 - Teor de Ca no solo, na profundidade de 0-10 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II).....	76
TABELA 15 - Teor de Mg no solo, na profundidade de 0-10 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II).....	77
TABELA 16 - CTC no solo, na profundidade de 0-10 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II).....	78
TABELA 17 - V% no solo, na profundidade de 0-10 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II).....	79
TABELA 18 - Teor de Cu no solo, nas profundidades de 0-10 e 60-80 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II).....	80
TABELA 19 - Teor de MO no solo, nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III).....	82
TABELA 20 - Teor de S-SO ₄ ²⁻ no solo, na profundidade de 20-40 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III).....	84
TABELA 21 - Teor de K no solo, na profundidade de 60-80 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III).....	85
TABELA 22 - Teor de Mg no solo, nas profundidades de 10-20, 20-40 e 60-80 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III).....	87

TABELA 23 - Teor de B no solo, nas profundidades de 10-20 e 60-80 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III).....	89
TABELA 24 - Teor de Cu no solo, na profundidade de 20-40 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III).....	90
TABELA 25 - Teor de Macronutrientes do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, nos anos agrícolas 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano 2) e 2015/2016 (Ano III).....	92
TABELA 26 - Teor de micronutrientes do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, nos anos agrícolas 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III).....	96
TABELA 27 - Teor de K do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I).....	97
TABELA 28 - Teor de S do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I).....	98
TABELA 29 - Teor de Mn do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I).....	99
TABELA 30 - Teor de N do tecido vegetal de trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II).....	100
TABELA 31 - Teor de B do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II).....	101
TABELA 32 - Teor de Ca do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III).....	103

TABELA 33 - Componentes de produção e de produtividade da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, nos anos agrícolas 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III).....	105
TABELA 34 - Estande final da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I).....	109
TABELA 35 - Produtividade da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I).....	110
Massa da matéria seca da cultura da soja e da pastagem <i>Urochloa</i>	
TABELA 36 - <i>brizantha</i> cv. Marandu, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I).....	112
Massa da matéria seca da cultura da soja e da pastagem <i>Urochloa</i>	
TABELA 37 - <i>brizantha</i> cv. Piatã, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, nos anos agrícolas 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III).....	115

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVO	20
3	HIPÓTESE	21
4	REVISÃO DE LITERATURA	22
4.1	Importância do sistema semeadura direta e da integração lavoura pecuária no manejo de solos tropicais	22
4.2	Influência do manejo químico e físico na fertilidade do solo	27
4.3	Manejo da calagem e da gessagem em superfície em solos de regiões de clima tropical	30
5	MATERIAL E MÉTODOS	34
5.1	Localização e características da área experimental	34
5.2	Tratamentos e delineamento experimental	37
5.3	Histórico da área, instalação e condução dos experimentos	39
5.3.1	Ano Agrícola I	39
5.3.2	Ano Agrícola II	43
5.3.3	Ano Agrícola III	46
5.4	Avaliações	49
5.4.1	Análise química de solo.....	49
5.4.2	Análise de tecido vegetal.....	50
5.4.3	Determinação do aporte da pastagem	52
5.4.4	Componentes de produção	53
5.4.4.1	Contagem da população inicial e final de plantas.....	53
5.4.4.2	Número de vagens por planta	53
5.4.4.3	Número de grãos por vagem	53
5.4.4.4	Massa de 100 grãos (g).....	53
5.4.4.5	Produtividade de grãos.....	53
5.5	Análise estatística	54
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
6.1	Fertilidade do solo nos anos agrícolas 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)	55
6.1.1	Ano II: atributos químicos nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-	

60 e 60-80 cm em razão do manejo químico e físico	55
6.1.2 Ano II: micronutrientes nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão do manejo químico e físico	59
6.1.3 Ano III: atributos químicos nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão do manejo químico e físico	63
6.1.4 Ano III: micronutrientes nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão do manejo químico e físico	69
6.2 Interação das formas de manejo químico e físico e teores de macronutrientes e micronutrientes do solo, nos anos agrícolas de 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)	72
6.2.1 Ano II	72
6.2.2 Ano III	81
6.3 Análise química do trifólio da cultura da soja nos anos agrícolas 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)	91
6.3.1 Macronutrientes do trifólio da cultura da soja	91
6.3.2 Micronutrientes do trifólio da cultura da soja	93
6.4 Interação em razão das formas de manejo químico e físico e teores de macronutrientes e micronutrientes do trifólio da soja nos anos agrícolas de 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)	97
6.4.1 Ano agrícola 2013/2014 (Ano I).....	97
6.4.2 Ano agrícola 2014/2015 (Ano II).....	100
6.4.3 Ano agrícola 2015/2016 (Ano III).....	102
6.5 Componentes de produção e produtividade da cultura da soja	103
6.5.1 Interação entre os componentes de produção e de produtividade da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I)	108
6.6 Massa da matéria seca da cultura da soja e da pastagem <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu nos anos agrícolas de 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)	111
6.6.1 Ano agrícola de 2013/2014 (Ano I).....	111
6.6.2 Ano agrícola de 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)	112
7 CONCLUSÃO.....	116
REFERÊNCIAS.....	117

ANEXOS	136
---------------------	------------

1 INTRODUÇÃO

São recorrentes os estudos que visam uma agricultura que proporcione elevadas produtividades para atender à crescente demanda por alimento e que garanta resultados positivos na balança comercial do país. Ao mesmo tempo, exige-se cada vez mais que esses aumentos da produção sejam alcançados por meio de atividades agrícolas com baixo impacto ambiental.

Na região Oeste Paulista a atividade agropecuária é a base da economia regional (SILVA; SPOSITO, 2007). Essa região, embora pertencentes ao bioma de Mata Atlântica (IBGE, 2010), está localizada em uma zona de transição, apresentando muitas características do bioma Cerrado, que é atualmente a maior região produtora de grãos do Brasil. Porém, assim como na maior parte do Brasil Central, apresenta solo altamente intemperizado, com baixo teor de argila e com baixa fertilidade natural. O solo de baixa fertilidade, a distribuição irregular de chuvas durante os anos agrícolas e a baixa retenção de água no solo, devido aos reduzidos teores de MO e argila, dificultam o cultivo tanto de lavouras como de pastagens, sendo comuns as baixas produtividades de grãos e forragens. Esse cenário, em muitos casos, desestimula os investimentos no meio rural, agravando ainda mais os problemas químicos e físicos do solo, tornando-o cada vez menos produtivo.

Portanto, torna-se necessário adotar estratégias de manejos de adubação em solos arenosos visando aumentar a produtividade dessas áreas, sendo o Sistema Semeadura Direta (SSD) uma excelente e comprovada técnica de manejo para reduzir os riscos do cultivo de lavoura de grãos em condições edafoclimáticas não apropriadas. Nesse sistema privilegia-se a manutenção do solo coberto com palha, a rotação de culturas e a mínima mobilização do solo. Com isso, entre outros benefícios, reduzirá as altas temperaturas do solo e as perdas de água por evaporação, além do aporte de resíduos vegetais servir de fonte de C para aumentar os estoques de matéria orgânica (MO).

No entanto, em condições de clima tropical e em solos com baixos teores de argila, os desafios para o incremento da MO são maiores, já que as temperaturas médias elevadas aumentam a atividade microbiana, e os baixos teores de argila reduzem a formação de agregados e limitam a interação entre a fração orgânica e mineral do solo, deixando a MO exposta e vulnerável à degradação, o que demanda um elevado e constante aporte de matéria seca (MS) e carbono (C) ao solo (ALVES

et al., 2008). Nessas condições, as urochloas podem assumir essa função, com alta produção de fitomassa aérea e radicular, principalmente em solos sem limitações físicas e químicas.

Nesse sentido, a integração Lavoura-Pecuária (ILP) é uma opção promissora para manter os solos produtivos e agregar valor à terra, pois inclui plantas com aptidão edafoclimática para a região, como é o caso das urochloas, e culturas graníferas com alto retorno financeiro. No caso da soja, mesmo não sendo recomendada para a região, devido aos riscos de déficit hídrico, as chances de sucesso podem aumentar com o aporte de matéria orgânica (MO), com a conservação da água no solo, com as melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do perfil, e do crescimento das raízes em profundidade, principalmente em sucessão ao cultivo da braquiária, com alto aporte de resíduo vegetal da parte aérea e radicular, auxiliando na cobertura e estruturação do solo.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi de verificar o efeito do preparo mínimo do solo com escarificador, combinado com o manejo de fertilizantes e corretivos aplicados na cultura da *Urochloa brizantha*, antecedendo ao cultivo da soja, nos atributos químicos de um solo de baixa fertilidade natural, visando melhorar o ambiente de produção da soja e de forragem, conduzidas em sistema semeadura direta em integração com a pecuária.

3 HIPÓTESE

Para aumentar as chances de sucesso dos sistemas integrados de produção, e para diminuir os riscos ao cultivo da soja, devido às condições de solo com baixa capacidade de retenção de água e aos constantes veranicos, necessita-se aumentar a produção de palha pela forrageira, conferindo um importante passo para aumentar os teores de MO, além de constituir uma barreira para as perdas de água por evaporação. Paralelamente a isso, ocorrerá aumento de oferta de alimento aos animais, conferindo sucesso ao sistema. Porém, para propiciar os aumentos de palha pela forrageira é necessário corrigir possíveis deficiências físicas e químicas do perfil do solo, que contribuirão para o aprofundamento do sistema radicular das culturas e o acesso à água.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Importância do sistema semeadura direta e da integração lavoura pecuária no manejo de solos tropicais

Em um sistema de produção como a ILP, têm-se observadas melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (SPERA et al., 2010; SANTOS et al., 2011; MENDONÇA et al., 2013), tendo em vista o efeito das adubações nas culturas, assim como a utilização intensificada da área agrícola com cultivos realizados durante o ano, em que a rotação de culturas permite a inclusão de espécies com diferentes sistemas radiculares, além de resíduos vegetais que contribuem para alterações das taxas que fazem parte da decomposição e ciclagem dos nutrientes.

Os resíduos de matéria seca das plantas, além de promover um incremento no estoque de carbono (EC) do solo, permitem ainda elevar os teores de MO do solo (WENDLING et al., 2005).

A maioria dos solos tropicais caracteriza-se por ser altamente intemperizado, com baixo teor de argila e com baixa fertilidade natural. A fração argila desses solos é, essencialmente, constituída por minerais de argila 1:1 (com pouco ou nenhuma substituição isomórfica) e óxidos de Fe e Al, o que determina uma baixa densidade de carga superficial líquida negativa e, em consequência, baixa capacidade de troca catiônica (CTC), em relação aos minerais de argila 2:1 e a MO (SILVA; RESCK, 1997). As limitações promovidas pela baixa CTC, bem como pela baixa capacidade de retenção de água nos solos, podem ser amenizadas pelo aumento da MO (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Entre as medidas conservacionistas da qualidade do solo, o SSD tem sido muito utilizado e estudado na agricultura brasileira, tendo sua área estimada de 30 milhões de hectares nos últimos anos (FEBRAPDP, 2017). Vários benefícios tem sido verificados a partir uso do SSD em relação ao sistema convencional de preparo do solo, como a maior produtividade a longo prazo (FRANCHINI et al., 2009), a redução da erosão (BERTOL et al., 1997; SCHICK et al., 2000), a maior retenção da umidade do solo (SALTON; MIELNICZUK, 1995), a preservação da agregação do solo (SILVA; MIELNICZUK, 1997), o aumento da capacidade de troca catiônica do solo, (CIOTTA et al., 2003) e a necessidade de menor investimento em fertilizantes minerais. Segundo Martha Junior et al. (2004), quanto maior a taxa de mineralização

da MO (aumento da quantidade de N-mineral no solo), menor a quantidade necessária de fertilizantes nitrogenados para atingir um determinado nível de produção de forragem.

Os solos de Cerrado, em maior parte, apresentam baixos teores de MO devido às condições de clima tropical, que promovem a rápida decomposição dos resíduos vegetais incorporados ao solo ou mantidos na superfície (BOLLIGER et al., 2006; RESCK et al., 2008). Aliado a isso, a distribuição irregular das chuvas e o inverno seco dificultam o aporte de (C) via resíduos vegetais na entressafra, o que torna fundamental o uso de plantas de cobertura (CASTRO et al., 2011).

No SSD, o (C) incorporado aos tecidos vegetais através da fotossíntese tem sua velocidade de decomposição reduzida, devido ao revolvimento do solo ausente ou mínimo, intensificando o processo de estabilização da MO (STEWART et al., 2009). Além disso, os agregados do solo não são rompidos, preservando a MO protegida no seu interior, evitando assim o ataque por microrganismos. Segundo alguns autores, a formação de cobertura morta permite, dependendo de condições climáticas, não só a manutenção, mas também um aumento no conteúdo de MO do solo (BALESDENT et al., 2000; COSTA et al., 2004). Outro fator importante no SSD que favorece o aumento no teor de MO é o fato de se priorizar a rotação de culturas (CHUNG et al., 2008; SALVO et al., 2010), principalmente quando há elevado aporte de resíduos vegetais, C e N, potencializando o influxo de CO₂ ao solo (COSTA et al., 2008).

Bayer et al. (2006) estudaram o potencial de sequestro de (C) por diferentes sistemas de preparo do solo em um experimento de 5 anos em áreas produtoras de grãos no cerrado brasileiro, em Luiziânia-GO e Costa Rica-MS, tendo constatado no tratamento sem revolvimento aumentos no estoque de (C) do solo de 2,4 e 3,0 Mg ha⁻¹, respectivamente, em relação ao sistema de preparo convencional. Sá et al. (2001) verificaram comportamento semelhante na região dos Campos Gerais, Estado do Paraná, ao avaliarem que a média de (C) orgânico do solo foi superior em SSD de 20 e 22 anos em relação ao sistema de preparo convencional e campo nativo, nas camadas de 0-2,5 cm e 2,5-5,0 cm. Adicionalmente foram calculados valores de taxa de sequestro de (C) pelo SSD, sendo 80,6 g de (C) m⁻² ano⁻¹ de 0 a 20 cm de profundidade e 99,4 g de (C) m⁻² ano⁻¹ de 0 a 40 cm de profundidade.

A MO, resultante do aporte constante de (C) pelos resíduos vegetais, é considerada como indicador da qualidade do solo, pois proporciona uma série de

benefícios, que incluem a melhoria das características físicas (estruturação do solo, macro e micro agregados, capacidade de armazenamento de água), químicas (aumento da CTC, redução da toxidez por Al^{+3} , maior suprimento de nutrientes), biológicas (fonte de energia para os microrganismos do solo), como descrito por (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Segundo Follett (2001) e Nunes et al. (2011), o SSD constitui uma prática agrícola que promove o aumento no teor de MO, tanto pelo aporte constante de material vegetal, como pela redução da taxa de decomposição da MO.

Os resultados positivos no acúmulo de MO em sistemas conservacionistas estão relacionados à redução do fluxo de (C) do solo para atmosfera devido à diminuição das taxas de decomposição da MO (BAYER et al., 2000) e devido à rotação de culturas com alto aporte de resíduos vegetais, que aumentam o influxo de (C) atmosférico no solo (CONCEIÇÃO et al., 2013). Os sistemas de manejo conservacionistas também contribuem com o sequestro de (C) atmosférico à medida que proporcionam maior integridade estrutural aos agregados, o que reduz a oxidação da MO (CASTRO FILHO et al., 2002; COSTA et al., 2008).

Em revisão realizada por Bayer et al. (2011) e Braida et al. (2011), os autores descrevem que a contínua deposição de resíduos vegetais estimula a formação de micro agregados, que se unem para formar os macro agregados, com importante papel das hifas de fungos, das raízes de plantas e da fauna do solo (SIX et al., 2000; MIELNICZUK et al., 2003). Segundo Edwards e Bremmer (1967) e Tisdall e Oades (1982), o processo de formação dos macro agregados a partir da união entre micro agregados altamente estáveis resulta em incremento de (C) no solo,

De acordo com Franzluebbbers (2002) e Calonego e Rosolem (2008), a maior estruturação do solo promovida pela MO, além dos benefícios físicos promovidos com a formação de agregados estáveis, permite o aumento dos estoques de (C), pois esses agregados estáveis constituirão uma barreira física à ação decompositora da MO (TISDALL; OADES, 1982; JAGADAMMA; LAL, 2010).

Aidar e Kluthcouski (2003) e Garcia (2010) afirmam que a recuperação dos teores de MO pode ser feita com redução do revolvimento do solo e adoção de um sistema de rotação de culturas com a inclusão de espécies de alta produção de resíduos, como é o caso das braquiárias. Assim, a Integração Lavoura-Pecuária (ILP), em conjunto com o SSD, merece destaque nesse contexto (SALTON et al., 2011; TIRLONI et al., 2012), principalmente em solos de extrema fragilidade, como os

arenosos, pois, devido à grande produção de raízes finas, juntamente com as hifas de fungos, auxiliarão na estabilização física dos agregados do solo (BRAIDA et al., 2011).

Salton et al. (2011) observaram que sistemas com o uso de forrageiras para produção de palha (braquiárias), em comparação aos exclusivamente com lavouras, apresentaram maiores teores de (C), o que deve estar associado ao elevado aporte de material vegetal comumente proporcionado pelas pastagens, corroborando resultados obtidos por (NUNES et al., 2011; FUJISAKA et al., 1998), que atribuem às forrageiras maiores capacidades de acumular (C) no solo.

Segundo Garcia et al. (2013) e Rossi et al. (2011), sistemas que privilegiam o aporte de resíduos vegetais, como é o caso dos sistemas que utilizam forrageiras como plantas de cobertura, aumentam os estoques de (C) no solo na fração de maior labilidade. Nunes et al. (2011) verificaram maiores estoques de carbono orgânico total e carbono particulado (lábil) em SSD com uso de milho como planta de cobertura em relação à mucuna preta, e atribuíram esse resultado ao maior aporte de matéria seca pelo milho. Portanto, em SSD é comum o aumento dos teores de (C) nessa fração da MO, principalmente nas camadas mais superficiais, devido ao aporte e manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo, conforme constatado por (NASCENTE et al., 2013). Assim, a necessidade de fracionamento da MO é uma realizada, já que apenas o estudo da MO total pode não detectar o efeito dos manejos.

Como opção para aporte de (C) no solo, Kluthcouski et al. (2003) e Crusciol e Borghi (2007) afirmam que a braquiária apresenta potencial para cobertura do solo no SSD, devido a sua longevidade, alto rendimento de biomassa e plena adaptação ao bioma Cerrado. Além do aporte de (C) por essa forrageira, a palhada mantida na superfície do solo é importante para impedir um aquecimento excessivo do solo, bem como a perda de água por evaporação (PERES et al., 2010).

Na literatura são comuns os resultados benéficos da produção de soja quando cultivada sobre a palhada de braquiária em SSD (CHIODEROLI et al., 2012), sendo esses resultados atribuídos a melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo (FRANCHINI et al., 2010; LOSS et al., 2011), principalmente em regiões em que há inverno seco e estação chuvosa de curta duração (LOSS et al., 2011; CHIODEROLLI et al., 2012). Segundo Franchini et al. (2009), a cobertura do solo proporcionada por sistemas produtivos que incluam forrageiras tropicais, associada às melhorias na qualidade física do solo e no enraizamento da soja, tem

refletido no aumento da produtividade desta cultura em relação a outros sistemas de produção.

Além de verificar a influência dos sistemas de manejo e rotações de culturas no aporte de (C) no solo, é importante identificar manejos que promovam a conversão desse (C) em MO, e também o grau de estabilidade dessa MO. Com isso, torna-se necessária a compreensão dos processos associados à dinâmica da MO, pois o sequestro de (C) compreende o (C) fixado via fotossíntese e incorporado nas frações estáveis, considerando às perdas via CO₂ (BERNOUX et al., 2006). Os principais fatores de estabilização da MO estão relacionados à recalcitrância dos materiais constituintes, à formação de complexos organominerais com partículas de argila e à oclusão em agregados (CHRISTENSEN, 2000; BAYER et al., 2006). Esses fatores irão influenciar no processo de decomposição da MO pelos microrganismos do solo (SOLLINS et al., 1996).

A humificação pode então ser entendida como a degradação de compostos lábeis e acúmulo de materiais quimicamente recalcitrantes (ZECH et al., 1997). No entanto, as alterações nos teores da MO humificada (estável) ocorrem, geralmente, a longo prazo e são menos sensíveis aos sistemas de manejo (BAYER et al., 2011). Já as frações mais lábeis, como a biomassa microbiana do solo, o (C) orgânico particulado e o (C) dissolvido em água, que em geral apresentam tempo de residência menor no solo (PAUL et al., 2001), apresentam maior sensibilidade para detectar o efeito do manejo na qualidade da MO (CONCEIÇÃO et al., 2005).

O acúmulo de (C) na fração lábil, conhecida como matéria orgânica leve (MOL) ou matéria orgânica particulada (MOP), comum em SSD (BAYER et al., 2004; DIECKOW et al., 2005; VIEIRA et al., 2007, SALTON et al., 2011), é um indicativo que esse sistema pode alterar a qualidade da MO, a curto prazo, sem necessariamente alterar o estoque de (C) (BAYER et al., 2004; COSTA et al., 2004). Essa fração lábil da MO é caracterizada pela sua alta disponibilidade aos microrganismos do solo e pela sensibilidade às alterações do meio, como verificado por (ROSCOE; BUURMAN, 2003). A MO normalmente tem influência maior sobre a agregação do solo, devido tratar-se de uma fonte mais facilmente assimilável de (C) e de energia pelos microrganismos heterotróficos (CHAN, 1997), cujos compostos do metabolismo microbiano atuam na estabilização de macro agregados, podendo auxiliar na proteção física da MO (COSTA et al., 2004). No entanto, devido ao curto TMR (tempo médio de resiliência), há necessidade de aporte constante de material orgânico no solo,

sendo os sistemas agrícolas envolvendo pastagens bem manejadas uma boa estratégia (SILVA; MENDONÇA, 2007; SALTON et al., 2011). Em estudo realizado por Rossi et al. (2012) e Loss et al. (2012) com rotações de culturas em SSD em solo de Cerrado, os autores concluíram que a introdução de braquiária em rotação com soja aumentou a produção de palhada, e aumentou o acúmulo de (C) no solo, preferencialmente na fração correspondente à fração lábil. Nesse mesmo estudo, Rossi et al. (2012) também verificaram aumento no teor de (C) na fração húmica em áreas com rotação soja/braquiária.

O uso e manejo inadequado do solo, além de contribuírem para a emissão de gases do efeito estufa, prejudicam o ambiente, ainda trazem inúmeros problemas relacionados à sua sustentabilidade em razão da degradação da MO, alterando negativamente os seus atributos físicos e químicos, bem como sua biodiversidade (CARVALHO et al., 2010).

4.2 Influência do manejo químico e físico na fertilidade do solo

O preparo do solo é uma das principais operações de manejo, tendo como objetivo principal erradicar plantas daninhas, modificar a estrutura do solo, aumentando a porosidade da camada preparada (ABREU et al., 2004; VEIGA et al., 2006). Seu principal efeito negativo é geralmente refletido na perda das características biológicas e qualidade estrutural do solo (BRAIDA, 2004). Isso ocorre, na maioria das vezes porque o preparo é executado com excessiva intensidade, sob condições inadequadas de umidade, afetando principalmente as características físicas do solo (BERTOL, 2000).

O sistema de manejo tradicionalmente utilizado com arações e gradagens normalmente ocasiona degradação do solo pelo aumento da erosão e perda da qualidade estrutural sendo a compactação da subsuperfície muito comum em sistemas convencionais de preparo (PC), especialmente quando não há uso de práticas conservacionistas (GIRARDELLO, 2010). A compactação do solo acarreta diminuição da macro porosidade e porosidade total, implicando em aumento da resistência à penetração de raízes, o que justifica a redução do uso do PC nos últimos anos passando-se a adotar sistemas menos agressivos os conservacionistas (BERTOL, 2000; BRAIDA, 2004).

O excessivo preparo do solo, por meio de aração e gradagem, promove sua degradação e acelera a decomposição da MO (SOUZA; ALVES, 2003; BAYER et al., 2004), principal responsável pela CTC dos solos das regiões tropicais e subtropicais (RAIJ, 1991; SOUZA; LOBATO, 2004).

Estudos comparativos entre SSD versus sistemas em PC têm mostrado que do ponto de vista químico, solos cultivados em SSD apresentam em sua camada superficial concentrações mais elevadas de nutrientes e MO (LOVATO et al., 2004; CONCEIÇÃO et al., 2005; BRAIDA, 2004).

Esse acúmulo ocorre em função da deposição de material vegetal na camada, fazendo com que ocorra uma ciclagem natural dos nutrientes, diminuindo o uso por adubos químicos reduzindo assim os custos de produção (NÚÑEZ et al., 2014).

O não revolvimento do solo, aliado à adição do (C) orgânico por meio do cultivo de adubos verdes, e a manutenção dos resíduos em superfície favorecem a decomposição lenta e gradual desses resíduos, liberando compostos orgânicos que estimulam a formação e a estabilidade dos agregados do solo, melhorando sua estrutura (BERTOL et al., 2004).

O solo é um recurso natural básico para os processos produtivos de alimentos, sendo que o seu manejo deve estar sempre voltado para a sua qualidade e garanti-la ao longo do tempo. O conceito de manejo de solo engloba todas as ações realizadas no e sobre o solo, desde o preparo até a colheita da produção, o que inclui o plantio, as práticas culturais, as aplicações de calcário e fertilizantes (REICHERT et al., 2003). As práticas de manejo de solos podem neste sentido, manter ou melhorar a qualidade dos solos. Foi a partir da década de 1990 que a pesquisadores começaram a discutir o tema da “qualidade dos solos”, em função principalmente da importância dos solos dentro das questões ambientais globais discutidas na época (VEZZANI et al., 2009). A qualidade do solo pode ser compreendida como a sua capacidade de funcionar dentro de limites de um ecossistema natural ou manejado, de forma a sustentar a produtividade de plantas e animais, além de manter ou melhorar a qualidade do ar e da água (USDA-NRCS, 2014).

A qualidade do solo está relacionada à capacidade dos solos em, estocar e reciclar água, nutrientes e energia, sendo desta forma, a integração das propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, mantendo uma relação com tripé da sustentabilidade agrícola, pois esses fatores ao longo do tempo garantirão uma

produção socialmente justa economicamente viável e ambientalmente aceita (VEZZANI et al., 2009). Esses autores apontam que existem três linhas de estudo que buscam identificar a qualidade dos solos manejados: uma que avalia qual o melhor conjunto de indicadores, observando atributos físicos, químicos e biológicos; outra que busca identificar em um único atributo a qualidade do solo, tendo em vista que este atributo correlaciona-se com os demais, e neste caso o atributo mais usado é a MO por sua capacidade de armazenar energia e matéria e condicionar demais propriedades de solo, como agregação, porosidade, densidade, capacidade de troca de cátions, ciclagem de nutrientes, entre outras; e uma terceira linha de trabalho que busca identificar a qualidade do solo através das relações e processos solo-planta, no qual o solo é observado como um sistema aberto, que busca o estado de menor entropia, e a sua qualidade é obtida quando há um fluxo positivo de energia e matéria, os quais são regidos pelo fluxo de compostos orgânicos (POSSAMAI, 2012).

Em adição, os resíduos vegetais contêm macro e micronutrientes em formas orgânicas lábeis, que se podem tornar disponíveis para a cultura sucessora, mediante a mineralização (BAYER; MIELNICZUK, 1997; AMADO et al., 2002).

Os efeitos proporcionados pelos compostos orgânicos dos resíduos vegetais de plantas de cobertura são temporários. Todavia podem mitigar os efeitos acidificantes causados por grupos carboxílicos e fenólicos gerados durante a decomposição de resíduos vegetais, pela reação dos adubos nitrogenados amídicos e amoniacais (processo de nitrificação) e pela exportação de bases pelas colheitas (ANGHINONI; NICOLODI, 2004).

Conforme Miyazawa et al. (2000), mesmo em pH baixo, o Al na solução do solo pode ser encontrado em formas que influencia menos o crescimento das plantas, pelo fato de encontrar-se complexado com ligantes orgânicos oriundos de resíduos decompostos. Isto determina seu menor potencial químico de causar toxidez às plantas. Em adição, durante a decomposição são liberados também bases e, ou, promovem maior tamponamento do mesmo (ANGHINONI; NICOLODI, 2004).

Para Gustafson et al. (2006), os cálculos de fluxos e balanço de nutrientes em sistemas de produção agrícola fornecem informações básicas para a avaliação da sua sustentabilidade ao longo do tempo.

Dessa forma, quando as saídas de um nutriente em particular são maiores que as entradas na lavoura ou na propriedade, a condição é de insustentabilidade (OENEMA et al., 2003).

4.3 Manejo da calagem e da gessagem em superfície em solos de regiões de clima tropical

Os métodos conservacionistas de manejo imprimem características químicas, físicas e biológicas distintas do solo, modificando a distribuição e morfologia das raízes, com consequências diretas no crescimento da parte aérea e na produtividade das plantas, principalmente em razão da elevação de concentração de alguns nutrientes na camada superficial (SCHERER et al., 2007).

Em períodos de veranico a exploração do solo pelo sistema radicular pode estar limitada à camada superficial, principalmente em casos de baixos níveis de Ca em profundidade, diminuindo a absorção de água e nutrientes. A aplicação de gesso, portanto, pode ser uma alternativa para maior distribuição do sistema radicular no perfil do solo, (CAIRES et al., 2001), por causa, principalmente, da melhoria do subsolo, (CAIRES et al., 2003) ocasionando assim aumento da absorção de água e nutrientes (CARVALHO; RAIJ, 1997).

A aplicação de calcário na superfície sem incorporação cria uma frente de correção da acidez do solo em profundidade, proporcional à dose e ao tempo. A amenização da acidez abaixo da camada de deposição do calcário somente ocorre quando o pH, na zona de dissolução do calcário, atinge valores da ordem de 5,0 a 5,6 (RHEINHEIMER et al., 2000; CAIRES et al., 2005).

A importância da presença do Ca^{2+} em profundidade se deve à sua função no crescimento radicular, pela ação na divisão celular e por esse elemento ser imóvel na planta, (HAWKESFORD et al., 2012) e também pela absorção significativa e quase exclusiva pela coifa da raiz (TAIZ; ZAIGER, 2009).

Em outros estudos, nos quais foram avaliadas camadas mais profundas de solo, abaixo dos primeiros 20 cm, verificou-se que o calcário aplicado na superfície, em SSD, proporcionou melhoria nas condições de acidez não só nas camadas superficiais, como também nas do subsolo (OLIVEIRA; PAVAN, 1996; CAIRES et al., 2000, 2008).

Caires et al. (2008) verificaram pouca influência da calagem superficial abaixo de 5 cm até três anos após a aplicação de 3 t ha^{-1} de calcário em parcelas anteriormente sem calagem. Na camada superficial do solo (0-5 cm), o efeito da

aplicação de 3 t ha⁻¹ de calcário, após três anos, ou da aplicação de 6 t ha⁻¹ de calcário, após 10 anos, foi semelhante.

O deslocamento vertical de partículas de calcário aplicado na superfície pela água percolada no solo foi demonstrado em um estudo realizado com colunas de solo, em casa de vegetação, utilizando amostras indeformadas retiradas de um Cambissolo Húmico argiloso há cinco anos SSD (AMARAL et al., 2004).

Os materiais vegetais mantidos na superfície do solo podem aumentar o pH e reduzir o teor de Al³⁺ (MIYAZAWA et al., 2000). Os resíduos de plantas de cobertura podem mobilizar cátions no solo e beneficiar a ação da calagem superficial de forma mais efetiva do que aqueles obtidos após a colheita de grãos de culturas comerciais, por meio da liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular da fração solúvel dos resíduos (FRANCHINI et al., 1999; CASSIOLATO et al., 2000; FRANCHINI et al., 2001; MIYAZAWA et al., 2002).

Com a decomposição de materiais orgânicos, que são mantidos sobre a superfície do solo, ocorre redução da fração de compostos hidrossolúveis de baixo peso molecular e aumento na formação de substâncias com maior peso molecular (ácidos húmicos e fúlvicos). O aumento na CTC a pH 7,0 dos solos, proporcionado pelo acréscimo no teor de MO, pode resultar em concentrações adequadas de cátions trocáveis, mesmo em condições de alta acidez. Em solos ácidos manejados em SSD, os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis muitas vezes são suficientes para atender à demanda das culturas (CAIRES et al., 1998, 1999).

A maior retenção de água em solos sob SSD tem sido observada em vários trabalhos (CENTURION; DEMATTÊ, 1985; SALTON; MIELNICZUK, 1995) e apontada como uma das vantagens desse sistema de manejo. A maior umidade que ocorre nas camadas superficiais do solo, graças à cobertura vegetal que reduz as perdas por evaporação, pode proporcionar adequada absorção de nutrientes pelas plantas, mesmo em condições de elevada acidez (CAIRES; FONSECA, 2000).

Considerando que a calagem sem incorporação pode ter sua ação limitada às camadas superficiais, principalmente nos primeiros anos de cultivo, a aplicação de gesso agrícola em superfície pode ser uma alternativa para aumentar a saturação por bases na subsuperfície e reduzir o efeito tóxico do Al³⁺, melhorando assim o ambiente radicular para o crescimento das plantas. A combinação de calcário com gesso agrícola pode compensar o efeito reduzido do calcário no subsolo, nos primeiros anos de cultivo, sem necessidade de incorporação prévia (CAIRES et al.,

2003). O efeito do gesso agrícola para diminuir o problema de teor tóxico de Al e do baixo teor de Ca, no subsolo, é decorrente da sua maior solubilidade em relação ao calcário e da reatividade do ânion acompanhante. O gesso agrícola aplicado na superfície do solo movimenta-se ao longo do perfil sob a influência da percolação de água (CAIRES et al., 1999). Como consequência, obtêm-se aumento no suprimento de Ca e diminuição da toxidez de Al no subsolo (CAIRES et al., 1999, 2003).

A maioria dos trabalhos com aplicação de calcário e gesso em superfície foi realizada em condições de SSD consolidado e em regiões sem limitação hídrica (PÖTTKER; BEN, 1998; CAIRES et al., 1998, 1999, 2000, 2003, 2004, 2005), o que pode ter interferido no efeito da calagem superficial na correção da acidez do subsolo (MYIAZAWA et al., 2002). Contudo, pouco se conhece sobre os efeitos da aplicação de calcário e gesso em superfície, nos atributos químicos do solo, num SSD recém-implantado e em região com limitação hídrica durante alguns meses do ano.

De acordo com López-Bucio et al. (2000) os resultados de pesquisas têm demonstrado que Al^{3+} no meio de crescimento influencia a absorção de elementos essenciais, como P, Ca e Mg. O uso eficiente de nutrientes em solos ácidos é fortemente dependente de práticas de manejo do solo, especialmente aquelas que objetivam: diminuir ou neutralizar a acidez do solo; diminuir o Al em subsuperfície, aumentar a CTC e diminuir a capacidade irreversível de adsorção de ânions; minimizar a perda de nutrientes, principalmente por lixiviação e volatilização, e controlar e manejar a fração orgânica e a atividade biológica (JESUS et al., 2007).

Segundo Matos et al. (2007) para aumentar a produtividade de solos ácidos, tem sido feita a adição de materiais corretivos, principalmente calcários. Contudo, a calagem, em geral, corrige o solo somente na superfície. De acordo com Raj (2008) a aplicação de gesso agrícola possibilita melhores condições do subsolo, podendo atuar, de certa forma, como descompactante do solo, ambiente que geralmente é pouco favorável às raízes. O gesso atua diminuindo a saturação por alumínio e aumentando os teores de Ca e S (VITTI et al., 2008). A gessagem pode atuar como condicionador das estruturas do solo (ROSA JUNIOR; VITORINO, 1994; ROSA JUNIOR et al., 2006), favorecendo a agregação, e consequente melhoria na estrutura do solo, com consequente proliferação de raízes no subsolo e maior aproveitamento de água e de nutrientes pelas plantas (RITCHEY et al., 1980). Por outro lado, o gesso pode provocar lixiviação de Mg e de K das camadas mais superficiais do solo, expondo as plantas a eventuais deficiências (ALVA; GASCHO,

1991). Para Souza e Ritchey (1986), a resposta do gesso agrícola aplicado em solos do cerrado, como aprofundamento do ambiente radicular, tem sido observada para culturas anuais importantes como é o caso da soja, milho e trigo submetidos a veranicos na época de floração com incrementos na produtividade de 14, 72 e 54%, respectivamente, em função do uso de gesso.

Já são amplamente conhecidos os efeitos do calcário na correção da acidez do solo (PÁDUA et al., 2008), na diminuição do efeito tóxico do Al (ZAMBROSI et al., 2007) e na elevação da saturação por bases (SORATTO; CRUSCIOL, 2008). Assim, a ação conjunta entre a gessagem é uma técnica que vem sendo aprimorada, visto que a ação individual do gesso pode apresentar a desvantagem de ocasionar a lixiviação de Mg^{2+} (CAIRES et al., 2004; RAMPIM et al., 2011) e de K^+ (RAMPIM et al., 2011).

5 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os anos de 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III).

5.1 Localização e características da área experimental

A área experimental está localizada no município de Presidente Bernardes, São Paulo, conforme a localização apresentada na (Figura 1). O mesmo foi conduzido em área de sequeiro em pastagem extensiva na Fazenda Experimental da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, em um solo classificado como Argissolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), com relevo suave ondulado e teor de argila médio de 160 g kg^{-1} na camada de 0-20 cm. Os resultados de análises químicas estão apresentados na (Tabela 1) e granulométrica na (Tabela 2).

A localização da área experimental está definida pelas coordenadas geográficas: $22^{\circ} 07' 32''$ Latitude Sul e $51^{\circ} 23' 20''$ Longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 475 metros. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com temperaturas médias anuais em torno de 25°C e regime pluvial caracterizado por dois períodos distintos, um chuvoso de outubro a março e outro de baixa precipitação pluvial de abril a setembro. Os dados climáticos registrados durante a condução dos experimentos estão contidos na (Figura 2).

FIGURA 1 - Imagem de localização da área experimental, município de Presidente Bernardes SP



(Fonte: Google)

TABELA 1 – Análise química do solo das profundidades de 0-20 e 20-40 cm, determinadas antes da instalação dos experimentos

		Macronutrientes													
Fator	Profundidade	pH (CaCl ₂)	MO	P	S-SO ₄ ²⁻	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	m	v	
			(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	----- (mmol _c dm ⁻³) -----										(%)
		cm													
S.E	(0-20)	5,3	12,7	10,3	3,4	0	20,6	1,1	20,6	8,4	30,1	50,7	0	59,3	
	(20-40)	5,1	10,7	6,6	3,6	0	22,5	0,7	19,3	7,3	27,3	49,8	0	54,8	
C.E	(0-20)	5,3	11,8	7,9	0,7	0	19,0	1,0	20,0	8,9	29,9	48,9	0	61,1	
	(20-40)	5,1	10,0	2,8	1,4	0,2	20,1	1,0	17,4	6,9	25,3	45,4	0,8	55,8	

		Micronutrientes				
Fator	Profundidade	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
		----- (mg dm ⁻³) -----				
		cm				
S.E	(0-20)	0,12	1,24	19,76	2,14	3,28
	(20-40)	0,08	1,12	18,38	1,20	2,70
C.E	(0-20)	0,05	1,58	16,82	2,16	0,60
	(20-40)	0,05	1,42	17,40	1,38	0,36

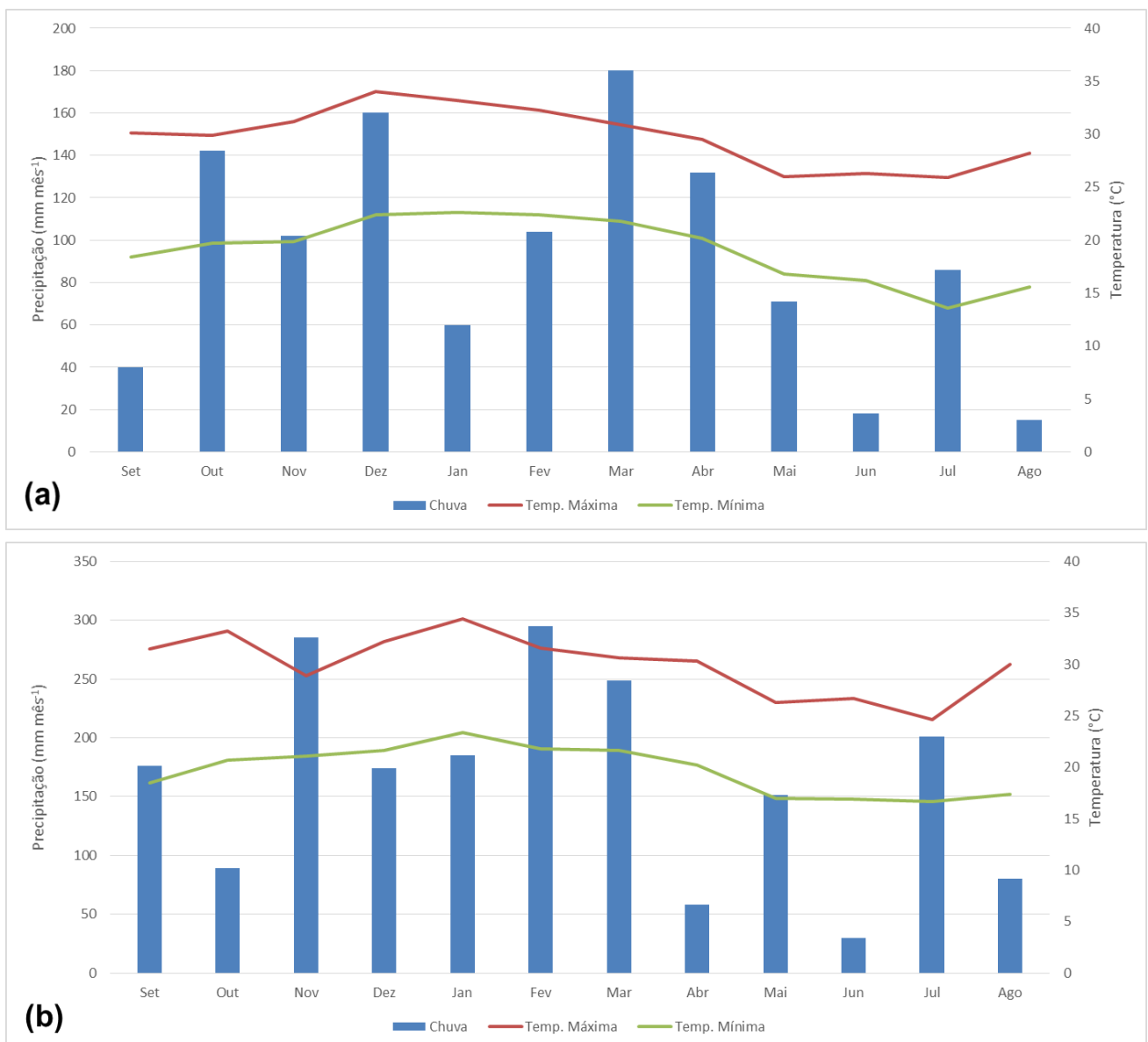
S.E: Sem Escarificação; C.E: Com Escarificação;

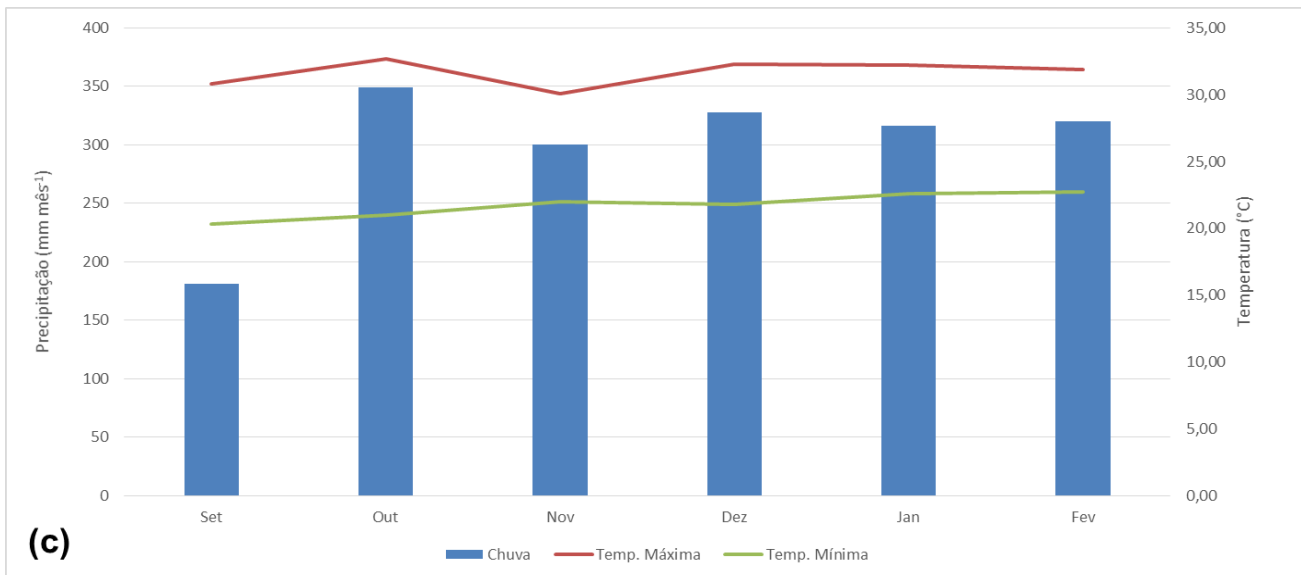
TABELA 2 - Características granulométricas do solo nas profundidades 0-20 e 20-40 cm, determinadas antes da instalação dos experimentos

Fator	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
	cm	-----(g kg^{-1})-----			
S.E	(0-20)	779,8	55,0	165,4	Média Arenosa
	(20-40)	748,4	58,0	194,0	Média Arenosa
C.E	(0-20)	813,8	40,8	145,4	Arenosa
	(20-40)	801,6	38,8	160,0	Média Arenosa

S.E: Sem Escarificação; C.E: Com Escarificação;

FIGURA 2 - Precipitação pluvial, temperatura máxima e temperatura mínima registradas na área experimental: (a) ano agrícola I 2013/2014; (b) ano agrícola II 2014/2015; (c) ano agrícola III 2015/2016





5.2 Tratamentos e delineamento experimental

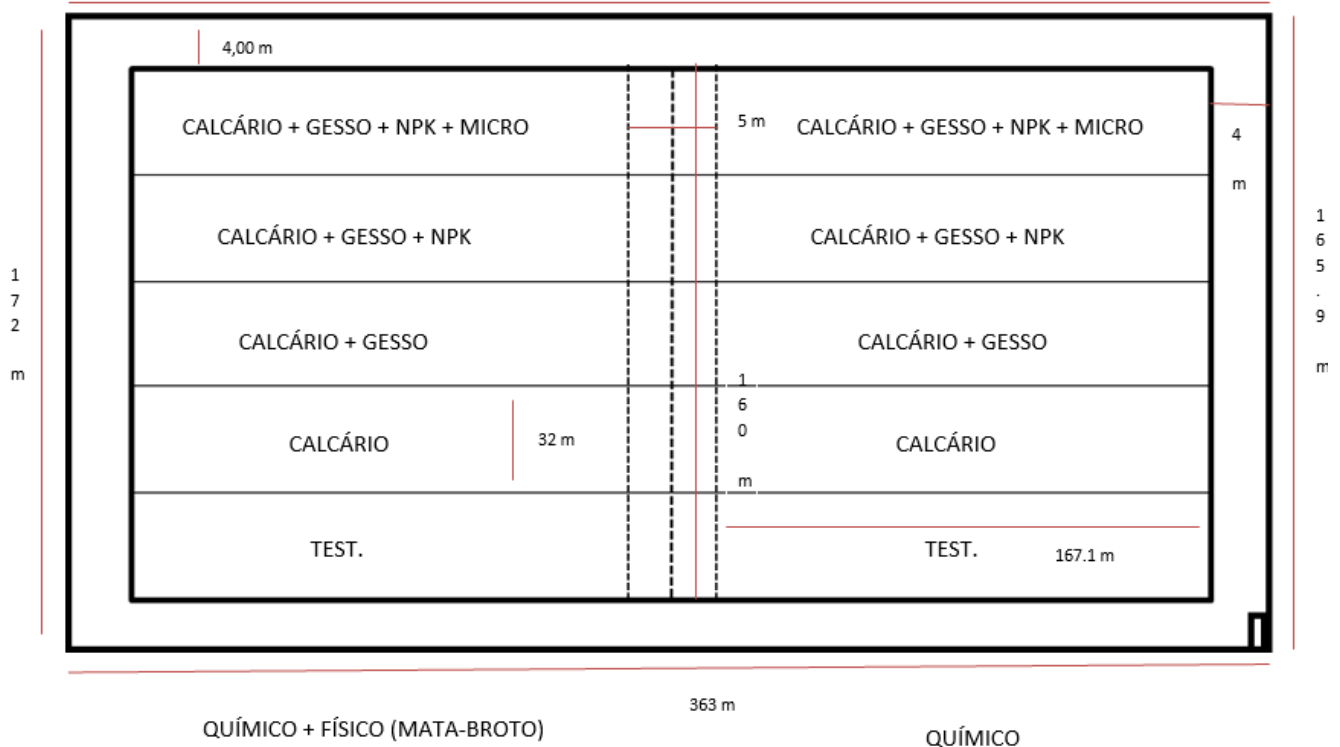
A área experimental, de 60225 m², considerada homogênea por ter recebido sempre o mesmo manejo químico e físico do solo, e por ter sido ocupada sempre com pastagem, foi dividida em dois talhões de 160 m de largura por 167,1 m de comprimento cada. Nessa ocasião, foram delimitados dez tratamentos de 32 m de largura por 167,1 m de comprimento dentro de cada talhão, os quais receberam cinco manejos químicos, de acordo com a (Tabela 3).

TABELA 3 - Descrição dos manejos realizados

MANEJO	SIGRA
Sem adubação e sem calagem	T
Com aplicação de calcário	C
Com a aplicação de calcário + gesso	C + G
Com a aplicação de calcário + gesso + NPK	C + G + NPK
Com a aplicação de calcário + gesso + NPK + micronutrientes	C + G + NPK + MI
Sem adubação e sem calagem + escarificação	T (escarificação)
Com aplicação de calcário + escarificação	C (escarificação)
Com a aplicação de calcário + gesso + escarificação	C + G (escarificação)
Com a aplicação de calcário + gesso + NPK + escarificação	C + G + NPK (escarificação)
Com a aplicação de calcário + gesso + NPK + micronutrientes + escarificação	C + G + NPK + MI (escarificação)

Os manejos aplicados seguiram o delineamento experimental em faixas, em esquema fatorial 2 (manejo físico do solo) x 5 (manejo químico do solo), com quatro repetições, conforme croqui apresentado na (Figura 3).

FIGURA 3 - Croqui da área experimental



5.3 Histórico da área, instalação e condução dos experimentos

5.3.1 Ano agrícola I

Os animais foram retirados da área no dia 03/07/2013 para vedação do pasto estabelecido com *Urochloa brizantha* cv. Marandu e foram coletas 20 amostras de solo em posições aleatórias nas camadas de 0-20 e 20-40 cm para a caracterização química e física do solo.

Antes do manejo do pasto e da semeadura da soja, um dos talhões foi manejado mecanicamente com o escarificador modelo DPT 320M/A Ikeda® que corta o solo horizontalmente em toda a largura de trabalho, com uma profundidade que pode ser regulada entre 20 até 50 cm (Figura 4). Este corte destrói o sistema radicular da maioria dos brotos da pastagem e provoca uma completa e homogênea descompactação e aeração do solo. Este manejo proporciona ação total e homogênea em todo o perfil trabalhado com revolvimento mínimo da superfície, sem mistura entre as camadas do solo, sendo ideal para descompactação periódica de solos de SSD, por preservar integralmente a cobertura morta (IKEDA, 2016). O escarificador foi

regulado para atuar na profundidade de 30 cm no perfil do solo. Já o outro talhão não recebeu manejo mecânico.

FIGURA 4 - Manejo de escarificação realizada na área, julho de 2013



Posteriormente ao manejo físico, foi realizada a aplicação de calcário e gesso no dia 09/07/2013. Para a calagem utilizou-se o calcário dolomítico com 286 g kg⁻¹ de CaO, 163 g kg⁻¹ de MgO e PRNT de 84%, na dose de 1200 kg ha⁻¹, de acordo com a necessidade de calagem apresentada pela análise de solo da camada representativa da profundidade de 0-20 cm. Nos manejos com gessagem utilizou-se o gesso agrícola com as seguintes características 260 g kg⁻¹ de CaO e 150 g kg⁻¹ de S, na dose de 1000 kg ha⁻¹, de acordo com a metodologia de (VITTI; MAZZA, 1998).

Nos manejos envolvendo NPK, aplicou-se 50, 90 e 50 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, de acordo com a análise química do solo na forma do formulado comercial NPK (329 kg ha⁻¹ de 08-28-16 + Zinco (0,2%)) antecipado na Pastagem. A adubação NPK foi delineada da seguinte forma: 50 kg de N, sendo considerados 13 kg ha⁻¹ N do 08-28-16 com a eficiência de 50%, mais 117 kg ha⁻¹ de ureia, com a eficiência de 70%, 92,2 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de 08-28-16, com a eficiência de 30%, 50,9 kg ha⁻¹ K₂O sendo considerado da forma 08-28-16 com eficiência de 50%, ainda foi complementado com 80,94 kg de KCl com eficiência de 50% para se obter uma dosagem de 3% de K na CTC. A aplicação foi considerada para a camada de 0 a 10 cm e foram realizadas três operações, individuais e mecanizadas, à lanço para cada fertilizante (Figura 5).

FIGURA 5 - Aplicação de calcário, gesso e macronutrientes, julho de 2013



Nos manejos envolvendo aplicação de micronutrientes, realizou-se a aplicação de 0,5; 1,0; 0,5 e 1,0 kg ha⁻¹ de B (Ácido bórico), Zn (Sulfato de zinco), Cu (Sulfato de cobre), Mn (Sulfato de manganês), respectivamente e 2,0 kg ha⁻¹ de S (Enxofre elementar). O S foi aplicado em toda área exceto, nos manejos C + G + NPK + MI e C + G + NPK + MI (escarificação), para balancear o S aplicado via sulfato dos micronutrientes nos tratamentos C + G + NPK + MI e C + G + NPK + MI (escarificação). Os micronutrientes foram aplicados via pulverizador (Figura 6).

FIGURA 6 - Aplicação dos micronutrientes, julho de 2013



A coleta de amostras da parte aérea da *Urochloa brizantha* cv. Marandu para a determinação do aporte de palhada foi realizada em 07/10/2013 conforme descrito no item (5.4.3), e em seguida fez-se a dessecação da mesma com herbicida glifosato, na dose de 5 L ha⁻¹ do produto comercial, com volume de calda de 330 L ha⁻¹

1. No dia 17/10/2013 realizou-se a semeadura da soja, cultivar Semegrão Brasmax, BMX Potência RR[®], com peneira 6,5 safra 2012/2013 no espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 17 sementes por metro linear (Figura 7). No tratamento das sementes foi utilizado o inseticida Cropstar[®] 200 mL sc⁻¹, micronutriente Profol NiCoMo[®] Dry - % p/p - Co - 2,4; Mo-26,0; Ni-1,2, 150 g sc⁻¹ e inoculado com inoculante turfoso Simbiose Nod Soja[®] na quantidade de 180 g sc⁻¹. Adotou-se a adubação padrão com 330 kg ha⁻¹ da formulação 04-30-10 para todos os tratamentos. No dia 06/11/2013 foi aplicado o inoculante líquido Gelfix 5[®] - 960 ml, Bradyrhizobium elkanii, 8 doses - 1L ha⁻¹ - 960 por 60 kg de semente de soja por ha, com pulverizador na vazão de 330 L ha⁻¹.

FIGURA 7 - Plantio da cultura da soja, outubro de 2013



Na fase V1 do desenvolvimento da cultura foi realizado a quantificação do estande inicial das plantas, conforme descrito no item (5.4.4). Em 20/11/2013 foi aplicado o inseticida brilhante-nomolt[®], na dose de 50 mL ha⁻¹. Na fase V5 foi realizada a coleta do trifólio para análise química de tecido conforme descrito no item (5.4.2). No dia 12/12/2013 foi realizado a adubação de cobertura de K com 100 kg ha⁻¹ (KCI). Em 14/12/2013 foi aplicado inseticidas na dose de 70 mL ha⁻¹ de Belt[®] e 1L ha⁻¹ de Conect[®]. No dia 03/01/2014 foi aplicado herbicida para controle de plantas daninhas na dose de 600 mL ha⁻¹ de glifosato, e o inseticida na dose de 1 L ha⁻¹ de Conect[®]. No dia 08/01/2014 foi aplicado fungicida na dose de 500 mL ha⁻¹ de Azimult[®] e inseticida na dose de 300 mL ha⁻¹ de Galil[®]. E 16/01/2014 foi aplicado inseticida na dose de 300 mL ha⁻¹ Galil[®] e 70 mL ha⁻¹. 07/02/2014 na fase R9 da cultura foi realizado os componentes de produção e de produtividade conforme descrito no item (5.4.4).

FIGURA 8 - Cultura da soja em desenvolvimento, novembro de 2013



FIGURA 9 - Soja pronta para ser colhida, fevereiro de 2014



5.3.2 Ano agrícola II

Após a colheita da soja, no dia 26/02/2014, foi realizada a semeadura da pastagem *Urochloa brizantha* cv. Piatã, com espaçamento 0,45 m entre plantas e 35 plantas m linear⁻¹ com VC 85% e conduzida por aproximadamente 60 dias. No dia 02/05/2014 foi feita coleta de plantas, na altura de corte e altura de pastejo acima conforme descrito no item (5.4.3). Antes da entrada dos animais (Figura 10).

No dia 14/05/2014 foram introduzidos na área os animais (bovinos de corte), oriundos de um lote homogêneo, respeitando uma lotação de 2 UA ha⁻¹. Os animais foram mantidos na área até rebaixamento do pasto a uma altura entre 20 e 30 cm do solo, respeitando um período de descanso entre 30 e 40 dias (Figura 10).

FIGURA 10 - Pastagem sem e com os animais, maio de 2014



Em setembro de 2014 a área foi vedada e não houve necessidade da aplicação dos manejos químicos diante dos resultados apresentados pelas análises químicas de solo realizada na área no dia 02/09/2014, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em um total de 200 amostras, conforme descrito no item (5.4.1).

No dia 04/09/2014 foi realizado a coleta de plantas, na altura de corte e altura de pastejo acima conforme descrito no item (5.4.3). Na saída dos animais.

Em 07/10/2014 a pastagem foi dessecada com herbicida na dose de 5 L ha⁻¹ de glifosato, na calda de 330 L ha⁻¹. No dia 23/11/2014 foi realizada a semeadura da soja cultivar BMX Potência RR[®], com peneira 6,5, safra 2014/2015 no espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 17 sementes por metro linear, conforme realizado na safra anterior (Figura 11).

FIGURA 11 - Plantio da cultura da soja, novembro de 2014



As sementes já vieram com tratamento, mas foi realizado inoculação no sulco de palntio com inoculante liquido Nodofix[®] na quantidade de 4000 mL 200 L⁻¹ de água. Foi utilizado a adubação padrão para todos os tratamentos na formulação 04-30-10 na quantidade de 330 kg ha⁻¹.

No dia 16/12/2014 na fase V1 do desenvolvimento da cultura foi realizado o estande inicial das plantas, conforme descrito no item (5.4.4). No dia 23/02/2015 na fase V5 foi realizada a coleta de trifólio para análise química de tecido vegetal conforme descrito no item (5.4.2).

Em 13/12/2014 foi aplicado o herbicida na dose de 3,5 L ha⁻¹ de glifosato para o controle de plantas daninhas e também aplicado inseticidas na dose de 150 mL ha⁻¹ de Match[®] e 1 L ha⁻¹ de Metomex[®] para controle de largata na calda de 180 L ha⁻¹. No dia 07/01/2015 foi aplicado inseticidas na dose de 150 mL ha⁻¹ de match e 1 L ha⁻¹ de Metomex[®] para controle de largata na calda de 200 L ha⁻¹. No dia 05/02/2015 foi aplicado inseticidas na dose de 1 L ha⁻¹ de Conect[®] e 80 mL ha⁻¹ de Belt[®] para controle de largata e percevejo, e aplicado fungicida Fox[®] na dose de 400 mL ha⁻¹ na calda de 250 L ha⁻¹. No dia 11/02/2015 foi aplicado inseticidas na dose de 600 mL ha⁻¹ de Conect[®] e 70 mL ha⁻¹ de Belt[®] para controle de largata e percevejo, na calda de 250 L ha⁻¹. No dia 19/02/2015 foi aplicado inseticidas na dose de 400 mL ha⁻¹ de Curyon[®] e 60 mL ha⁻¹ de Belt[®] para controle de largata na calda de 220 L ha⁻¹. No dia 27/02/2015 foi aplicado inseticidas na dose de 200 mL ha⁻¹ de Endeo[®] e 300 mL ha⁻¹ de Dessis[®] para controle de largata e percevejo na calda de 200 L ha⁻¹

No dia 26/03/2015 na fase R9 da cultura foi realizado os componentes de produção e de produtividade conforme descrito no iten (5.4.4).

FIGURA 12 - Cultura da soja em desenvolvimento, fevereiro de 2015



FIGURA 13 - Colheita da cultura da soja, fevereiro de 2015



5.3.3 Ano agrícola III

Após a colheita da soja, em 01/04/2015 foi semeado a pastagem *Urochloa brizantha* cv. Piatã, para o início da safra 2015/2016, com espaçamento 0,17 entre plantas e 5 plantas m linear⁻¹ com VC 85 e conduzida por aproximadamente 75 dias. No dia 15/06/2015 foi feita coleta de plantas, na altura de corte e altura de pastejo acima conforme descrito no item (5.4.3). Antes da entrada dos animais (Figura 14).

No dia 18/06/2015 foram introduzidos na área os animais (bovinos de corte), oriundos de um lote homogêneo, respeitando uma lotação de 2,9 UA ha⁻¹. Os animais foram mantidos na área até rebaixamento do pasto a uma altura entre 20 e 30 cm do solo, respeitando um período de descanso entre 30 e 40 dias (Figura 14).

FIGURA 14 - Pastagem sem e com os animais, junho de 2015



No dia 01/09/2015 foi feita coleta de plantas, na altura de corte e altura de pastejo acima conforme descrito no item (5.4.3) na saída dos animais.

Em setembro de 2015 a área foi vedada e foi necessário a aplicação dos manejos químicos pela necessidade expressada na análise química de solo realizada na área no dia 08/09/2015, feito nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em um total de 200 amostras conforme descrito no item (5.4.1).

No dia 18/09/2015 a pastagem foi dessecada com herbicida na dose de 5 L ha⁻¹ de glifosato, na calda de 330 L ha⁻¹.

Foi realizada a aplicação de gesso no dia 16/10/2015 na quantidade de 0,495 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G; 0,369 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G + NPK; 1,405 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G + NPK + MI; 0,495 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G (escarificação); 0,369 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G + NPK (escarificação) e 1,405 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G + NPK + MI (escarificação). No mesmo dia foi realizado a aplicação de calcário calcítico na quantidade de 1,185 Mg ha⁻¹ no manejo com C; 1,008 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G; 0,913 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G + NPK; 1,189 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G + NPK + MI; 0,776 Mg ha⁻¹ no manejo com C (escarificação); 0,707 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G (escarificação); 1,272 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G + NPK (escarificação); 0,777 Mg ha⁻¹ no manejo com C + G + NPK + MI (escarificação). A aplicação de micronutrientes foi realizada nos manejos C + G + NPK + MI e C + G + NPK + MI (escarificação), que no qual foi aplicado 4,1 kg ha⁻¹ de Boro (Ácido Bórico) na área sem escarificação; 3,6 kg ha⁻¹ de Boro (Ácido Bórico) na área escarificada; 6,0 kg ha⁻¹ de Zinco (Sulfato de Zinco) na área não escarificada; 4,47 kg ha⁻¹ de Zinco (Sulfato de Zinco) na área escarificada; 19,29 kg ha⁻¹ de manganês (Sulfato de manganês) na área não escarificada; 21,61 kg ha⁻¹ de manganês (Sulfato de manganês) na área escarificada, a adubação com NPK foi repostada no plantio da cultura da soja.

Em 26/10/2015 foi realizada a semeadura da soja cultivar Intacta RR PRO2 Brasmax Ponta, no espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 17 sementes por metro linear, conforme realizado na safra anterior (Figura 15).

FIGURA 15 - Plantio da cultura da soja, outubro de 2015



As sementes foram tratadas com Fungicida Vitavax[®] – Thiram 200 SC[®] – 150 ml/SC 40 kg Sementes e com Inseticida Cropstar[®] – 300 ml/SC 40 kg Sementes. A inoculação foi realizada no sulco com inoculante líquido Nodofix[®] na quantidade de 4000 mL 200 L⁻¹ de água. Foi utilizado a adubação padrão para todos os tratamentos na formulação 04-30-10 na quantidade de 330 kg ha⁻¹. No dia 09/11/2015 foi realizado cobertura com 166 kg ha⁻¹ de KCl, na cultura da soja.

Em novembro na fase V1 do desenvolvimento da cultura foi realizado o estande inicial das plantas, conforme descrito no item (4.4.4). No dia 15/01/2015 na fase V5 foi realizada a coleta de trifólio para análise química de tecido vegetal conforme descrito no item (5.4.2).

Em 26/11/2016 foi aplicado 5 L ha⁻¹ do herbicida glifosato na cultura da soja, com a calda de 200 L ha⁻¹. No dia 28/01/2016 foi aplicado fungicida fox na dose de 400 mL ha⁻¹ na calda de 250 L ha⁻¹. No dia 17/02/2016 foi aplicado herbicida paraquat na dosagem de 2 L ha⁻¹ com a calda de 300 L ha⁻¹.

No dia 29/02/2016 na fase R9 da cultura foi realizado os componentes de produção e de produtividade no dia 04/03/2016 conforme descrito no item (5.4.4).

FIGURA 16 - Cultura da soja em desenvolvimento, janeiro e fevereiro 2016



FIGURA 17 - Colheita da cultura da soja, março de 2016



5.4 Avaliações

Todas as variáveis descritas a seguir, foram avaliadas em todos os tratamentos dos três anos do experimento.

5.4.1 Análise química de solo

Em outubro de 2014 e 2015, após a dessecação da braquiária e antes da semeadura da soja da safra 2014/2015, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm, em cada repetição, totalizando em 200 amostras. Essas amostras foram acondicionadas em caixas de papel devidamente identificadas e encaminhadas para o laboratório de análise química de

solos da UNOESTE, para determinação dos atributos pH, H+Al, Al, P, S, K, Ca, Mg, , B, Cu, Fe, Mn, Zn) de acordo com as metodologias descritas e realizadas por Raij et al. (2001) (Figuras 18 e 19).

FIGURA 18 - Coleta do solo com trado e entrega de amostras no laboratório, outubro de 2014



FIGURA 19 - Preparo do solo e procedimentos laboratoriais



5.4.2 Análise de tecido vegetal

Durante o ciclo da cultura da soja foram coletadas amostras de trifólio estágio fisiológico V5, antes do florescimento. As amostras foram encaminhadas para o laboratório de tecido vegetal da UNOESTE. As folhas foram lavadas agitando-as por alguns segundos em água contendo um pouco de detergente; em seguida foram

enxaguadas com água destilada, em porções sucessivas, para remover todo o detergente, sendo a seguir colocadas sobre papel absorvente. As amostras foram colocadas em sacos de papel e postas a secar em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura a 65°C, até atingir massa constante. Em seguida esses materiais tiveram a massa seca determinada e o resultado convertido em Mg ha^{-1} . Finalmente, as amostras foram moídas em moinho de aço inoxidável, para evitar a contaminação da amostra principalmente por Fe, Zn e Cu, passando a amostra em peneiras de 1 mm de malha em moinho tipo Wiley, e encaminhadas para a realização da análise de tecido vegetal, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997), para a de determinação dos nutrientes, para a determinação de N, P; K; Ca; Mg; S; B, Cu; F; Mn; Zn). Estes procedimentos foram repetidos durante os três anos do experimento (Figuras 20, 21).

FIGURA 20 - Coleta de amostras de tecido vegetal



FIGURA 21 – Procedimentos no laboratório de análise de tecido vegetal



5.4.3 Determinação do aporte da pastagem

Antes da semeadura da soja foram coletadas amostras da pastagem para a determinação do aporte de massa no primeiro ano agrícola que era a *Urochloa brizantha* cv. Marandu. No segundo ano o aporte de massa foi realizado antes da entrada e depois da saída dos animais, no qual foi realizado o corte da *Urochloa brizantha* cv. Piatã á altura de 20 cm, conforme a recomendação de pastejo para a cultura. Os procedimentos de coleta foram realizados por meio de uma moldura de madeira quadrangular (50 cm x 50 cm). As amostras foram encaminhadas para o laboratório de análise química de tecido vegetal da UNOESTE. O material foi lavado agitado por alguns segundos em água contendo um pouco de detergente, em seguida foram enxaguados com água destilada, em porções sucessivas, para remover todo o detergente, posteriormente colocadas sobre papel absorvente. As amostras foram colocadas em sacos de papel e postas em estufa de aeração forçada a 65°C, até atingir massa constante. Em seguida esses materiais tiveram a massa seca determinada e o resultado convertido em Mg ha⁻¹. As amostras foram moídas em moinho de aço inoxidável, para evitar a contaminação da amostra principalmente por Fe, Zn e Cu, passando a amostra em peneiras de 1 mm de malha em moinho tipo Wiley. Logo após foram encaminhadas para a de determinação dos nutrientes segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997), para a de determinação dos nutrientes, pela digestão nítrico-perclórica para determinação de (Fósforo -P; Potássio -K; Cálcio -Ca; Magnésio -Mg; Enxofre -S; Cobre -Cu; Ferro - Fe; Manganês - Mn; Zinco -Zn), (Boro – B) por digestão via seca (incineração), e digestão sulfúrica de (Nitrogênio – N) para determinação de N (Figura 22).

FIGURA 22 – Procedimento de coleta da pastagem na entrada e saída dos animais



5.4.4 Componentes de produção

5.4.4.1 Contagem da população inicial e final de plantas

Foi realizada após a germinação e antes da colheita, contando-se as plantas em uma fileira central com comprimento de 4 m em cada repetição, sendo os resultados convertidos em plantas ha⁻¹.

5.4.4.2 Número de vagens por planta

Por ocasião da colheita, foi realizada a coleta de 10 plantas seguidas, por repetição, para a determinação do número de vagens por planta, mediante a relação entre número total de vagens e o número total de plantas.

5.4.4.3 Número de grãos por vagem

Foi determinado mediante a relação entre o número total de grãos e o número total de vagens, avaliados nas 10 plantas coletadas para determinação do número de vagens por planta.

5.4.4.4 Massa de 100 grãos (g)

Avaliada através da pesagem de três amostras, com 100 grãos cada uma, em cada unidade experimental. Os dados obtidos foram convertidos para teor de água de 130 g kg⁻¹.

5.4.4.5 Produtividade de grãos

As plantas foram colhidas com a máquina colhedora de Cereais Jumil JM390, e o total colhido de cada repetição da parcela foi de 18m². Após esta operação, os grãos foram pesados e foi calculada a produtividade de grãos, em kg ha⁻¹, convertidos para teor de água de 130 g kg⁻¹.

5.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, ao teste Tukey de comparação de médias ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Fertilidade do solo nos anos agrícolas 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)

6.1.1 Ano II: atributos químicos nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão do manejo químico e físico

No ano agrícola 2014/2015 (Ano II) não houve alteração significativa na fertilidade do solo na profundidade de 0-10 cm, diante dos manejos químicos aplicados (Tabela 4), embora tenha ocorrido alteração significativa no pH e nos teores de (Matéria Orgânica) MO e H+Al em função da escarificação do solo (Tabela 5).

No SSD, a correção da acidez do solo é realizada através da calagem em superfície sem incorporação. A calagem superficial normalmente não tem efeito rápido na redução na acidez, particularmente em solos com cargas variáveis. O pH elevado com os manejos realizados tanto físico quanto químicos demonstram que a escarificação altera as suas características principalmente em superfície. Trabalhos de pesquisa mostraram modificações das características químicas do solo sob diferentes usos e manejo (MUZILLI, 1983; CENTURION et al., 1985; CASTRO, 1995; BAYER; BERTOL, 1999). O estudo das transformações que ocorrem no solo, resultantes do uso e manejo, é de grande valia na escolha do sistema mais adequado para que se recupere a potencialidade do solo (FERNANDES, 1982).

Já a importância da MO em relação às características físicas é amplamente reconhecida. A sua influência sobre as características do solo e a sensibilidade às práticas de manejo determinam que a MO seja considerada uma das principais propriedades na avaliação da qualidade do solo (DORAN; PARKIN, 1994).

Os manejos químicos realizados não proporcionaram diferenciação significativa nos parâmetros químicos de solo, na profundidade de 10-20 cm (Tabela 4). Já quando a área não recebeu manejo físico o teor de P foi maior, em relação à área escarificada. De acordo com Raij et al. (1997), o teor de P no solo está baixo de acordo com as classes de teores, nesta camada do solo (10-20 cm). O comportamento específico do P no SPD tem implicações no manejo da adubação fosfatada,

principalmente em áreas já estabilizadas com a adoção desse sistema, por ser um elemento pouco móvel (Tabela 5).

Houve diferença significativa na profundidade de 20-40 cm, quando foi realizado o manejo com C + G + NPK, a CTC do solo foi de 40 mmol_c dm⁻³, diferindo da T e com o manejo com C que ambos tiveram a CTC de 35 mmol_c dm⁻³, não diferindo dos demais manejos (Tabela 4). Quando a área não foi escarificada, a MO e o K, tiveram um desempenho melhor em relação à área escarificada (Tabela 5).

TABELA 4 - Atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II)

Manejo	pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	S-SO ₄ ²⁻ (mg dm ⁻³)	H+Al ----- (mmol _c dm ⁻³) -----	K	Ca	Mg	CTC	V (%)
0-10 cm										
Químico										
T	5,9	19	14	7	20	2,2	16	16	55	61
C	6,1	20	15	7	19	3,0	27	24	73	72
C + G	6,1	20	20	6	19	2,6	32	21	75	73
C + G + NPK	6,0	18	27	7	19	3,1	30	20	72	72
C + G + NPK + MI	6,1	20	22	5	17	2,6	31	22	72	73
10-20 cm										
Químico										
T	5,3	15	14	5	24	2,0	9	11	46	48
C	5,4	15	9	5	21	2,1	11	12	46	53
C + G	5,4	15	13	5	21	2,1	13	12	47	55
C + G + NPK	5,6	14	16	5	21	2,4	15	13	51	58
C + G + NPK + MI	5,7	15	13	6	19	2,0	17	14	51	60
20-40 cm										
Químico										
T	5,2	10 a	5	6	22	1,4	6	6	35 b	38
C	5,1	8 b	4	7	23	1,0	5	6	35 b	35
C + G	5,3	10 a	8	8	22	1,1	7	8	38 ab	42
C + G + NPK	5,1	10 a	6	8	23	1,2	8	7	40 a	41
C + G + NPK + MI	5,2	10 a	5	8	22	1,3	7	7	38ab	42
40-60 cm										
Químico										
T	4,8	8	1	6	24	0,3	5	4	34	29
C	4,9	7	1	6	28	0,4	6	4	38	27
C + G	4,8	8	1	21	25	0,4	4	4	33	27
C + G + NPK	4,9	8	4	12	24	0,6	8	4	37	34
C + G + NPK + MI	4,7	8	1	20	25	0,6	6	4	36	31
60-80 cm										

Químico										
T	4,5	6	0,3	9 b	27	0,2	6	4	36	28
C	4,4	6	0,2	11 b	23	0,3	6	3	33	29
C + G	4,4	6	0,1	34 a	24	0,3	7	4	34	31
C + G + NPK	4,4	6	2,9	21 ab	24	0,5	7	4	35	31
C + G + NPK + MI	4,4	6	0,1	41 a	25	0,5	7	4	36	31

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; DMS e V% Consultar no ANEXO – A.

TABELA 5 - Atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (ANO II)

Manejo	pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	S-SO ₄ ²⁻ (mg dm ⁻³)	H+Al -----	K (mmol _c dm ⁻³)	Ca	Mg	CTC	V (%)
Físico										
C.E	6,1 a	18 b	19	6	17 b	2,8	23	19	62	71
S.E	5,9 b	21 a	21	7	20 a	2,5	31	22	76	70
10-20 cm										
Físico										
C.E	5,5	15	12 b	5	20	2,1	11	12	45	53
S.E	5,4	15	14 a	5	22	2,2	15	13	51	56
20-40 cm										
Físico										
C.E	5,2	9 b	6	7	22	1,0 b	6	7	37	39
S.E	5,2	10 a	6	8	23	1,4 a	7	7	38	40
40-60 cm										
Físico										
C.E	4,7	7 b	1	12	23	0,6	5	4	33b	30
S.E	4,9	8 a	2	13	27	0,4	6	4	37 a	29
60-80 cm										
Físico										
C.E	4,4	6	0,2	23	21 b	0,4	6	4	32	32
S.E	4,4	6	1,2	24	28 a	0,3	7	4	38	28

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS e V% Consultar no ANEXO – A.

Os sistemas de manejo conservacionistas do solo podem contribuir para o aumento do teor de MO e, conseqüentemente, da fertilidade do solo. Nos primeiros anos de adoção desses sistemas, pode ocorrer a elevação dos níveis de MO. Esses sistemas apresentam maior nível de MO superficial e, como conseqüência, maior concentração de substâncias húmicas solúveis (SALET, 1994). O manejo de áreas

em SSD por vários anos promove acúmulo de MO no solo, refletindo em melhoria na agregação do solo, aumento da atividade biológica, maior disponibilidade de nutrientes para as culturas, complexação de elementos tóxicos, além de promover aumento da CTC (BAYER; MIELNICZUK, 2008). No entanto, devido ao longo período de tempo sem revolvimento, essas áreas podem apresentar impedimentos físicos e químicos para o aprofundamento do sistema radicular das culturas. Dessa forma, o revolvimento do solo e a aplicação de gesso agrícola são alternativas para melhoria em profundidade do solo e, conseqüentemente, do ambiente para o crescimento das raízes de plantas.

O teor de K no solo está baixo nesta camada de 20-40 cm de acordo com Raji et al. (1997), mas é a camada de maior extração pelas raízes das culturas, podendo parte do K ter sido lixiviado para as camadas inferiores e parte extraído pelas plantas. Rosolem e Nakagawa (2001) observaram que a lixiviação de K, no perfil de um solo de textura média, aumentou muito, quando foram aplicadas doses de K_2O acima de 80 kg ha^{-1} por ano, independentemente do modo de aplicação do fertilizante.

Não houve diferença significativa quando o solo foi manejado quimicamente na profundidade de 40-60 cm (Tabela 4). Mas quando a área não foi escarificada, houve diferença para o teor de MO e na CTC do solo, com relação à área escarificada (Tabela 5). Fica evidente que com o aumento da profundidade aumentam as chances de ocorrência de diferenciação estatística entre os manejos para o SPD. Os teores de MO e a CTC foram estatisticamente diferentes com relação aos níveis da superfície.

O solo na profundidade de 60-80 cm apresenta diferença significativa para o teor de $S-SO_4^{2-}$, quando em superfície foi manejado com C + G + NPK + MI e também no manejo com C + G, quando relacionados com a T e com o manejo com C, não diferindo do manejo com C + G + NPK (Tabela 4).

Fica evidente que o $S-SO_4^{2-}$ corrigi em camadas profundas influenciadas pelos tratamentos que estão associadas à gessagem, diferenciando-se dos manejos sem a aplicação de gesso. Neste caso o S pode ser aproveitado pela gramínea presente no sistema de produção cujas raízes buscam nutrientes em profundidade ciclando os nutrientes para o posterior aproveitamento pela cultura da soja.

O uso do gesso agrícola tem mostrado resultados favoráveis também no SSD. A maior mobilidade do gesso confere resultados favoráveis, quando utilizado em associação ao calcário, uma vez que neste sistema os corretivos são aplicados na

superfície do solo. Em SPD, assim como na integração lavoura-pecuária (ILP), o uso do gesso tem favorecido o aumento da exploração radicular em profundidade, conseqüentemente, maior ciclagem dos nutrientes, melhorando a eficiência de uso dos mesmos, como aqui o caso do S-SO₄²⁻, cujos níveis críticos, no solo, são de 10 e de 35 mg dm⁻³ para solos argilosos e, de 3 e 9 mg dm⁻³ para solos arenosos, respectivamente nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm (SFREDO, KLEPKER, ORTIZ; OLIVEIRA NETO, 2003).

6.1.2 Ano II: micronutrientes nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão do manejo químico e físico

No ano agrícola 2014/2015 (Ano II) o solo manejado com C + G + NPK + MI apresentou diferença significativa para o teor de Cu, diferindo-se apenas da T e do manejo com C (Tabela 6). A área T apresentou maior teor de Mn no solo, diferenciando do manejo completo com C + G + NPK + MI, não diferindo dos demais manejos (Tabela 6).

Com exceção do Cu, de maneira geral, não houve diferença estatística nos teores de micronutrientes no solo entre os manejos com e sem escarificação (Tabela 7). Os teores de micronutrientes na camada de 0-10 cm estão com teores altos para Cu e médio para Mn de acordo com Raij et al. (1997). A calagem reduz o teor de Mn do solo a níveis não-tóxicos (QUAGGIO et al., 1982), mas em doses excessivas pode causar deficiência do elemento na planta (TANAKA et al., 1992). Apesar da redução da absorção de Mn com a calagem, as plantas não apresentaram sintomas de toxidez ou de deficiência do nutriente, que pode explicar a diminuição do nutriente nas áreas manejadas com calcário.

Quanto aos micronutrientes na profundidade de 10-20 cm, observou-se que a T, o manejo com C e o com C + G apresentaram maiores teores de Cu, diferindo dos manejos com adição de macronutrientes e micronutrientes (Tabela 6). Já a área quando não foi submetida à escarificação os teores de B e Cu, foram maiores com relação à área escarificada (Tabela 7). O nível de Cu é considerado alto para suprir as necessidades do solo, e de acordo com a recomendação da Embrapa Soja, o nível crítico é de 0,8 mg dm⁻³ de solo, (EMBRAPA, 2005). Diferente do trabalho realizado por Teixeira et al. (2003), que em geral, os teores de Cu, decrescem em profundidade, sendo os menores teores verificados na camada de 10-20 cm, o que se atribui aos

menores teores de (C) orgânico nessa camada. O teor de B mesmo maior na área escarificada está em um teor baixo para a cultura da soja, mas pode estar relacionado com a extração feita pelas plantas e por ser um elemento móvel. Respostas à aplicação de B em algumas culturas anuais foram observadas por vários pesquisadores (BUZETTI et al., 1990; DELL; HUANG, 1997; FERREIRA et al., 2001; GALRÃO, 1990; GHANATI et al., 2005; RERKASEM et al., 1997; RERKASEM; JAMJOD, 1997).

Quando o solo foi manejado com C + G + NPK, na profundidade de 20-40 cm, o teor de Zn, foi maior quando comparado com o manejo apenas com C, não diferindo dos demais manejos (Tabela 6). Quando a área foi escarificada os teores de Cu e Mn foram maiores com relação à área que não foi escarificada (Tabela 7). O teor de Zn está baixo mesmo em seu maior teor no solo de acordo com Raij et al. (1997). A dinâmica do Zn no solo é complexa. Há baixas perdas do nutriente por lixiviação, em razão de sua alta afinidade pelos colóides minerais do solo, mesmo quando se tratando de solo arenoso. Esse fato confere efeito residual prolongado às adubações com o micronutriente (VALLADARES et al., 2009; HAN et al., 2011). A consolidação do SSD e o contínuo incremento da produtividade das lavouras podem justificar esse procedimento (BRANDT et al., 2006; SANTOS et al., 2009; KUTMAN et al., 2010). Observa-se que o teor de Cu nesta profundidade continua alto de acordo com Raij et al. (1997), já o de Mn diminuiu em relação à profundidade de 10-20 cm, no qual o teor disponível pode ter sido absorvido pelas plantas, e também pelo fato da área ter sido escarificada, que pode ter melhorando as propriedades do solo sob SSD, melhorando o desenvolvimento da cultura, e tornando disponível o micronutriente no solo.

O solo quando foi manejado com C + G + NPK + MI na profundidade de 40-60 cm, apresentou diferença significativa para o teor de Cu, com relação a T, não diferindo dos demais manejos (Tabela 6). Quando o solo não foi escarificado o teor de B foi maior. Já quando o solo foi escarificado o teor de Cu teve um melhor desempenho (Tabela 7). O teor de Cu mesmo na profundidade de 40-60 cm continua alto de acordo com Raij et al. (1997), em relação às profundidades menores, mas quando foi adicionado micronutrientes no solo, além de calcário, gesso e NPK. Ressalta-se que concentrações elevadas de Cu são comuns em solos desenvolvidos de basalto, em que seu oposto é observado para materiais mais arenosos enquanto outros metais pesados podem apresentar comportamento variado (OLIVEIRA; COSTA, 2004). Ocorreu diferença significativa para o teor de B mas o nível existente

é baixo de acordo com Rajj et al. (1997), mas comprovando que o B lixiviou para camadas mais profundas de 60-80 cm.

TABELA 6 - Micronutrientes do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (ANO II)

Manejo	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	------(mg dm ⁻³)-----				
0-10 cm					
Químico					
T	0,17	2,2 c	28	3,3 a	1,0
C	0,17	2,3 bc	19	2,7 ab	0,9
C + G	0,20	2,5 abc	18	2,4 ab	0,8
C + G + NPK	0,17	2,6 ab	21	2,4 ab	0,7
C + G + NPK + MI	0,13	2,7 a	20	2,2 b	1,0
10-20 cm					
Químico					
T	0,22	2,5 a	27	2,6	0,5
C	0,12	2,6 a	19	2,0	0,3
C + G	0,11	2,7 a	20	1,9	0,3
C + G + NPK	0,13	1,6 b	23	2,3	0,3
C + G + NPK + MI	0,13	1,7 b	20	2,1	0,4
20-40 cm					
Químico					
T	0,08	2,0	17	1,0	0,20 ab
C	0,07	2,0	14	0,7	0,18 b
C + G	0,10	2,2	16	1,0	0,26 ab
C + G + NPK	0,16	2,1	18	0,9	0,27 a
C + G + NPK + MI	0,06	2,1	14	1,0	0,25 ab
40-60 cm					
Químico					
T	0,07	0,9 b	15	0,7	0,2
C	0,10	1,0 ab	14	0,5	0,1
C + G	0,07	1,3 ab	17	0,6	0,1
C + G + NPK	0,11	1,3 ab	19	0,7	0,2
C + G + NPK + MI	0,07	1,4 a	16	0,5	0,2
60-80 cm					
Químico					
T	0,11	1,1 b	11	1,1	0,12
C	0,09	1,2 ab	12	1,1	0,10
C + G	0,07	1,2 ab	13	1,0	0,12

C + G + NPK	0,07	1,3 a	16	1,1	0,13
C + G + NPK + MI	0,06	1,3 a	13	1,0	0,13

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; DMS e V% Consultar no ANEXO – B.

TABELA 7 - Micronutrientes do solo, na profundidade de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (ANO II)

Manejo	----- (mg dm ⁻³) -----				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0-10 cm					
Físico					
C.E	0,18	2,9 a	19	2,7	0,8
S.E	0,16	2,0 b	24	2,5	0,9
10-20 cm					
Físico					
C.E	0,11 b	2,0 b	20	2,5	0,3
S.E	0,17 a	2,5 a	23	1,9	0,3
20-40 cm					
Físico					
C.E	0,08	2,3 a	16	1,1 a	0,3
S.E	0,11	1,9 b	16	0,7 b	0,2
40-60 cm					
Físico					
C.E	0,06 b	1,4 a	16	0,7	0,2
S.E	0,10 a	1,0 b	16	0,5	0,1
60-80 cm					
Físico					
C.E	0,10 a	1,3	13	1,1	0,1
S.E	0,07 b	1,2	13	1,1	0,1

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS e V% Consultar no ANEXO – B.

Quando ocorreu o manejo do solo em superfície os efeitos na profundidade de 60-80 cm com relação aos micronutrientes, quando realizado foi realizado a aplicação de C + G + NPK e com C + G + NPK + MI, foram significativos

com o teor de Cu, diferindo da T, não diferindo dos demais manejos realizados (Tabela 6). Quando a área foi escarificada o teor de B foi maior diferindo da não escarificada (Tabela 7).

O teor de Cu na profundidade de 60-80 cm, continua alto de acordo com Raij et al. (1997), seu teor pode ter sido influenciado pelo manejo aplicado na área já que há uma variação do metal em solos arenosos. Um fator muito importante para a sua disponibilidade do solo é o pH. A MO também é uma importante fonte de Cu para as plantas, assim como também sofre influência do tipo de solo, correndo o risco de lixiviação nos solos arenosos, o que pode explicar a disponibilidade alta nesta profundidade. E o teor de B baixo de acordo com Raij et al. (1997) na área que não foi escarificada, e não diferindo-se entre os manejos químicos, evidencia mais uma vez que em profundidade encontra o micronutriente, que pode ter sido lixiviado, mesmo na área que não foi escarificada. Esta mobilidade de B no solo também foi observada por (ROSOLEM; BÍSCARO 2007; OLIVEIRA NETO et al., 2009).

6.1.3 Ano III: atributos químicos nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão do manejo químico e físico

No ano agrícola 2015/2016 (Ano III) houve diferença significativa no pH quando o solo foi manejado com C + G, na profundidade de 0-10 cm, diferindo-se da T. O teor de H+Al foi maior quando o solo foi manejado quimicamente com C + G na profundidade de 0-10 cm, diferindo-se dos manejos com C + G e do manejo completo com C + G + NPK + MI. O teor de Ca foi maior quando ocorreu o manejo completo com C + G + NPK + MI, diferindo da T. Quando o solo foi manejado com C + GESSO + NPK + MI o V%, diferiu significativamente da T (Tabela 8). A área quando foi escarificada o pH foi maior. O teor de S-SO₄²⁻ foi maior quando a área não foi escarificada. Quando a área foi escarificada o Ca diferiu da área sem escarificação. E o V% foi maior quando a área foi escarificada (Tabela 9).

O pH no solo na camada superficial de 0-10 cm estão adequados não somente para a cultura da soja, mas como também para a pastagem. Sendo que o maior valor foi no solo manejado com C + G. No SSD têm demonstrado que a calagem gera efeito quando aplicada na superfície para a correção das camadas subsuperficiais varia com a dose e granulometria do produto, forma de aplicação, tipo

de solo, condições climáticas, especialmente regime hídrico, sistema de cultivo; e tempo decorrido da aplicação (ALLEONI et al., 2005), o que torna a eficiência dessa prática controversa, particularmente na correção da acidez do subsolo. Há relatos de que o efeito da aplicação superficial de calcário, restringiu-se às camadas de 0-10 cm, 12 meses (CAIRES et al., 1998) e 30 meses (ALLEONI et al., 2005), e 0-5 cm, 34 meses após a aplicação de corretivo na superfície (PÖTTKER; BEN, 1998), no SSD consolidado.

TABELA 8 - Atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (ANO III)

Manejo	pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	S-SO ₄ ²⁻ (mg dm ⁻³)	H+Al -----	K (mmol _c dm ⁻³)	Ca	Mg	CTC -----	V (%)
0-10 cm										
Químico										
T	5,0 b	13	44	4,5	23 a	0,8	9 b	7	40	43 b
C	5,6 a	14	38	4,5	18 ab	0,7	17 a	12	48	59 a
C + G	5,8 a	14	19	4,1	16 b	1,0	18 a	10	47	64 a
C + G + NPK	5,4 ab	13	34	4,0	19 ab	0,8	14 ab	8	42	54 ab
C + G + NPK + MI	5,8 a	14	31	4,2	17 b	1,7	19 a	12	50	65 a
10-20 cm										
Químico										
T	4,8 b	10	22	4	25	0,7	8 b	6	40	37 b
C	5,3 ab	11	20	4	20	0,6	11 ab	8	40	49 ab
C + G	5,4 a	10	27	3	19	1,0	14 a	8	41	54 a
C + G + NPK	5,1 ab	11	15	4	21	0,8	10 ab	6	39	45 ab
C + G + NPK + MI	5,4 a	12	20	3	20	1,3	13 a	8	42	52 ab
20-40 cm										
Químico										
T	4,6	8	4	5	26	0,6	6	4	37	30
C	4,9	8	6	4	22	0,5	8	5	36	40
C + G	5,0	7	6	5	21	0,8	9	5	36	42
C + G + NPK	4,8	7	23	5	22	0,8	9	5	37	40
C + G + NPK + MI	4,6	7	4	5	24	1,2	7	4	36	35
40-60 cm										
Químico										
T	4,3	7 a	1,2	6	26	0,9	7	3	38	31
C	4,4	7 ab	0,7	5	23	0,9	7	4	34	33
C + G	4,5	6 b	0,8	5	23	1,1	10	4	37	39
C + G + NPK	4,5	6 ab	0,5	5	23	1,1	10	4	38	40
C + G + NPK + MI	4,2	6 ab	0,3	9	25	1,0	7	3	36	29
60-80 cm										
Químico										
T	4,1	4	0,1	8 b	25	0,5	4 ab	1 ab	32	19 ab

C	4,2	4	0,1	8 b	22	0,5	5 a	2 a	30	25 a
C + G	4,1	5	0,1	13 ab	24	0,4	4 ab	2 a	31	21 ab
C + G + NPK	4,2	5	0,1	10 ab	23	0,6	5 a	2 a	31	25 a
C + G + NPK + MI	4,1	4	0,5	18 a	24	0,3	3 b	0,9 b	28	13 b

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; DMS e V% Consultar no ANEXO – C.

TABELA 9 - Atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (ANO III)

Manejo	pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	S-SO ₄ ²⁻ (mg dm ⁻³)	H+Al -----	K (mmol _c dm ⁻³)-----	Ca	Mg	CTC	V (%)
Físico										
C.E	5,7 a	14	32	3 b	17	0,9	18 a	11	47	60 a
S.E	5,4 b	14	34	4 a	20	1,1	14 b	8	44	53 b
10-20 cm										
Físico										
C.E	5,3 a	11	22	4	20	0,8	11	7	40	49
S.E	5,1 b	10	20	4	22	1,0	11	7	41	47
20-40 cm										
Físico										
C.E	4,8	7 b	13	4	23	0,9	8	5	36	38
S.E	4,8	8 a	4	5	24	0,7	8	5	37	37
40-60 cm										
Físico										
C.E	4,4	6 b	0,5 b	5	23	1,0	9	3	36	36
S.E	4,4	7 a	0,9 a	7	25	1,0	8	4	38	33
60-80 cm										
Físico										
C.E	4,1	4 b	0,1	9	23 b	0,1 b	3 b	1	26 b	13 b
S.E	4,2	5 a	0,2	14	25 a	0,7 a	6 a	3	35 a	28 a

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS e V% Consultar no ANEXO – C.

Considerando que a calagem sem incorporação pode ter sua ação limitada às camadas superficiais, principalmente nos primeiros anos de cultivo, a aplicação de gesso agrícola em superfície pode ser uma alternativa para aumentar a saturação por bases na subsuperfície e reduzir o efeito tóxico do Al³⁺, melhorando assim o ambiente radicular para o crescimento das plantas. A combinação de calcário

com gesso agrícola pode compensar o efeito reduzido do calcário no subsolo, nos primeiros anos de cultivo, sem necessidade de incorporação prévia (CAIRES et al., 2003).

A saturação de bases (V%), está adequada para a cultura da soja (Tabela 8), quando se compara os manejos químicos e físicos, se reflete aos manejos realizados de C + G, e também ao manejo completo com C + G + NPK + MI. A correção da acidez superficial é realizada com calcário, e a calagem deve ser feita para elevar o pH em torno de 5,5 a 6,0, permitindo obter uma produtividade de grãos em de 3 Mg ha⁻¹.

O manejo do solo na profundidade de 10-20 cm com C + G + NPK + MI, proporcionou valores de pH maior seguido do manejo com C + G, mas iguais estatisticamente, diferindo significativamente da T. Houve diferença significativa para o teor de Ca quando o solo foi manejado com C + G, seguido do manejo completo com C + G + NPK + MI, diferindo da T, não diferindo dos demais manejos realizados. O V%, foi maior quando ocorreu o manejo com C + G, diferindo da T, não diferindo dos demais manejos (Tabela 8). Houve diferença significativa para o pH quando a área foi escarificada (Tabela 9).

Nessa faixa de pH a soja terá bom desenvolvimento do sistema radicular, boas condições de assimilação de nutrientes, como, P, K, S, N e Mo. Deve-se preocupar com a elevação do pH acima desta faixa, pois pode ocorrer redução na disponibilidade de Zn, Mn, Cu, B e Fe. O ideal é manter o pH entre 5,5 a 6,0 que corresponde ao V entre 35 e 50%. O teor de Ca está muito alto nesta camada do solo de acordo com Raij et al. (1997), devido a aplicação superficial de C + G + NPK + MI, mas que beneficiam as plantas pois é o local em que se acumula a maior parte das raízes da cultura da soja. Em muitos casos há variabilidade dos resultados, provenientes das interações dos nutrientes no solo. Vários autores propõem que, em vez da busca de teores de Ca, Mg ou outros elementos adequados no solo, sejam monitoradas as relações entre nutrientes no solo, pois a disponibilidade do Ca depende dessas relações (HERNANDEZ; SILVEIRA, 1998).

Não houve diferença significativa para os manejos químicos realizados no solo na profundidade de 20-40 cm, com relação aos atributos químicos (Tabela 8). Porém quando o solo não foi escarificado houve diferença para o teor de MO diferindo da área que foi escarificada (Tabela 9). O teor de MO é útil para dar ideia da textura do solo, com valores até de 15 g dm⁻³ para solos arenosos, mesmo estando um pouco

maior a quantidade na profundidade de 20-40 cm quando o solo não foi escarificado, não está no teor adequado de MO Abreu et al. (2007), mencionam que o conhecimento das formas químicas dos nutrientes na solução do solo é mais importante para estimar as mobilidades e disponibilidades desses elementos às plantas do que a determinação dos teores totais na solução do solo. São vários os fatores que influenciam na disponibilidade dos nutrientes, principalmente quanto se diz respeito à disponibilidade de MO do solo.

O teor da MO no solo foi maior na T, diferindo do manejo com C + G, na profundidade de 40-60 cm para os macronutrientes, não diferindo dos demais manejos realizados na área (Tabela 8). Quando a área não foi escarificada os teores de MO e P, diferiram da área que foi escarificada (Tabela 9). Os teores de MO do solo foram inferiores aos essenciais para a boa manutenção da fertilidade do solo, mesmo diferindo entre os manejos realizados e também quando a área não foi escarificada. O mesmo ocorrendo com o teor de P, que está baixo de acordo com a classe de teores de recomendação de Raij et al. (1997). As espécies vegetais são fundamentais na solubilização do P, principalmente o P não-lábil, pois existem espécies que possuem capacidade de solubilizá-lo mediante a exsudação de suas raízes, a qual contém ácidos orgânicos, e estes, por sua vez, agem na dissolução do colóide, alimentando o P na solução do solo (CHIEN; MENON, 1995). No SSD, ocorre o aumento de MO nos horizontes superficiais, em decorrência da deposição de palhada, decrescendo com a profundidade. Uma das principais características que influem na adsorção de P é a MO (GONÇALVES et al., 1985), a qual interage com os óxidos de Al e Fe resultando em redução dos sítios de fixação, por causa do recobrimento da superfície desses óxidos por moléculas de ácidos húmicos, acético e málico, ou pela formação de compostos na solução do solo.

Houve diferença significativa na profundidade de 60-80 cm com relação aos atributos químicos do solo. Quando o solo recebeu o manejo completo com C + G + NPK + MI o teor de $S-SO_4^{2-}$ foi maior, diferindo do manejo com C e da T, não diferindo dos demais manejos. No manejo com C, o teor de Ca foi maior, seguido do manejo com C + G + NPK, diferindo significativamente do manejo completo com C + G + NPK + MI, não diferindo dos demais manejos. Quando o solo foi manejado com C, C + G e com C + G + NPK o teor de Mg foi maior diferindo do manejo completo não diferindo da T. Quando o solo foi manejado com C e também com C + G + NPK o V% foi maior, diferindo do manejo completo, não diferindo dos demais manejos (Tabela

8). A área quando não foi escarificada os teores de MO, H+Al, K, Ca, CTC e o V% foram maiores, diferindo da área que foi escarificada (Tabela 9). Estes teores de S-SO₄²⁻ são considerados altos de acordo com Raij et al. (1997), principalmente quando está em profundidade. As plantas apresentam diferentes habilidades em absorver, translocar e utilizar o S e, por isso exigem diferentes teores de SO₄²⁻ disponível no solo. Algumas plantas, como aquelas das famílias das leguminosas, brássicas e liliáceas só expressam seu potencial genético em termos de produtividade e qualidade quando a disponibilidade desse nutriente for alta, sendo então estabelecido um teor crítico de 10 mg dm⁻³. Com isso, em profundidade, a aplicação de gesso além de suprir as culturas com S, promove maior desenvolvimento radicular, levando ao aumento da absorção de nutrientes e água. O elevado desenvolvimento das raízes em profundidade aumenta a tolerância das culturas a veranicos.

É importante também ressaltar a quantidade de Ca está com teor médio de acordo com Raij et al. (1997), e afirmar que houve deslocamento das camadas superficiais para as inferiores, neste caso para a camada de 60-80 cm. Torna-se importante esta informação de movimentação do Ca para as camadas mais profundas por se tratar de um solo arenoso, que pode ter ocorrido pelos benefícios dos manejos realizados na área. O mesmo ocorrendo com o Mg que está com níveis baixos de acordo com Raij et al. (1997), mas que também foi levado a camadas mais profundas. Trabalhos demonstram a existência de um ecossistema rico e ativo em profundidade nas regiões secas, com macro e microrganismos (SILVA et al., 1989). Dessa forma, entende-se que condições adequadas à vida, como umidade constante e baixa variação de temperatura, ocorrem nas camadas profundas do solo. No entanto, um dos fatores de maior importância para as plantas é a capacidade de explorar os nutrientes em profundidade. Nutrientes somente são absorvidos pelas plantas quando há água para dissolvê-los. Dessa forma, os nutrientes em profundidade são mais aproveitados do que os nutrientes aplicados em camadas mais superficiais, que secam frequentemente (McCULLEY et al., 2004).

6.1.4 Ano III: micronutrientes nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão do manejo químico e físico

Não houve diferença significativa nos teores de micronutrientes nos manejos químicos e físicos no ano agrícola 2015/2016 (Ano III), na profundidade de 0-10 cm (TABELAS 10 e 11).

Houve diferença significativa no teor de Fe no manejo T, diferindo do manejo com C + G + NPK, não diferindo dos demais manejos, na profundidade de 10-20 cm (Tabela 10). Os teores de Fe no solo estão altos em todos os manejos realizados de acordo com Raij et al. (1997), principalmente na T. Estes altos níveis se devem a solos intemperizados, nos demais manejos diminuíram pelo fato do pH estar numa faixa mais alta pelo fato do solo ter sido manejado com calcário, pois quando o pH está ácido a disponibilidade de Fe é maior. Aumentos de pH podem apresentar efeitos benéficos ou maléficos no crescimento de plantas. Em solos alcalinos ou que receberam calagem, o aumento do pH pode levar à menor disponibilidade de micronutrientes, como o Fe (SOUZA et al., 2007). Mas é importante salientar que embora haja diminuição na disponibilidade de micronutrientes, este fato não foi problema para o desenvolvimento das plantas.

Não ocorreu diferença significativa para os manejos químicos realizados no solo na profundidade de 20-40 cm, com relação aos micronutrientes do solo (Tabela 10). Quando a área foi escarificada o teor de Mn foi maior diferindo da área não escarificada (Tabela 11). O teor de Mn na área quando foi escarificada está em um nível baixo de acordo com Raij et al. (1997), mesmo o teor estando quase o dobro da área sem escarificação. Geralmente, quando os teores de micronutrientes no solo são classificados como baixos, recomenda-se uma adubação corretiva para atingir níveis adequados e adubações de manutenção para restituir a quantidade exportada pela cultura, porém os teores estão baixos nesta profundidade do solo de 20-40 cm, isso pode ter ocorrido pelo fato das plantas já terem extraído o microelemento, pois é um dos locais de maior acumulação de raízes. O Mn é essencial na síntese de clorofila e sua função principal está relacionada à ativação de enzimas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). O papel mais bem documentado e exclusivo do Mn em plantas verdes é na reação de Hill (MARSCHNER, 1995).

Não houve diferença significativa para os manejos químicos realizados no solo na profundidade de 40-60 cm com relação aos micronutrientes (Tabela 10).

Porém, quando a área foi escarificada os teores de B e Zn foram maiores diferindo da área que não foi escarificada (Tabela 11). Os micronutrientes B e Zn apresentam seus teores classificados como médios e baixos respectivamente de acordo com Raij et al. (1997). Com isso pode ter ocorrido lixiviação de B para as camadas mais profundas do solo. A quantidade de B que um solo pode adsorver depende da concentração da solução em equilíbrio, do tempo de contato e da textura, pH, do teor de MO e da composição mineralógica do solo (AZEVEDO et al., 2001). Segundo Saltali et al. (2005), pH, os teores de argila e areia e a calagem são os fatores que mais influenciam a adsorção e lixiviação de B. Observa-se também uma tendência de migração do Zn para as camadas mais profundas do solo, reforçando a ideia de transporte vertical devido ao acúmulo nas camadas superficiais.

TABELA 10 - Micronutrientes do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (ANO III)

Manejo	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----(mg dm^{-3})-----				
0-10 cm					
Químico					
T	0,28	1,5	30	1,9	0,7
C	0,21	1,3	22	2,2	0,9
C + G	0,23	1,5	25	1,7	1,0
C + G + NPK	0,22	1,5	22	1,6	0,6
C + G + NPK + MI	0,27	1,6	23	1,9	0,8
10-20 cm					
Químico					
T	0,20	2,2	33 a	1,8	0,3
C	0,23	2,0	26 ab	2,1	0,5
C + G	0,14	1,9	24 ab	1,4	0,4
C + G + NPK	0,20	1,7	23 b	1,3	0,3
C + G + NPK + MI	0,17	1,9	27 ab	1,7	0,5
20-40 cm					
Químico					
T	0,17	2,3	27	0,8	0,1
C	0,16	2,1	23	0,8	0,1
C + G	0,10	2,1	22	0,6	0,1
C + G + NPK	0,19	2,1	26	0,6	0,2
C + G + NPK + MI	0,17	2,1	25	0,8	0,2
40-60 cm					

Químico					
T	0,19	0,9	20	0,5	0,1
C	0,15	0,8	17	0,4	0,1
C + G	0,31	0,9	17	0,3	0,1
C + G + NPK	0,24	0,9	18	0,4	0,1
C + G + NPK + MI	0,20	0,9	19	0,3	0,1
60-80 cm					
Químico					
T	0,36 a	1,1	16	0,4 ab	0,1
C	0,23 ab	1,0	14	0,4 ab	0,2
C + G	0,23 ab	1,0	15	0,4 ab	0,2
C + G + NPK	0,24 ab	0,9	16	0,3 b	0,2
C + G + NPK + MI	0,21 b	1,1	14	0,5 a	0,1

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; DMS e V% Consultar no ANEXO – D.

TABELA 11 - Micronutrientes do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (ANO III)

Manejo	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----(mg dm^{-3})-----				
0-10 cm					
Físico					
C.E	0,24	1,7	23	2,1	1,0
S.E	0,24	1,3	26	1,6	0,6
10-20 cm					
Físico					
C.E	0,17	2,1	25	1,8	0,5
S.E	0,20	1,8	28	1,6	0,3
20-40 cm					
Físico					
C.E	0,17	2,2	25	0,9 a	0,2
S.E	0,15	2,0	25	0,5 b	0,1
40-60 cm					
Físico					
C.E	0,30 a	0,9	17	0,5	0,15 a
S.E	0,14 b	0,8	20	0,3	0,10 b
60-80 cm					
Físico					
C.E	0,28	1,0	14	0,5	0,2

S.E	0,23	1,0	16	0,4	0,1
Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS e V% Consultar no ANEXO – D.					

O solo quando manejado em superfície teve diferença significativa para a profundidade de 60-80 cm com relação aos micronutrientes, que no qual teor de B foi maior na T, diferindo do manejo completo com C + G + NPK + MI, não diferindo dos demais manejos. O teor de Mn com C + G + NPK + MI foi maior, diferindo do manejo com C + G + NPK, não diferindo significativamente dos demais manejos (Tabela 10). Os teores de B estão médios de acordo com Raij et al. (1997), principalmente na testemunha. Porém, a ocorrência do teor menor do nutriente pode ser pelo fato do aproveitamento pelas plantas que no qual foi refletido na produtividade. O B disponível no solo encontra-se principalmente associado à MO, portanto tende a apresentar maior concentração nos horizontes superficiais do solo. A absorção pelas plantas ocorre na forma de ácido bórico não dissociado e é proporcional à concentração do elemento na solução do solo (GOLDBERG, 1997). Porém, deve ser observado o teor de B disponível correspondente à dose fornecida do nutriente, já que a concentração de B na solução do solo é geralmente controlada pelas reações de adsorção do B. O teor de Mn está baixo em profundidade de acordo com Raij et al. (1997), porém diferenciou-se entre os manejos realizados. Tanto a toxidez como a deficiência de Mn têm limitado o crescimento e a produção da soja (HEENAN; CAMPBELL, 1980). A calagem reduz o teor de Mn do solo a níveis não-tóxicos (QUAGGIO et al., 1982), mas em doses excessivas pode causar deficiência do elemento na planta (TANAKA et al., 1992).

6.2 Interação das formas de manejo químico e físico e teores de macronutrientes e micronutrientes do solo, nos anos agrícolas de 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)

6.2.1 Ano II

Houve diferença significativa entre os valores de pH na profundidade de 0-10 cm, quando a área foi escarificada e manejada com C e a T. Na primeira situação,

o pH foi maior, com relação aos manejos com C + G + NPK e o completo com C + G + NPK + MI, diferindo do manejo com C + G. Quando a área não foi escarificada o manejo completo com C + G + NPK + MI apresentou pH maior. O manejo químico com C + G + NPK + MI, diferiu da T e do manejo com C, não diferindo dos demais manejos (Tabela 12).

A elevação superficial do pH do solo foi decorrente da aplicação de calcário e do gesso na superfície. A combinação de calcário com gesso agrícola pode compensar o efeito reduzido do calcário no subsolo, nos primeiros anos de cultivo, sem necessidade de incorporação (CAIRES et al. 2003). O efeito do gesso agrícola, para diminuir o problema do teor tóxico de Al e do baixo teor de Ca, no subsolo, é decorrente da sua maior solubilidade em relação ao calcário e da reatividade do ânion acompanhante. Na dissolução do calcário (CaCO_3 ou MgCO_3), o CO_3^{2-} se decompõe facilmente em condições de acidez, por ser menos estável que o SO_4^{2-} . Assim o deslocamento do Ca no perfil do solo é muito maior quando a fonte é o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), comparado com o calcário (DAL BÓ et al. 1986). O gesso agrícola aplicado na superfície do solo movimentava-se ao longo do perfil sob a influência da percolação de água (CAIRES et al. 1999). Como consequência, obtêm-se aumento no suprimento de Ca e diminuição da toxidez de Al (CAIRES et al., 2003).

TABELA 12 - Teor de pH no solo, na profundidade de 0-10 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II)

Manejo Químico	pH (CaCl_2)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	0-10 cm	
T	6,12 abA	5,67 cB
C	6,47 aA	5,75 bcB
C + G	6,22 abA	6,00 abcA
C + G + NPK	5,95 bA	6,15 abA
C + G + NPK + MI	5,95 bB	6,30 aA
DMS 1	0,41	
DMS 2	0,28	
C.V _{parcela} (%)	2,19	
C.V _{subparcela} (%)	4,39	
C.V _{faixa} (%)	3,03	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T:

Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

Quando a área não foi escarificada e manejada na profundidade de 20-40 cm com C + G + NPK + MI apresentou maior teor de K, seguido do manejo com C + G + NPK e com C + G, diferindo dos manejos realizados da área escarificada. Não houve diferença significativa para os manejos químicos realizados nos manejos físicos (Tabela 13). Quando a área não foi escarificada o teor de K permaneceu médio.

O solo foi manejado com C + G + NPK + MI e por isso teve este incremento no teor de K, estando disponível às plantas. Com o aumento da utilização do SPD, aumentou-se a necessidade de conhecer a mobilidade vertical de cada nutriente no solo, principalmente o K, uma vez que, nesse sistema, os fertilizantes são aplicados nos centímetros superficiais, sem incorporação posterior. A mobilidade dos nutrientes no perfil pode afetar a sua disponibilidade aos vegetais, (KEPKLER; ANGHINONI, 1996) e as perdas por lixiviação (CERETTA et al., 2002). Por isso, também pode influenciar na escolha das técnicas mais adequadas de fertilização do solo, como épocas e doses, pois o manejo inadequado da adubação potássica pode trazer problemas nutricionais para a cultura.

TABELA 13 - Teor de K no solo, na profundidade de 20-40 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II)

Manejo Químico	K (mmol _c dm ⁻³)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	20-40 cm	
T	1,65 aA	1,05 aA
C	1,00 aA	1,05 aA
C + G	0,65 aB	1,62 aA
C + G + NPK	0,70 aB	1,70 aA
C + G + NPK + MI	0,82 aB	1,80 aA
DMS 1	1,16	
DMS 2	0,79	
C.V_{parcela} (%)	32,14	
C.V_{subparcela} (%)	35,66	
C.V_{faixa} (%)	42,94	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

A área não escarificada na profundidade de 0-10 cm, e manejada com C + G + NPK + MI o teor de Ca foi maior, seguido do manejo com C + G + NPK e do manejo com C + G, diferindo dos mesmos manejos quando a área foi escarificada. Quando ocorreram os manejos químicos com C + G + NPK + MI, e com C + G + NPK, e do manejo com C + G, diferiu da testemunha, não diferindo do manejo feito somente com C (Tabela 14).

Os teores de Ca foram elevados em superfície de acordo com os teores estabelecidos por Raij et al. (1997) adequados para a cultura da soja, no manejo com C + G + NPK + MI em solo não escarificado. Para a correção da acidez do solo no SSD, o calcário é distribuído na superfície sem incorporação. A eficiência da aplicação superficial de calcário em solo sob SSD, particularmente na correção da acidez, é controversa. 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; RITCHEY et al., 1980; PAVAN et al., 1984). Entretanto, resultados encontrados por Chaves et al. (1984); Oliveira e Pavan (1996); Caires et al. (1998) e em regiões subtropicais úmidas por Moschler et al. (1973); Blevins et al. (1978), evidenciam aumentos de pH e Ca trocável além de redução de Al trocável em camadas do subsolo com a aplicação de calcário na superfície.

TABELA 14 - Teor de Ca no solo, na profundidade de 0-10 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II)

Manejo Químico	Ca (mmol _c dm ⁻³)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	0-10 cm	
T	16,27 aA	16,42 bA
C	31,47 aA	22,05 abA
C + G	25,57 aB	39,25 aA
C + G + NPK	20,57 aB	38,87 aA
C + G + NPK + MI	22,02 aB	39,90 aA
DMS 1	18,18	
DMS 2	12,42	
C.V _{parcela} (%)	59,19	
C.V _{subparcela} (%)	53,64	
C.V _{faixa} (%)	29,67	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

A área escarificada e manejada na profundidade de 0-10 cm, com C o teor de Mg foi maior e quando outra manejada quimicamente com C o teor de Mg no solo foi maior, diferindo do manejo com C + G + NPK, não diferindo dos demais manejos. Já quando a área não foi escarificada, o manejo com C + G + NPK + MI e com C + G + NPK diferiram dos manejos realizados na área escarificada. O manejo químico realizado não teve diferença significativa (Tabela 15).

O teor de Mg na camada superficial foi alto de acordo com Rajj et al. (1997), na área escarificada e quando o solo foi manejado somente com C seu teor foi maior. No SSD, diversos trabalhos têm demonstrado que o efeito da calagem aplicada na superfície para a correção das camadas subsuperficiais varia com a dose e granulometria do produto; forma de aplicação; tipo de solo; condições climáticas, especialmente regime hídrico; sistema de cultivo; e tempo decorrido da aplicação (OLIVEIRA; PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1999, 2000, 2003, 2005; RHEINHEIMER et al., 2000; MELLO et al., 2003; ALLEONI et al., 2005), o que torna a eficiência dessa prática controversa, particularmente na correção da acidez do solo. O aumento do pH na superfície do solo pode acelerar a velocidade com que o íon HCO₃⁻,

acompanhado pelo Mg, movimenta-se para o subsolo para reagir com a acidez (CAIRES et al., 2003). O movimento do Mg no perfil do solo pode ser explicado pela formação de complexos orgânicos hidrossolúveis a partir de ácidos orgânicos liberados dos restos vegetais presentes na superfície do solo (MIYAZAWA et al., 2002).

TABELA 15 - Teor de Mg no solo, na profundidade de 0-10 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II)

Manejo Químico	Mg (mmol _c dm ⁻³)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	0-10 cm	
T	18,50 abA	13,02 aA
C	30,17 aA	18,17 aB
C + G	17,00 abA	24,92 aA
C + G + NPK	13,87 bB	26,60 aA
C + G + NPK + MI	15,80 abB	27,57 aA
DMS 1	15,97	
DMS 2	10,91	
C.V _{parcela} (%)	53,05	
C.V _{subparcela} (%)	53,74	
C.V _{faixa} (%)	34,46	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

Não houve diferença significativa para a CTC quando o solo foi escarificado e manejado na profundidade de 0-10 cm. Porém, quando a área não foi escarificada, o manejo com C + G + NPK, a CTC foi maior, seguido do manejo com C + G e de C + G + NPK + MI, diferindo dos manejos realizados na área escarificada. O manejo químico realizado na área proporcionou diferença significativa com a aplicação de C + G + NPK, seguido do manejo com C + G e de C + G + NPK + MI, diferindo da T, não diferindo do manejo com C (Tabela 16).

A CTC do solo teve um nível alto quando o solo foi escarificado, e quando o solo foi manejado com C + G + NPK, isso pode ter ocorrido na camada de 0-10 por

causa da aplicação superficial e da disponibilização dos nutrientes através dos manejos realizados. A importância da CTC refere-se não só a retenção de cátions, mas também de água, além de ter direta relação com a estruturação e consistência do solo e para o desempenho das culturas.

TABELA 16 - CTC no solo, na profundidade de 0-10 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II)

Manejo Químico	CTC (mmol _c dm ⁻³)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	0-10 cm	
T	54,65 aA	54,85 bA
C	78,30 aA	67,22 abA
C + G	62,32 aB	86,77 aA
C + G + NPK	56,35 aB	86,87 aA
C + G + NPK + MI	57,92 aB	85,87 aA
DMS 1	30,82	
DMS 2	21,06	
C.V_{parcela} (%)	34,92	
C.V_{subparcela} (%)	32,12	
C.V_{faixa} (%)	19,78	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

Houve diferença significativa para o V% na profundidade de 0-10 cm, quando o solo foi escarificado e manejado com C. Já quando foi manejado quimicamente sem alteração física não teve diferença significativa. Quando o solo não foi escarificado o V% foi maior quando aplicado C + G + NPK, seguido de C + G + NPK + MI, diferindo da área que foi escarificada. Quando a área foi manejada, houve diferença significativa para o V% quando manejada com C + G + NPK, seguido de C + G + NPK + MI, diferindo da T, não diferindo dos demais manejos (Tabela 17).

Valores de V% em camadas superficiais é esperado principalmente quando os manejos foram realizados com C + G + NPK + MI, que eleva o V%. Deve-se elevar o V% da cultura da soja para 70%, o que em superfície os resultados

ultrapassam este valor com relação à testemunha. A maioria das culturas apresentam boa produtividade quando o V% está compreendido entre 50 e 80% e um pH entre 6,0 e 6,5, que foi o que ocorreu na camada mais superficial do perfil do solo estudado.

TABELA 17 - V% no solo, na profundidade de 0-10 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II)

Manejo Químico	V (%)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	0-10 cm	
T	62,25 aA	57,30 bA
C	82,17 aA	61,15 abB
C + G	71,25 aA	73,92 abA
C + G + NPK	65,15 aB	78,20 aA
C + G + NPK + MI	69,22 aA	77,47 aA
DMS 1	18,50	
DMS 2	12,64	
C.V_{parcela} (%)	14,35	
C.V_{subparcela} (%)	20,39	
C.V_{faixa} (%)	11,70	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário, C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

Ocorreu diferença significativa para Cu quando o solo foi escarificado na profundidade de 0-10 cm, quando aplicado C + G + NPK + MI, seguido do manejo com C + G + NPK, diferindo da área não escarificada. Quando a área foi manejada quimicamente não houve diferença significativa. Já quando o solo não foi escarificado houve diferença significativa quando o solo foi manejado com C + G, seguido do manejo com C e da T, diferindo da área que foi escarificada. O mesmo ocorreu quando o solo foi manejado quimicamente com C + G, seguido do manejo com C e da T, que diferiu significativamente dos manejos com C + G + NPK + MI e de C + G + NPK (Tabela 18).

O teor de Cu no solo na profundidade de 60-80 cm foi diferente significativamente quando a área foi escarificada para os manejos com C e a T,

diferindo dos manejos da área não escarificada. Os teores de Cu quando realizados os manejos químicos não tiveram diferença significativa. Quando a área não foi escarificada os manejos não se diferiram. Porém quando comparado os manejos químicos com C + G + NPK + MI, diferiu significativamente da T, seguido do manejo com C, não diferindo dos demais manejos (Tabela 18).

Os teores de Cu tanto na camada superficial e na mais profunda pesquisada, teve altos teores de acordo com Raj et al. (1997), que foi influenciado pelos manejos realizados com C + G + NPK + MI, e também quando sofreu alterações físicas pela escarificação.

Scherer e Nesi (2004) alertaram para a possibilidade de movimentação vertical do Cu associado a moléculas orgânicas, com observação de acúmulo do elemento a até 50 cm de profundidade. Já L'herroux et al. (1997) atribuíram a movimentação para camadas mais superficiais ao preenchimento dos sítios de adsorção das camadas superficiais, o que permite que os elementos se movimentem para camadas mais profundas do perfil dos solos.

TABELA 18 - Teor de Cu no solo, nas profundidades de 0-10 e 60-80 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II)

Manejo Químico	Cu (mg dm ⁻³)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	0-10 cm	
T	1,80 aB	3,20 aA
C	2,02 aB	3,27 aA
C + G	2,02 aB	3,32 aA
C + G + NPK	1,97 aA	1,30 bB
C + G + NPK + MI	2,00 aA	1,47 bB
DMS 1	0,26	
DMS 2	0,17	
C.V _{parcela} (%)	16,48	
C.V _{subparcela} (%)	7,76	
C.V _{faixa} (%)	5,21	
Manejo Químico	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	60-80 cm	
T	1,30 aA	1,02 cB

C	1,35 aA	1,15 bcB
C + G	1,30 aA	1,22 abcA
C + G + NPK	1,35 aA	1,32 abA
C + G + NPK + MI	1,30 aA	1,42 aA
DMS 1	0,22	
DMS 2	0,15	
C.V_{parcela} (%)	9,17	
C.V_{subparcela} (%)	8,16	
C.V_{faixa} (%)	7,97	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

6.2.2 Ano III

Ocorreu interação entre os fatores para o teor de MO quando o solo foi manejado quimicamente na profundidade de 20-40 cm a T foi maior, seguido do manejo com C, diferindo do manejo completo com C + G + NPK + MI, não diferindo dos demais manejos. O solo quando não foi escarificado e manejado com C + G + NPK + MI o teor de MO foi maior diferindo da área escarificada. O solo quando não foi escarificado não houve diferença significativa para os manejos químicos (Tabela 19).

O solo quando foi escarificado e manejado quimicamente na profundidade de 40-60 cm, o manejo da T com o teor de MO foi maior seguido do manejo com C, diferindo significativamente dos demais manejos. A área quando não foi escarificada o teor da MO foi maior quando o solo foi manejado com C + G + NPK + MI, seguido do manejo com C + G + NPK e do manejo com C + G, diferindo significativamente da área que foi escarificada. Não houve diferença significativa para os manejos químicos quando a área não foi escarificada (Tabela 19).

Os teores de MO estão baixos de acordo com Raij et al. (1997) comparados aos níveis adequados que são na faixa de 15 g dm^{-3} para solos arenosos, e que quando o solo não foi escarificado tanto na profundidade de 20-40 cm, quanto na de 40-60 cm, os teores foram maiores do que quando foi escarificado. Esses resultados indicam, ao contrário do que afirmam muitos autores, (BAYER; MIELNICZUCK, 1997; CARVALHO et al., 1999; FERRERAS et al., 2001), que recomendam a escarificação, pelo pouco revolvimento do solo e conseqüente pouca

incorporação dos restos culturais, pode melhorar a estrutura do solo aumentando o teor de MO.

TABELA 19 - Teor de MO no solo, nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III)

Manejo Químico	MO (g dm ⁻³)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	20-40	
T	8,02 aA	8,57 aA
C	7,92 aA	7,65 aA
C + G	7,02 abA	7,32 aA
C + G + NPK	6,47 abA	7,55 aA
C + G + NPK + MI	4,82 bB	8,62 aA
DMS 1	2,42	
DMS 2	1,65	
C.V _{parcela} (%)	1,50	
C.V _{subparcela} (%)	17,63	
C.V _{faixa} (%)	14,54	
Manejo Químico	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	40-60	
T	6,80 aA	7,45 aA
C	6,80 aA	6,45 aA
C + G	5,02 bB	6,65 aA
C + G + NPK	5,20 bB	7,25 aA
C + G + NPK + MI	5,02 bB	7,35 aA
DMS 1	1,20	
DMS 2	0,82	
C.V _{parcela} (%)	17,04	
C.V _{subparcela} (%)	10,23	
C.V _{faixa} (%)	8,37	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

Não houve diferença significativa para o teor de S-SO₄²⁻ quando a área foi manejada fisicamente com escarificador na profundidade de 20-40 cm, mas ocorreu diferença para os manejos químicos, para a T que obteve o teor maior de S-SO₄²⁻, diferindo do manejo completo com C + G + NPK + MI, não diferindo dos demais manejos. Quando não foi realizada a escarificação na área e realizado o manejo com C + G + NPK + MI o teor de SO₄²⁻ foi maior, seguido do manejo com C + G, diferindo da área que foi escarificada. Quando a área foi manejada quimicamente, o maior teor de SO₄²⁻ foi no manejo com C + G + NPK + MI, diferindo do manejo com C, seguido do manejo com C + G + NPK e da T, não diferindo do manejo com C + G (Tabela 20).

Os teores de S-SO₄²⁻ no solo na profundidade de 20-40 cm estão medianos de acordo com Raij et al. (1997), e quando não houve manejo químico e físico o teor foi maior. No solo, o S é encontrado predominantemente na forma orgânica. Assim, a capacidade do solo em suprir a demanda da planta pelo nutriente está estreitamente relacionada ao teor de MO e sua mineralização, que, gradualmente, disponibilizará o S na forma de sulfato para a solução do solo, o qual poderá ser absorvido pelas plantas. No entanto, a disponibilidade imediata do S é controlada pelo processo de adsorção/dessorção do sulfato, por meio do equilíbrio rápido entre aquele que está na solução e aquele da fase sólida do solo. A adsorção do sulfato depende principalmente dos teores e dos tipos de argilominerais e de óxidos presentes no solo, e os grupos funcionais das arestas quebradas da caulinita e aqueles da superfície dos óxidos de Fe são os que possuem maior capacidade de reter esse íon (PEAK et al., 1999). O pH do solo, por sua vez, interfere na energia de ligação dos grupos funcionais aos cátions metálicos estruturais dos argilominerais e óxidos do solo, e seu aumento causa sua desprotonação, dificultando e até impedindo a adsorção de sulfato (GOLDBERG, 2010). Além disso, a energia de ligação do sulfato ao solo é fraca, quando comparada, por exemplo, à do íon fosfato (POZZA et al., 2009). Esse processo potencializa sua percolação no perfil do solo, especialmente em solos de textura arenosa (OSÓRIO FILHO et al., 2007). Tal fato se deve, principalmente, à drástica diminuição dos teores de MO (SOLOMON et al., 2005) e à utilização de corretivos da acidez do solo, que aumentam a lixiviação do sulfato (NODVIN et al., 1986).

TABELA 20 - Teor de S-SO₄²⁻ no solo, na profundidade de 20-40 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III)

Manejo Químico	S-SO ₄ ²⁻ (mg dm ⁻³)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	20-40	
T	5,57 aA	4,67 bA
C	4,02 abA	3,42 bA
C + G	3,60 abB	5,57 abA
C + G + NPK	3,37 abA	3,45 bA
C + G + NPK + MI	2,80 bB	7,35 aA
DMS 1	2,20	
DMS 2	1,50	
C.V_{parcela} (%)	29,20	
C.V_{subparcela} (%)	26,16	
C.V_{faixa} (%)	22,34	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

Não houve diferença significativa quando foi realizado o manejo químico no solo na profundidade de 60-80 cm para o teor de K. Porém quando a área não foi escarificada o teor de K foi maior quando realizado o manejo com C + G + NPK, seguido do manejo com C, da T, do C + G e o completo com C + G + NPK + MI, diferindo significativamente da área escarificada. O solo quando foi manejado quimicamente com C + G + NPK, foi maior o teor de K, diferindo do manejo com C + G + NPK + MI (Tabela 21).

Os teores de K quando o solo foi escarificado, são considerados muito baixos, quando não ocorreu a escarificação, o teor é considerado baixo de acordo com Rajj et al. (1997). Quando o solo foi escarificado a chance de lixiviação do K para as camadas mais profundas é maior. Apesar de a recomendação para a adubação potássica ser baseada, principalmente, no teor de K trocável, duas outras formas de K (K liberado a partir de resíduos de culturas e K não trocável) podem migrar para a solução do solo, contribuindo para a nutrição das plantas em alguns solos em curto prazo (SIMONSSON et al., 2007) e devem ser consideradas no sistema de produção

(GARCIA et al., 2008). Dessa maneira, para o adequado manejo da adubação potássica, é importante definir a disponibilidade das diferentes formas de K no solo às plantas e sua influência na dinâmica do K no perfil do solo. Isso porque a aplicação insuficiente de fertilizante pode levar ao esgotamento das reservas do solo (ÖBORN et al., 2005), e a aplicação excessiva pode intensificar as perdas por lixiviação (ROSOLEM et al., 2010), mesmo em solos com média e alta capacidade de troca catiônica (WERLE et al., 2008).

TABELA 21 - Teor de K no solo, na profundidade de 60-80 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III)

Manejo Químico	K (mmol _c dm ⁻³)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	60-80	
T	0,20 aB	0,85 aA
C	0,10 aB	0,87 aA
C + G	0,12 aB	0,67 abA
C + G + NPK	0,20 aB	0,92 aA
C + G + NPK + MI	0,10 aB	0,40 bA
DMS 1	0,30	
DMS 2	0,20	
C.V_{parcela} (%)	27,83	
C.V_{subparcela} (%)	49,38	
C.V_{faixa} (%)	30,53	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

Houve interação para o teor de Mg no solo na profundidade de 10-20 cm. A área quando foi escarificada e manejada com calcário teve o teor de Mg maior, diferindo da área não escarificada. Quando o solo foi manejado quimicamente com C o teor de Mg foi maior, diferindo do manejo com C + G + NPK, não diferindo dos demais manejos. Não houve diferença significativa para os manejos químicos realizados na área sem escarificação (Tabela 22).

O teor de Mg nesta profundidade de 10-20, está alto de acordo com os teores adequados no solo conferidos por Raij et al. (1997), e que quando a área foi escarificada, o teor de Mg em superfície, permaneceu alto. Que no qual a calagem na superfície em SSD apresenta eficiência na correção da acidez do solo e no suprimento de Ca e Mg como nutrientes.

A área quando foi escarificada na profundidade de 20-40 cm, houve diferença significativa para o teor de Mg quando a área foi manejada com C, diferindo da área não escarificada. Entre os manejos químicos não houve diferença significativa. Quando a área não foi escarificada houve diferença significativa quando a área foi manejada com C + G + NPK, diferindo da área escarificada. Quando a área foi manejada com C + G + NPK o teor de Mg foi maior, diferiu significativamente da T, não diferindo dos demais manejos (Tabela 22).

Nesta profundidade de 20-40 cm, local onde a maioria das raízes da cultura da soja estão localizadas, os teores de Mg são considerados médios de acordo com Raij et al. (1997), tendo assim teores de Mg considerados bons, mesmo quando o solo não foi manejado fisicamente com o escarificador, e quando recebeu o manejo com calcário, gesso e NPK. Deve-se tomar cuidado com o excesso de Ca em relação ao Mg na solução do solo pode prejudicar a absorção desse último, assim como o excesso de Mg também prejudica a absorção de Ca, o mesmo ocorrendo com relação ao K (MALAVOLTA et al., 1997).

A área quando foi escarificada na profundidade de 60-80 cm, não houve diferença significativa para o teor de Mg para os manejos realizados. Quando a área não foi escarificada e manejada com C + G + NPK o teor de Mg foi maior, seguido do manejo com C e do manejo com C + G, diferiram significativamente da área escarificada. O solo quando foi manejado com C + G + NPK o teor de Mg, diferiu significativamente do manejo completo com C + G + NPK + MI (Tabela 22).

O Mg em profundidade, neste caso de 60-80 cm, já está com teores considerados baixos no solo de acordo com Raij et al. (1997), já não podendo atender à necessidade das plantas, apesar de ser um local que as raízes da cultura da soja pouco explora, pode ser aproveitado pela raiz da pastagem que sucede a soja, podendo assim exportar nutrientes para a cultura da soja.

TABELA 22 - Teor de Mg no solo, nas profundidades de 10-20, 20-40 e 60-80 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III)

Manejo Químico	Mg (mmol _c dm ⁻³)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	10-20	
T	6,37 abA	5,22 aA
C	9,85 aA	5,85 aB
C + G	8,05 abA	7,47 aA
C + G + NPK	5,20 bA	7,60 aA
C + G + NPK + MI	7,82 abA	8,25 aA
DMS 1	3,91	
DMS 2	2,67	
C.V _{parcela} (%)	25,53	
C.V _{subparcela} (%)	29,37	
C.V _{faixa} (%)	24,20	
Manejo Químico	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	20-40	
T	4,47 aA	3,87 bA
C	5,95 aA	4,47 abB
C + G	5,20 aA	5,45 abA
C + G + NPK	4,32 aB	6,17 aA
C + G + NPK + MI	4,15 aA	4,52 abA
DMS 1	2,15	
DMS 2	1,47	
C.V _{parcela} (%)	20,13	
C.V _{subparcela} (%)	33,94	
C.V _{faixa} (%)	19,64	
Manejo Químico	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	60-80	
T	1,07 aA	1,67 bA
C	0,85 aB	3,47 aA
C + G	0,77 aB	3,45 aA
C + G + NPK	0,47 aB	3,95 aA
C + G + NPK + MI	0,65 aA	1,20 bA
DMS 1	1,00	
DMS 2	0,68	
C.V _{parcela} (%)	47,23	

C.V_{subparcela} (%)	35,13
C.V_{faixa} (%)	25,34

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

Não ocorreu diferença significativa para o teor de B no solo na profundidade de 10-20 cm, quando a área foi escarificada. A área quando não foi escarificada houve diferença significativa para o teor de B quando o solo foi manejado com C, diferindo da área escarificada com teor de B. Dentre os manejos realizados o teor de B com foi maior, quando o manejo foi realizado com C, diferindo do manejo com C + G e do manejo completo com C + G + NPK + MI, não diferindo dos demais manejos (Tabela 23).

Os teores de B nesta profundidade de 10-20 cm, podem ser considerados como teores médios de acordo com Raij et al. (1997). Em solos de regiões tropicais sob condições de alta precipitação, como os da região do cerrado brasileiro, caracterizam-se em geral, pelos baixos teores de nutrientes disponíveis às plantas. Apresentam baixo teor de B, independente do material de origem, devido, entre outros aspectos, à alta mobilidade do elemento e ao alto grau de intemperismo do solo (MALAVOLTA, 1980). Além disso, a pior remoção pelas colheitas, o uso crescente de calcário e adubos fosfatados também podem contribuir para a redução do nutriente disponível às plantas.

O solo quando foi manejado na profundidade de 60-80 cm, o teor de B teve diferença significativa quando foi escarificado e manejado com C + G tendo um maior teor, diferindo da área não escarificada. Em relação aos manejos químicos não houve diferença significativa. A área quando não foi escarificada o teor de B foi maior na T, diferindo do manejo com C + G (Tabela 23).

O teor de B na profundidade de 60-80 cm, considerado médio de acordo com Raij et al. (1997), ressalta-se a lixiviação que pode ter ocorrido do elemento para as camadas mais profundas, e tendo um maior teor quando ocorreu o manejo com C + G, quando a área foi escarificada, que acarretou a deslocação do nutriente. A disponibilidade do B na solução do solo é governada pela reação de adsorção do B com os colóides do solo e sua adsorção aumenta de acordo com o teor de argila.

TABELA 23 - Teor de B no solo, nas profundidades de 10-20 e 60-80 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III)

Manejo Químico	B (mg dm ⁻³)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	10-20	
T	0,21 aA	0,20 abA
C	0,13 aB	0,32 aA
C + G	0,14 aA	0,14 bA
C + G + NPK	0,19 aA	0,22 abA
C + G + NPK + MI	0,19 aA	0,14 bA
DMS 1	0,15	
DMS 2	0,10	
C.V _{parcela} (%)	29,00	
C.V _{subparcela} (%)	54,90	
C.V _{faixa} (%)	35,53	
Manejo Químico	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	60-80	
T	0,34 aA	0,39 aA
C	0,28 aA	0,19 bA
C + G	0,32 aA	0,15 bB
C + G + NPK	0,28 aA	0,20 bA
C + G + NPK + MI	0,19 aA	0,23 bA
DMS 1	0,16	
DMS 2	0,11	
C.V _{parcela} (%)	27,53	
C.V _{subparcela} (%)	35,88	
C.V _{faixa} (%)	28,14	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

A área quando foi escarificada o teor de Cu no solo na profundidade de 20-40 cm foi maior quando ocorreu o manejo com C + G, diferindo da área não escarificada. Não houve diferença significativa entre os manejos químicos realizados. A área quando não foi escarificada o teor de Cu foi maior quando ocorreu o manejo

completo com C + G + NPK + MI, seguido da T, diferindo do manejo com C + G e do manejo com C + G + NPK, não diferindo dos demais manejos (Tabela 24). O teor de Cu observado na profundidade de 20-40 cm no solo, está com o teor alto de acordo com Raij et al. (1997), isso quando houve a escarificação do solo e o manejo com C + G. O acúmulo de Cu nesta profundidade se deve pela baixa mobilidade do elemento. Metais pesados como o Cu, devido à baixa mobilidade no perfil do solo, tendem a acumular-se na camada superficial (CONTE et al., 2003), portanto, de maneira geral, apresentam baixo potencial de lixiviação.

TABELA 24 - Teor de Cu no solo, na profundidade de 20-40 cm em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III)

Manejo Químico	Cu (mg dm ⁻³)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
	20-40	
T	1,05 aA	1,12 aA
C	1,00 aA	1,07 abA
C + G	1,20 aA	0,80 bB
C + G + NPK	1,00 aA	0,80 bA
C + G + NPK + MI	1,05 aA	1,20 aA
DMS 1	0,31	
DMS 2	0,21	
C.V _{parcela} (%)	21,85	
C.V _{subparcela} (%)	14,14	
C.V _{faixa} (%)	13,74	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

6.3 Análise química do trifólio da cultura da soja nos anos agrícolas 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)

6.3.1 Macronutrientes do trifólio da cultura da soja

No ano agrícola 2013/2014 (Ano I) o manejo realizado com C proporcionou aumento significativo no teor de P no trifólio da cultura da soja, porém diferiu somente quando manejado com C + G. Também houve um incremento no teor de Ca quando as plantas foram submetidas ao manejo do solo com C + G + NPK, obtendo diferença da T (Tabela 25). Os teores de P e Ca estão na faixa de suficiência média de acordo com Sfredo (2008), quando relacionados com o teor no trifólio da cultura da soja. O manejo com C proporcionou um aumento do P, e o manejo com C + G + NPK maior teor de Ca. Poucos estudos realizados no Brasil têm reportado o efeito da calagem realizado em superfície em solos arenosos nos teores de nutrientes nas folhas. Estudos realizados, durante quatro anos, por Oliveira e Pavan (1996), mostram que 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.

O manejo físico proporcionou diferença significativa para N e K sendo que o melhor desempenho da soja foi no solo escarificado (Tabela 25). Isso pode estar relacionado à redução da resistência à penetração do solo por esses sistemas na linha de semeadura, o que contribui para maior teor de macronutrientes do tecido vegetal das plantas. Segundo Drescher et al. (2012), a compactação do solo afeta a disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas, reduzindo a fotossíntese, o crescimento e o rendimento de grãos da cultura.

O manejo do solo com C + G + NPK no ano agrícola 2014/2015 (Ano II), apresentou maior teor de Ca do trifólio da cultura da soja, diferindo da T, seguido do C, não diferindo dos demais manejos. O teor de Mg no trifólio foi maior quando manejado com C + G + NPK, diferindo dos manejos com C, seguido do manejo com C + G + NPK + MI e de C + G, não diferindo da T. Quando a área não foi escarificada o teor de S foi maior (Tabela 25).

Os teores de Ca estão em níveis suficientes nas folhas da cultura da soja de acordo com Sfredo (2008), isso se deve ao manejo realizado com calcário que supriu a necessidade da cultura. O teor adequado de Ca para se obter produtividade

adequada de soja seria de 10,8 g kg⁻¹. Valores próximos ou superiores a esse foram obtidos com a aplicação de resíduos e de calcário (MALAVOLTA et al., 1999).

TABELA 25 – Teor de Macronutrientes do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, nos anos agrícolas 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano 2) e 2015/2016 (Ano III)

Manejo	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----						
Ano I						
Químico						
T	41,8	3,5 ab	18,2	7,6 b	5,7	1,7
C	39,6	3,5 a	18,0	7,8 ab	5,7	1,7
C + G	38,8	3,0 b	20,4	8,8 ab	5,1	2,1
C + G + NPK	41,6	3,2 ab	15,2	9,8 a	5,9	1,9
C + G + NPK + MI	37,3	3,2 ab	21,5	9,3 ab	6,2	2,1
Físico						
C.E	41,7 a	3,1	24,7 a	8,4	5,8	1,9
S.E	37,9 b	3,4	12,5 b	8,9	5,6	1,9
Ano II						
Químico						
T	27,4	1,7	16,7	15,9 b	8,1 ab	1,5
C	29,2	1,9	17,6	16,3 b	7,3 b	1,0
C + G	29,7	1,9	17,5	17,3 ab	7,0 b	1,0
C + G + NPK	26,4	1,8	17,5	21,3 a	9,7 a	1,2
C + G + NPK + MI	30,8	2,0	19,0	16,7 ab	7,3 b	1,2
Físico						
C.E	29,7	1,8	16,2	18,2	8,4	1,1 b
S.E	27,7	1,9	19,1	16,8	7,3	1,3 a
Ano III						
Químico						
T	45,3	3,8	27,5	8,1	4,8	1,8
C	44,8	3,8	26,5	8,8	4,5	1,9
C + G	47,6	4,0	25,2	7,8	4,1	1,8
C + G + NPK	45,7	3,7	25,7	8,7	4,2	1,8
C + G + NPK + MI	47,1	4,0	22,2	8,5	4,4	1,8
Físico						
C.E	45,4	3,8	23,5	8,1 b	4,6	1,8
S.E	46,8	3,9	27,3	8,7 a	4,2	1,8

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; ANO I: 2013/2014, ANO II: 2014/2015, ANO III: 2015/2016; DMS e V% Consultar no ANEXO – E.

O teor de Mg está na faixa de suficiência de acordo com Sfredo (2008) para a cultura da soja. Este é móvel na planta, transcolando-se das folhas mais velhas para tecidos novos e para os pontos de crescimento. O Mg e o Ca são imprescindíveis na formação de raízes, pois aumenta o sistema radicular. O Mg também auxilia no acúmulo de sacarose das folhas, ou seja, amplia o acréscimo de açúcar em frutos e colmos, por isso a importância de sua absorção.

Não houve diferença significativa para os manejos realizados no ano agrícola 2015/2016 (Ano III) com relação aos teores de todos os macronutrientes analisados no trifólio da cultura da soja. Porém quando a área não foi escarificada o teor de Ca foi maior, diferindo da área escarificada (Tabela 25). O teor de Ca no trifólio da soja quando o solo não foi escarificado ficou na faixa suficiência para o bom desenvolvimento das plantas (SFREDO, 2008).

6.3.2 Micronutrientes do trifólio da cultura da soja

No ano agrícola 2013/2014 (Ano I) ocorreu diferença significativa para o teor do Cu no trifólio no manejo completo com C + G + NPK + MI, diferindo de todos os outros manejos. A soja apresentou alto teor de Mn no manejo com C + G + NPK e com C + G + NPK + MI. Os teores variam de 101,5 mg kg⁻¹ e 103,3 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 26). Os trifólios da soja apresentaram altos teores de Cu e Mn, ocorrido com a aplicação do manejo completo que contém os micronutrientes, induzindo, assim, o aumento da disponibilidade destes para as plantas.

De acordo com Malavolta et al. (1997), a mobilidade do Cu é reduzida, pelo menos em parte, podendo sair das folhas velhas para as folhas mais novas. Tanto na seiva bruta, quanto na seiva elaborada, o Cu está na forma orgânica, provavelmente quelatizado por aminoácidos. A mobilidade depende do teor no tecido, ou seja, em plantas bem nutridas, vai com facilidade até os grãos, enquanto nas deficientes o movimento é mais difícil. O transporte no floema pode ocorrer com facilidade, visto que a deficiência pode ser corrigida mediante aplicações foliares do produto contendo o elemento de acordo, que foi o que ocorreu neste trabalho. Os teores de Mn aumentam com a aplicação do nutriente no solo (MOREIRA et al., 2006). No entanto, outro fator importante para o aumento de disponibilidade de Mn é a própria planta. A exsudação de compostos orgânicos pelas raízes, como o ácido málico, a

sua oxidação pode aumentar a solubilidade de Mn pela redução de MnO_2 e posterior complexação com o Mn^{+2} formado (JAUREGUI; REISENAUER, 1982).

Ocorreu diferença significativa para o teor foliar de Cu, quando a área foi escarificada (Tabela 26). O teor de Cu está na faixa de suficiência alta de acordo com Sfredo (2008), para o teor do tecido vegetal da cultura da soja e pode ter sido influenciado pela escarificação do solo.

No ano agrícola 2014/2015 (Ano II) o teor de B no trifólio da soja com manejo completo no solo tem um nível alto de acordo com Sfredo (2008), para a nutrição da cultura (Tabela 26), e é um dos micronutrientes mais importantes para o desenvolvimento das plantas, pois o B está relacionado a muitos processos fisiológicos da planta que são influenciados pela sua deficiência, como transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e integridade da membrana plasmática. Entre as diversas funções, duas estão muito bem definidas, síntese de parede celular e integridade da membrana plasmática (CAKMAK; RÖMHELD, 1998).

O Cu na no trifólio da cultura da soja teve um teor suficiente de acordo com Sfredo (2008), para o desenvolvimento vegetativo da cultura, que no qual a redistribuição de Cu na planta depende da concentração. De acordo com Mascarenhas et al. (2013) plantas bem nutridas desse elemento possuem maior mobilidade das folhas para as sementes, enquanto em plantas que mais necessitam há mobilidade reduzida. O Cu nas plantas concentra-se nos cloroplastos, sendo este nutriente ativador de diversas enzimas.

De acordo com Sfredo (2008), o Mn teve um teor alto no trifólio da cultura da soja. O Mn é essencial na síntese de clorofila e sua função principal está relacionada à ativação de enzimas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). O papel mais bem documentado e exclusivo do Mn em plantas verdes é na reação de Hill (MARSCHNER, 1995).

Os mesmos micronutrientes tiveram teores altos quando o solo foi escarificado. A escarificação mecânica tem sido sugerida para aliviar a compactação do solo em áreas de SPD consolidado. De acordo com Camara e Klein (2005), o manejo reduziu a densidade do solo e melhorou a condutividade hidráulica e a taxa de infiltração de água, melhorando o desempenho dos micronutrientes.

No ano agrícola 2015/2016 (Ano III) quando o solo foi manejado com C + G + NPK + MI proporcionou condições para que a soja apresentasse maior teor de B, diferindo dos demais manejos realizados. O teor de Mn maior foi maior no trifólio das plantas testemunha, diferindo do manejo com calcário com, seguido do manejo com calcário e gesso, não diferindo dos demais manejos. Quando a área não foi escarificada o teor de B foi maior, diferindo da área escarificada (Tabela 26).

Os teores de B e Mn estão na faixa de suficiência para o tecido vegetal da cultura da soja de acordo com Sfredo (2008), quando analisado o trifólio. Quando foi adicionado B no manejo completo, seu teor atingiu a faixa adequada, e assim adequando a nutrição da cultura, estas informações são importantes pois o B é um micronutriente essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Entretanto, seu teor nos solos brasileiros é geralmente baixo, e a falta desse micronutriente tem levado ao aparecimento de sintomas de deficiência em diversas culturas (SILVA; FERREYRA, 1998). Assim como o Ca, o B apresenta baixa mobilidade dentro do floema, portanto, de difícil redistribuição das folhas mais maduras para os pontos de maior exigência como os tecidos meristemáticos. Isto implica na necessidade de uma constante disponibilidade ou suprimento deste nutriente durante a fase vegetativa das plantas (TANAKA et al., 1992). O Mn está no teor adequado para a nutrição das plantas de soja, mas isto foi observado na área que não ocorreu nenhum tipo de manejo. O Mn é facilmente absorvido pelas plantas quando na forma solúvel no solo, podendo afirmar que numa relação direta entre o teor do elemento solúvel no solo e sua concentração. Por outro lado, existe correlação negativa entre a concentração de Mn na planta e o aumento do pH, e correlação positiva com a MO, que explica o aumento do teor na área que não teve manejo com calcário e outros elementos.

TABELA 26 - Teor de micronutrientes do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, nos anos agrícolas 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)

Manejo	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg kg ⁻¹ -----					
Ano I					
Químico					
T	13,4	41,2 c	99,9	81,3 b	62,1
C	11,3	48,4 bc	75,9	74,8 b	40,1
C + G	11,5	55,3 b	127,9	79,7 b	58,0
C + G + NPK	11,0	58,8 b	135,5	101,5 a	81,9
C + G + NPK + MI	16,8	71,0 a	136,6	103,3 a	69,3
Físico					
C.E	14,4 a	69,9 a	137,7	87,8	69,3
S.E	11,2 b	40,0 b	92,6	88,4	55,3
Ano II					
Químico					
T	27,7 c	8,8 b	99,2	86,3 a	33,9
C	64,6 a	9,8 b	100,1	59,5 c	30,9
C + G	42,3 bc	12,1 ab	110,1	65,0 bc	31,7
C + G + NPK	58,4 ab	12,1 ab	98,4	81,2 ab	25,1
C + G + NPK + MI	63,0 a	13,8 a	88,8	88,1 a	21,7
Físico					
C.E	78,6 a	18,35 a	98,4	84,4 a	32,8
S.E	23,9 b	8,4 b	100,2	67,70 b	24,5
Ano III					
Químico					
T	36,8 b	13,6	118,7	79,5 a	46,3
C	36,5 b	9,9	134,9	46,1 b	52,7
C + G	32,9 b	12,0	143,3	52,0 b	82,0
C + G + NPK	35,6 b	12,4	148,9	58,3 ab	50,1
C + G + NPK + MI	43,6 a	23,3	159,6	61,1 ab	83,1
Físico					
C.E	34,57 b	15,80	142,5	64,1	84,4
S.E	39,70 a	12,78	139,7	54,7	41,2

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; ANO I: 2013/2014, ANO II: 2014/2015, ANO III: 2015/2016; DMS e V% Consultar no ANEXO – F.

6.4 Interação em razão das formas de manejo químico e físico e teores de macronutrientes e micronutrientes do trifólio da soja nos anos agrícolas de 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)

6.4.1 Ano agrícola 2013/2014 (Ano I)

Ocorreu interação entre os manejos para o teor de K, quando a área foi escarificada, quando utilizado os manejos com C + G, e no manejo completo com C + G + NPK + MI respectivamente (Tabela 27). Com a escarificação, o teor de K aumentou no tecido vegetal da cultura da soja, com a aplicação superficial de C + G + NPK + MI, que certamente ocorreu o efeito da calagem sobre os teores desse nutriente no solo. O aumento no suprimento de K com a calagem para a soja, foi verificado por Quaggio et al. (1993), mas não por Caires et al. (1998).

TABELA 27 - Teor de K do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I)

Manejo Químico	K (g kg ⁻¹)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
T	20,15 aA	16,25 aA
C	21,25 aA	14,77 aA
C + G	31,45 aA	9,40 aB
C + G + NPK	18,50 aA	12,00 aA
C + G + NPK + MI	32,45 aA	10,55 aB
DMS 1	14,75	
DMS 2	10,08	
C.V _{parcela} (%)	23,51	
C.V _{subparcela} (%)	35,80	
C.V _{faixa} (%)	35,05	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

Quando a área foi escarificada ocorreu diferença significativa para o teor de S quando o solo foi manejado com C + G + NPK + MI. O mesmo teor se diferiu

também dentro dos manejos químicos, da testemunha quando manejado com calcário. O teor de S foi maior também na área que não foi escarificada e manejada com calcário (Tabela 28).

Os teores de S no trifólio das plantas de soja, atingiram a faixa de suficiência média de acordo com Sfredo (2008), no manejo completo, ou seja, quando adicionado um teor maior do nutriente à disposição das plantas, estas conseguem absorver mais e ter um melhor aproveitamento do elemento, diferente de quando o solo não foi manejado ou quando foi aplicado apenas calcário, no qual o teor ficou em um nível foliar baixo, de acordo com os níveis adequados para a folha da cultura da soja. A concentração de S nas folhas de soja é considerada suficiente quando seus valores estão entre 2,0 a 4,0 g kg⁻¹. O acúmulo de S pode ocorrer, tanto na forma de sulfato quanto de compostos contendo S reduzido, principalmente glutaciona, em tecidos de reserva das folhas ou das raízes (HERSCHBACH; RENNENBERG, 1995; HARTMANN et al., 2000).

TABELA 28 - Teor de S do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I)

Manejo Químico	S (g kg ⁻¹)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
T	1,67 bcA	1,75 aA
C	1,40 cB	2,10 aA
C + G	2,22 abA	2,07 aA
C + G + NPK	2,02 abcA	1,95 aA
C + G + NPK + MI	2,37 aA	1,90 aB
DMS 1	0,63	
DMS 2	0,43	
C.V _{parcela} (%)	22,28	
C.V _{subparcela} (%)	21,62	
C.V _{faixa} (%)	14,38	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

Ocorreu interação para o micronutriente Mn dentre os manejos realizados, quando a área foi escarificada, o teor foi melhor na T, quando comparado entre os manejos físicos. Já entre os manejos químicos o maior teor no trifólio foi quando foi aplicado C + G + NPK, diferindo dos manejos com C e de com C + G. Houve também diferença no teor de Mn foliar apenas no manejo com aplicação de C, na área sem escarificação. Os manejos químicos se diferenciaram quando a área não foi escarificada, obtendo melhores resultados quando aplicado C + G + NPK + MI em sequência quando manejado com C + G + NPK diferindo dos demais manejos (Tabela 29).

Os teores de Mn que foram absorvidos pelas folhas um nível de suficiência para a cultura da soja de acordo com Sfredo (2008), obtendo uma alta no teor. A importância do Mn para o desenvolvimento da cultura é importante, de acordo com Heenan e Campbell (1980) tanto a toxidez como a deficiência de Mn limitam o crescimento e a produção da soja. Apesar da redução da absorção de Mn somente com o manejo com a calagem, as plantas não apresentaram sintomas de toxidez ou de deficiência do nutriente. A redução da absorção de Mn pela soja, somente com a calagem devido ao aumento do pH nas camadas superficiais do solo, isso demonstra que a prática requer critérios adequados para estimativa da dose a ser aplicada na superfície, em SSD.

TABELA 29 - Teor de Mn do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I)

Manejo Químico	Mn (mg kg ⁻¹)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
T	93,52 abA	69,25 cB
C	64,77 cB	84,90 bcA
C + G	80,05 bcA	73,35 bcA
C + G + NPK	102,62 aA	100,37 abA
C + G + NPK + MI	98,35 abA	108,32 aA
DMS 1	21,61	
DMS 2	14,76	
C.V_{parcela} (%)	21,82	
C.V_{subparcela} (%)	13,54	
C.V_{faixa} (%)	10,87	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

6.4.2 Ano agrícola 2014/2015 (Ano II)

O manejo realizado com calcário apresentou diferença significativa no teor de N total no trifólio da soja, quando a área foi escarificada. Não houve diferença significativa entre os manejos químicos na área escarificada. Quando a área não foi escarificada os manejos não se diferiram entre si. Mesma coisa aconteceu para os manejos químicos realizados (Tabela 30).

O teor significativo de N total na área escarificada foi baixo para o teor foliar da soja de acordo com Sfredo (2008). Segundo Malavolta et al. (1999), a concentração adequada de N na folha, para a obtenção de uma produtividade de 2,7 t ha⁻¹ de soja, é de 36 g kg⁻¹. Então, o teor do N total que é essencial para a produtividade da cultura não foi suficiente para suprir altas produtividades.

TABELA 30 - Teor de N do tecido vegetal de trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II)

Manejo Químico	N (g kg ⁻¹)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
T	29,32 aA	25,55 aA
C	33,62 aA	24,85 aB
C + G	29,42 aA	30,15 aA
C + G + NPK	27,10 aA	25,75 aA
C + G + NPK + MI	29,25 aA	32,47 aA
DMS 1	7,79	
DMS 2	5,32	
C.V _{parcela} (%)	10,57	
C.V _{subparcela} (%)	13,48	
C.V _{faixa} (%)	12,02	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes;

C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

O teor de B do trifólio da cultura da soja teve diferença significativa quando a área foi escarificada, e manejada com C, seguido do manejo com C + G + NPK + MI, de C + G + NPK e de C + G, diferindo dos manejos da área que não foi escarificada. O teor de B foi maior no trifólio quando o solo foi manejado quimicamente com C, diferindo da T, seguido do manejo com C + G. Os teores de B no trifólio na área que foi escarificada não teve diferença significativa. O mesmo ocorreu para os manejos químicos (Tabela 31).

Os altos teores de B no trifólio da soja de acordo com Sfredo (2008), tem relação com sua alta mobilidade no solo, quando foi realizado a aplicação de calcário, que no qual a disponibilidade para as plantas pode ter também ter ocorrido pelo fato do solo ter sido escarificado, melhorando o desempenho das raízes, a quantidade de água no solo, e a aeração. A falta de B resulta em inibição do crescimento das plantas, devido ao fato de esse micronutriente fazer parte da estrutura da parede celular. Na sua ausência, ocorre redução na síntese de pectina, celulose e lignina na parede das células do lenho, tornando-as mais finas (EPSTEIN; BLOOM, 2005). Esses fenômenos bioquímicos e fisiológicos se traduzem, em campo, na possibilidade de quebra das plantas e redução da produtividade (CASTRO, 1999; CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

TABELA 31 - Teor de B do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II)

Manejo Químico	B (mg kg ⁻¹)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
T	30,37 bA	25,12 aA
C	103,00 aA	26,37 aB
C + G	61,12 bA	23,62 aB
C + G + NPK	98,75 aA	18,12 aB
C + G + NPK + MI	99,75 aA	26,25 aB
DMS 1	35,09	
DMS 2	23,97	
C.V _{parcela} (%)	24,41	
C.V _{subparcela} (%)	23,67	

C.V_{faixa} (%)

30,37

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário, C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

6.4.3 Ano agrícola 2015/2016 (Ano III)

A área quando foi escarificada, houve diferença significativa entre os manejos químicos e interação para o teor de Ca no trifólio da soja, que no qual o manejo com C foi maior diferindo da T. A área quando não foi escarificada o teor de Ca foi maior na T, diferindo da área escarifica. Os manejos químicos na área não escarificada não diferiram significativamente (Tabela 32). Nas áreas em que foram feitos os manejos, principalmente com calcário, e quando a área não foi escarificada, os teores de Ca atingiram a faixa de suficiência quando se trata do trifólio da soja de acordo com Sfredo (2008), no qual o Ca é indispensável para a germinação do pólen e para o crescimento do tubo polínico, o que se deve ao fato de estar presente na síntese da parede celular ou no funcionamento da plasmalema (MALAVOLTA, 1980). As funções do Ca estão relacionadas à divisão celular e ao crescimento de meristemas apicais (MARSCHNER, 2012), incluindo o radicular. Essa função, aliada à baixa mobilidade natural do Ca no perfil do solo, sua baixa mobilidade na planta, impedindo que tecidos mais velhos supridos de Ca atendam a demanda de tecidos novos em formação, além de sua absorção quase exclusiva na coifa da raiz, faz com que esse deslocamento do Ca em profundidade, proporcionada pelo gesso, seja importante no aumento da tolerância das plantas a períodos de deficiência hídrica. Soratto e Crusciol (2008) atribuíram a esse efeito os resultados com a aplicação de gesso.

TABELA 32 - Teor de Ca do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (Ano III)

Manejo Químico	Ca (g kg ⁻¹)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
T	6,72 bB	9,60 aA
C	9,15 aA	8,55 aA
C + G	7,25 abA	8,52 aA
C + G + NPK	8,92 aA	8,65 aA
C + G + NPK + MI	8,45 abA	8,60 aA
DMS 1	2,08	
DMS 2	1,42	
C.V _{parcela} (%)	2,92	
C.V _{subparcela} (%)	12,11	
C.V _{faixa} (%)	10,97	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

6.5 Componentes de produção e produtividade da cultura da soja

No ano agrícola 2013/2014 (Ano I), houve diferença significativa na massa de 100 grãos no manejo da T comparado com o manejo com C + G + NPK + MI, não diferindo dos demais. Quando o solo foi escarificado ocorreu diferença significativa no estande final de plantas e quando não foi escarificado ocorreu diferença significativa no número de vagens em 10 plantas (Tabela 33).

A massa de 100 grãos não sofreu interferência quando o solo foi manejado quimicamente, mas somente na T. A razão da diferença cabe ao fato de ter ocorrido falta de água no enchimento dos grãos, no qual a área da T pode ter se beneficiado com relação ao manejo completo, mas não ficando distante dos demais manejos. Resultados de Desclaux et al. (2000) também constataram redução no peso do grão em função do estresse hídrico ocorrido no período de enchimento de grãos da soja.

A população final de plantas ha^{-1} foi maior quando o solo foi escarificado, uma vez que, quando o solo está compactado, o crescimento do sistema radicular diminui, podendo afetar a produtividade da soja. Grego (2002) atribui que o aumento da densidade do solo diminui o acúmulo de matéria seca radicular da soja, principalmente na camada compactada.

Porém, quando o solo não foi escarificado o número de vagens foi maior, pois quanto maior a densidade populacional de plantas na área maior é o favorecimento e aparecimento de plantas com menor número de vagens ou com redução de grãos por vagem. Ai surgindo fatores de competitividade por água, nutrientes e luz. Desta forma, o segredo para altas produtividades é manejar a cultura para obter em conjunto o máximo de cada componente, afetando o mínimo possível os demais.

No ano agrícola 2014/2015 (Ano II) ocorreu diferença significativa para o componente de produção do estande final no segundo ano agrícola, quando o solo foi manejado com C + G + NPK, diferindo do manejo com C, diferindo dos demais manejos realizados (Tabela 33).

TABELA 33 - Componentes de produção e de produtividade da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, nos anos agrícolas 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)

Manejo	Estande Inicial ha ⁻¹	Estande Final ha ⁻¹	Nº de Vagens 10 plantas	Grãos Vagem ⁻¹ 10 plantas	Massa 100 Grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Ano I						
Químico						
T	304163	230553	381	577	13 a	1799
C	304830	260386	365	517	12 ab	1762
C + G	310385	227053	344	624	12 ab	1443
C + G + NPK	276386	236108	449	478	12 ab	1282
C + G + NPK + MI	315274	272219	466	731	11 b	1468
Físico						
C.E	311663	272775 a	347 b	549	12	1483
S.E	292774	217775 b	455 a	621	11	1523
Ano II						
Químico						
T	258330	286774 ab	218	506	16	2595 ab
C	241664	249275 b	258	589	16	2528 ab
C + G	273608	281219 ab	284	675	16	2258 b
C + G + NPK	272219	297219 a	222	500	16	2354 b
C + G + NPK + MI	272219	264552 ab	293	644	16	2932 a
Físico						
C.E	266664	279163	275	632	15 b	2484
S.E	260553	272497	236	534	16 a	2586
Ano III						
Químico						
T	162498	274997	515	1002	15	3540
C	170137	295135	624	1211	16	3960
C + G	170831	304163	594	1165	15	3042
C + G + NPK	180553	300691	514	1054	16	3311
C + G + NPK + MI	163192	268052	485	870	16	3393
Físico						
C.E	169720	290830	523	1025	16	3681 a
S.E	169165	286386	570	1095	16	3217 b

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; ANO I: 2013/2014, ANO II: 2014/2015, ANO III: 2015/2016; DMS e V% Consultar no ANEXO – G.

A produtividade do segundo ano agrícola da cultura da soja, foi maior quando o solo foi manejado com C + G + NPK + MI, diferindo do manejo com C + G e do manejo com C + G + NPK, não diferindo dos demais manejos, inclusive, não ficando distante da média nacional de 3016 kg ha⁻¹ segundo a (CONAB, 2015).

Quando a área não foi manejada com escarificador a massa de 100 grãos foi maior, quando comparado com a área que foi escarificada (Tabela 33).

O solo foi manejado com C + G + NPK contatou-se uma maior população de plantas, pois as mesmas tiveram um maior desenvolvimento quando ocorreu o incremento de gesso e NPK na área além do calcário (Tabela 33).

A realização do manejo com C + G + NPK + MI no solo a produtividade da cultura da soja foi maior, evidenciando que quanto maior a fertilidade do solo, melhor o estado nutricional das plantas, conseqüentemente maior a produtividade. No segundo ano a cultura da soja não teve interação entre os fatores mas a produtividade na média geral foi 96,2% maior (Tabela 33).

Esperam-se diferenças no potencial produtivo e na dinâmica de nutrientes no solo e na planta com a variação da textura do solo, que é o reflexo que foi observado nesta segunda safra. Mesmo com as dificuldades encontradas na região de cultivo, os efeitos dos manejos estudados da pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Piatã, foram benéficas, para a cultura sucessora, ou seja a soja, tanto na cobertura vegetal que melhorou o ambiente de produção, aumentando a umidade do solo para o desenvolvimento das plantas, e também disponibilizou nutrientes necessários para a melhor produtividade da cultura. A correção realizada com calcário e gesso que são indispensáveis para a manutenção e o aumento da fertilidade de solos arenosos.

A relação entre textura arenosa do solo e a produtividade de culturas é comprovado em trabalhos de pesquisa conduzidos por Miranda e Volkweiss (1981), van Laar (1981), Gerhardt et al. (2001) e Bedin et al. (2003). Estes autores que ressaltam a elevada correlação da característica física do solo com a produtividade e sua importância para a avaliação da qualidade da terra para uso agrícola.

Novais (1996) enfatiza o fato de solos arenosos, ou mesmo de textura média arenosa, poderem ser mais produtivos que os argilosos. Seu argumento considera que assim como os solos mais argilosos e mais tamponados, resistiriam mais às perdas de suas reservas de nutrientes, também resistiriam mais aos ganhos. Nos argilosos, há forte predomínio do dreno-solo sobre o dreno-planta pelo que se adiciona como fertilizante e corretivo, enquanto nos solos mais arenosos o dreno-planta é predominante. Isso resultaria no elevado potencial produtivo dos solos mais arenosos, principalmente com adoção de alta tecnologia, quando não houver limitação por água. Neste trabalho, em que as condições de clima foram mais favoráveis que

no ano anterior, ficou evidente o elevado potencial produtivo dos solos arenosos (Figura 2 b).

Por fim é pertinente destacar que em solos arenosos o fator risco está associado à atividade agrícola. A margem para erro no manejo do solo e planta são menores e, em se fazendo tecnicamente tudo certo, se houver déficit hídrico, o rendimento será mais prejudicado. Dessa forma, é muito importante conhecer o histórico de quantidade e distribuição de chuvas, para que se possa avaliar a relação entre essas duas variáveis: produtividade e textura.

Não houve diferença significativa para os componentes de produção e produtividade da cultura da soja no ano agrícola de 2015/2016 (Ano III), com relação aos manejos realizados na área. Porém, quando a área foi escarificada, a produtividade foi maior, diferindo significativamente da área não escarificada (Tabela 33).

No terceiro ano agrícola não houve diferença significativa na produtividade da cultura da soja, entretanto de maneira geral a produtividade foi 167,1 % maior que o primeiro ano agrícola e 36,1 % em relação ao segundo ano agrícola. Mesmo não havendo diferença significativa neste parâmetro dentro do ano agrícola, podem ter ocorrido benefícios na área como o aumento de MO, melhor ciclagem de nutrientes, melhores condições no armazenamento de água, com o decorrer dos anos, mesmo não mostrando esta diferença entre os manejos realizados. A soja da área escarificada apresentou diferença de 12% na produtividade.

A compactação do solo é uma importante causa de perdas na produtividade da soja, em razão de modificações físicas no ambiente radicular. Essas alterações englobam a redução da disponibilidade de oxigênio e água e o aumento da resistência do solo ao crescimento radicular (CAVALIERI et al., 2006), o que limita a profundidade e o volume de solo explorado pelas raízes. Assim, os efeitos da compactação sobre a produtividade das culturas são mais evidentes sob condições de excesso ou déficit hídrico (BEUTLER et al., 2005). Em sistema semeadura direta, a escarificação tem sido indicada como opção para o rompimento de camadas compactadas de solo (KLEIN; CAMARA, 2007). Porém, os efeitos da escarificação normalmente persistem por curto período, igual ou inferior a um ano (REICHERT et al., 2009). Além disso, a escarificação nem sempre favorece aumentos na produtividade (KLEIN; CAMARA, 2007), especialmente em solos de textura arenosa

a média (LIMA et al., 2006), em que o grau de compactação crítico é mais elevado (REICHERT et al., 2003). Diferente do resultado dado neste trabalho.

Assim, outras medidas de manejo da compactação vêm sendo recomendadas, como o uso de plantas de cobertura, que é o caso da pastagem que sucede a cultura da soja, com elevada produção de fitomassa e sistema radicular abundante, capazes de romper camadas compactadas e produzir bioporos, através dos quais as raízes das culturas podem se desenvolver (SILVA; ROSOLEM, 2002). Ao contrário dos poros produzidos pela mobilização mecânica, os bioporos são longos e contínuos, efetivos na condução de água e ar (OADES, 1993). Além disso, os resíduos das plantas de cobertura colaboram para a manutenção de maiores conteúdos de água na superfície do solo (ANDRADE, 2008), diminuem os efeitos da compactação e promovem a ciclagem de nutrientes.

6.5.1 Interação entre os componentes de produção e de produtividade da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I)

Houve diferença significativa quando a área foi manejada com C + G e também com C + G + NPK, para o estande final de plantas, quando a área foi escarificada. Entre os manejos químicos, quando foi adicionado C + G + NPK + MI e o manejo somente com C, diferiu significativamente do manejo com C + G, não diferindo dos outros manejos (Tabela 34). Quando foi realizado o manejo com a calagem, gessagem e com NPK, juntamente com a escarificação o estande de plantas aumentou, mas não necessariamente a produção foi maior, pois quanto maior o número de plantas, o reflexo na produção de seus componentes podem ser afetados, e assim exigir mais da cultura e da extração de nutrientes necessários para seu desenvolvimento, de acordo com Rezende et al. (2004), que trabalharam com diferentes populações de plantas, constataram que a alteração na população de plantas afeta o rendimento de grãos, e explicaram esse comportamento pelo fato de a variação do espaço entre plantas proporcionar alterações na distribuição de luz, podendo assim contribuir de forma mais ativa no processo de fotossíntese, prejudicando a produção.

TABELA 34 - Estande final da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I)

Manejo Químico	Estande final plantas ha ⁻¹	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
T	244442 aA	216664 abA
C	263886 aA	256941 aA
C + G	309719 aA	144443 bB
C + G + NPK	277775 aA	194442 abB
C + G + NPK + MI	268052 aA	276386 aA
DMS 1	111666	
DMS 2	76277	
C.V _{parcela} (%)	14	
C.V _{subparcela} (%)	19	
C.V _{faixa} (%)	20	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

Quando a área foi escarificada, houve diferença na produtividade da soja quando foi manejada com C + G + NPK. Na área não escarificada a T e o manejo com C tiveram desempenhos maiores diferindo da área escarificada. Quando foi realizado o manejo com calcário a produção da área foi maior, diferindo do manejo com C + G + NPK e do manejo com C + G, não diferindo dos demais manejos (Tabela 35). No ano agrícola I, a produtividade da cultura da soja foi abaixo do esperado, mas não ficou muito longe da média da produtividade nacional que foi de 2842 kg ha⁻¹ de acordo com a (CONAB, 2014). A relação entre textura do solo e produtividade de culturas é contemplada em diversos trabalhos de pesquisa Miranda e Volkweiss (1981), van Laar (1981), Gerhardt et al. (2001) e Bedin et al. (2003), que ressaltam a elevada correlação dessa característica física do solo com a produtividade e sua importância para a avaliação da qualidade da terra para uso agrícola.

O manejo para altas produtividades deve ser iniciado sempre pela escolha de cultivares testadas, recomendadas para a região e com sementes de boa qualidade. Em relação ao manejo, devemos seguir a recomendação técnica de adubação apropriada à expectativa de rendimento, realizar o plantio com qualidade e

na época recomendada, e fazer o manejo adequado de plantas daninhas, pragas e doenças.

Santos et al. (2008) ressalta que a produtividade média de soja nos solos arenosos é de 3090 kg ha⁻¹, bem como alguns valores elevados de produtividade obtidos nesses solos, muitas vezes já no primeiro ano de cultivo. A exemplo, existem produtividades de mais de 4200 kg ha⁻¹, evidenciando o potencial produtivo de solos arenosos semelhante ou mesmo, em alguns casos, superior ao de solos mais argilosos.

Vale evidenciar que o experimento foi conduzido em um ano de seca na região, a cultura da soja conseguiu apresentar melhor desempenho na área que foi não foi escarificada e, no final do ciclo as precipitações diminuíram fazendo com que o manejo que possibilitou maior manutenção de umidade garantisse uma maior produtividade.

TABELA 35 - Produtividade da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I)

Manejo Químico	Produtividade da Soja (kg ha ⁻¹)	
	Manejo Físico	
	C.E	S.E
T	1137 aB	1981 abA
C	1264 aB	2259 aA
C + G	1713 aA	1171 bcA
C + G + NPK	1750 aA	815 cB
C + G + NPK + MI	1549 aA	1387 abcA
DMS 1	921	
DMS 2	629	
C.V _{parcela} (%)	21	
C.V _{subparcela} (%)	20	
C.V _{faixa} (%)	27	

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

6.6 Massa da matéria seca da cultura da soja e da pastagem *Urochloa brizantha* cv. Marandu nos anos agrícolas de 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)

6.6.1 Ano agrícola de 2013/2014 (Ano I)

A produção das massas da matéria seca da cultura da soja e da pastagem no ano 2013/2014 (Ano I) não foi influenciada pelos manejos de adubação adotados. Porém, quando foi feito o manejo com escarificador a massa da matéria seca da cultura da soja, diferiu da área não escarificada (Tabela 36).

A quantidade de massa da matéria seca da cultura da soja teve aumento conforme o trabalho realizado por Nunes et al. (2014), o manejo físico proporciona aumento da macroporosidade, da porosidade total, a redução da densidade do solo e da resistência à penetração da camada compactada na linha de cultivo, que influenciaram a qualidade física do solo, com resposta no crescimento das plantas e conseqüentemente na massa de matéria seca da parte aérea da cultura da soja.

Este resultado pode estar associado ao menor efeito de redução da camada compactada do solo por esses sistemas, na linha de semeadura, em comparação aos demais, visto que a nodulação e a fixação biológica de N são afetadas pela presença de camada compactada do solo (SICZEK; LIPIEC, 2011). Porém, a quantidade de massa da matéria seca está abaixo do esperado, pelo déficit hídrico que ocorreu neste ano agrícola. De acordo com Cruz et al. (2010), a massa de matéria seca total da soja é influenciada, de forma mais pronunciada, pela época de semeadura, do que pelo ciclo de maturação do cultivar.

TABELA 36 - Massa da matéria seca da cultura da soja e da pastagem *Urochloa brizantha* cv. Marandu, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I)

Manejo	M.M.S. Soja (Mg ha ⁻¹)	M.M.S. Pastagem (Mg ha ⁻¹)
Químico		
T	1,2	1,6
C	1,5	1,5
C + G	1,5	1,6
C + G + NPK	1,4	2,0
C + G + NPK + MI	0,9	1,6
Físico		
C.E	1,4 a	1,7
S.E	1,2 b	1,6
DMS 1	0,6	0,8
DMS 2	0,5	0,2
C.V _{parcela} (%)	4,5	9,7
C.V _{subparcela} (%)	27,3	28,8
C.V _{faixa} (%)	24,8	32,0

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico; M.M.S. Soja: Massa da matéria seca da soja; M.M.S. Pastagem: Massa da matéria seca da pastagem.

6.6.2 Ano agrícola de 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)

Houve diferença significativa na massa da matéria seca da pastagem na entrada dos animais no ano agrícola 2014/2015 (Ano II) quando a área foi manejada com C + G + NPK, diferindo da T, seguido do manejo com C + G e somente com C, não diferindo do manejo, com C + G + NPK + MI. Também houve diferença significativa na massa da matéria seca da pastagem na saída dos animais quando o solo foi manejado com C + G, seguido manejo com C diferindo da T, não diferindo dos demais manejos realizados. Quando o solo foi escarificado a massa da matéria seca da pastagem na entrada e na saída dos animais foi maior (Tabela 37).

A massa da matéria seca da *Urochloa brizantha* cv. Piatã foram maiores quando foi realizado o manejo com C + G + NPK, o que refletiu na oferta de pastagem que fica disponível para o pastejo dos animais. A oferta de pastagem se refere à quantidade de matéria seca disponível que irá beneficiar a cultura sucessora e também que indica a quantidade de pasto de que o animal dispõe para sua alimentação.

Além disso, a produção de massa reflete a quantidade de nutrientes que foram extraídos do solo, e que poderão estar disponíveis para a soja. O fornecimento de nutrientes em quantidades adequadas e em proporções equilibradas é fundamental no processo produtivo das pastagens, e o manejo da adubação, torna-se importante conhecer a necessidade de nutrientes das plantas forrageiras e, conseqüentemente, sua capacidade de extraí-los do solo (Tabela 37).

Essa forrageira *Urochloa brizantha* cv. Piatã foi lançada visando à sustentabilidade do sistema de produção com alta produtividade dos componentes planta e animal (EMBRAPA, 2007). No entanto, é necessário criar estratégias de manejo da fertilidade do solo, para manter a produtividade e qualidade dessas forrageiras, que é o caso dos manejos testados nesta pesquisa.

A diminuição da extração dos nutrientes fica evidente quando ocorre a queda na formação da massa da matéria seca da pastagem *Urochloa brizantha* cv. Piatã, em relação à T. Nos manejos com C + G e somente com C a massa da matéria seca ficaram maiores, evidenciando a ação dos corretivos, e sobre de matéria pós o pastejo dos animais (Tabela 37).

Mesmo com a quantidade de matéria seca menor a pastagem é de grande importância para a semeadura de soja como uma interessante forma de adoção do SPD, pois a pastagem apresenta excelentes coberturas viva e morta, contribui para aumentar a MO do solo e permite a rotação de culturas, que através desta pesquisa realizada (Tabela 37). Essa tecnologia do uso de forrageira consiste na implementação da integração entre lavoura e pastagem, num sistema de elevada produtividade da soja. Por fim a indicação do sistema para áreas de pastagem ainda com razoável capacidade de suporte de animais e fertilidade do solo, para aumento da humidade, MO e da fertilidade para se refletir em altas produtividades na cultura da soja.

No ano agrícola 2015/2016 (Ano III) houve diferença significativa para a massa da matéria seca da cultura da soja, quando a área foi manejada com C,

diferindo da T, não diferindo dos demais manejos. A massa da matéria seca da pastagem na entrada dos animais, obteve um melhor aporte quando a área foi manejada com C + G, diferindo dos demais manejos realizados. O melhor aporte da massa da matéria seca na saída dos animais foi na T, diferindo do manejo com C + G + NPK + MI, seguido dos manejos com C + G e com C + G + NPK, não diferindo do manejo com C (Tabela 37).

A produção da massa de matéria seca da soja indica que esta cultura exige um aparato nutricional bem equilibrado para um bom desenvolvimento e produtividade. Tendo em vista que um bom rendimento de grãos é necessário que haja condições de fertilidade dos solos perfeitamente equilibrados com disponibilidade de macro e micronutrientes, suficientes para atender a demanda de altas produtividades. Em outras situações, não são obtidos os rendimentos esperados, em função de deficiências de alguns elementos (SFREDO; OLIVEIRA, 2010).

O mesmo ocorreu para a massa da matéria seca da pastagem *Urochloa brizantha* cv. Piatã na entrada dos animais, que de acordo com sua taxa de semeadura, está com uma oferta adequada para o consumo dos animais, e que mostrou um melhor desempenho quando ocorreu o manejo com C + G.

Há um grande número de artigos que abordam o uso de forrageiras anuais para sucessão às culturas de verão; porém, poucos tratam de espécies de *Urochloa* com essa finalidade. Em curtos períodos de avaliação, a produção de matéria seca das forrageiras perenes é inferior à das anuais, pois elas demoram mais tempo para se estabelecer (MURASHI et al., 2005). Em intervalos mais longos, espécies de *Urochloa* apresentaram maior produção de matéria seca do que milho e sorgo, e foram mais eficientes na supressão de plantas daninhas, o que resultou em maior rendimento de grãos de soja em sucessão (PACHECO et al., 2008, 2009). Entre os genótipos de *U. brizantha*, ocorrem variações fenológicas quanto às proporções de folha e colmo e quanto à qualidade nutricional da forragem que, em condição de pastejo, resultam em diferentes níveis de produtividade animal (SILVEIRA et al., 2010).

Já na saída dos animais o melhor desempenho da massa da matéria seca da pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Piatã, foi na T. As respostas das plantas nos diferentes aspectos citados variam em função do meio e do manejo aplicado e da espécie forrageira em estudo (VELAZQUES et al., 2010). O que pode ter beneficiado a matéria seca da pastagem onde não teve adubação é o fato dos animais não

consumirem o capim, quando relacionado ao capim manejado com nutrientes e que tiveram um maior consumo durante o pastejo.

TABELA 37 - Massa da matéria seca da cultura da soja e da pastagem *Urochloa brizantha* cv. Piatã, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, nos anos agrícolas 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)

Manejo	M.M.S. Soja (Mg ha ⁻¹)	M.M.S.E.A. Pastagem (Mg ha ⁻¹)	M.M.S.S.A. Pastagem (Mg ha ⁻¹)
Ano II			
Químico			
T	3,0	7,4 b	1,8 c
C	2,6	7,9 b	3,5 a
C + G	2,9	7,8 b	3,6 a
C + G + NPK	2,8	10,4 a	2,4 bc
C + G + NPK + MI	2,7	8,7 ab	2,8 ab
Físico			
C.E	2,6	9,0 a	3,0 a
S.E	3,1	7,9 b	2,6 b
Ano III			
Químico			
T	2,2 b	2,6 b	3,3 a
C	2,7 a	2,2 b	2,9 ab
C + G	2,4 ab	3,3 a	2,3 b
C + G + NPK	2,5 ab	2,2 b	2,3 b
C + G + NPK + MI	2,4 ab	2,1 b	2,1 b
Físico			
C.E	2,4	2,4	2,7
S.E	2,5	2,5	2,4

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico; M.M.M.Soja: Massa da matéria seca da soja; M.M.S.E.A.Pastagem: Massa da matéria seca na entrada dos animais na pastagem; M.M.S.S.A.Pastagem: Massa da matéria seca na saída dos animais da pastagem; ANO II: 2014/2015, ANO III: 2015/2016; DMS e V% Consultar no ANEXO – H.

7 CONCLUSÃO

O uso e manejo do solo acarretaram por diferentes alterações químicas no manejo com C + G + NPK + MI em relação à fertilidade do solo durante os três anos agrícolas. Nos manejos físicos não ocorreram alterações significativas na fertilidade do solo.

O manejo químico do solo com C + G + NPK surtiram efeitos positivos com relação aos teores de nutrientes no trifólio da cultura da soja quando a área não foi escarificada. Os manejos físicos não beneficiaram a nutrição das plantas de soja.

No ano agrícola 2013/2014 (Ano I) a área que não foi escarificada, apresentou o melhor desempenho na produtividade quando manejada com calcário.

No ano agrícola 2014/2015 (Ano II) a produtividade da cultura da soja foi maior quando o solo recebeu o manejo com C + G + NPK + MI, já quando foi realizado o manejo físico não houve diferença. Porém a produtividade foi 96,2% maior em relação ao primeiro ano agrícola.

No ano agrícola 2015/2016 (Ano III) não houve diferença significativa da produtividade da cultura da soja, no entanto, houve um incremento de 167,1 % na produtividade do primeiro ano agrícola e 36,1 % em relação ao segundo ano agrícola.

No ano agrícola 2013/2014 (Ano I) os manejos realizados não surtiram efeito para massa da matéria seca da cultura da soja e da pastagem *Uruchloa brizantha* cv. Marandu.

A massa da matéria seca da pastagem *Uruchloa brizantha* cv. Piatã no ano agrícola 2014/2015 (Ano II), foi maior quando a área foi manejada com calcário gesso e NPK.

A produção de massa da matéria seca da *Uruchloa brizantha* cv. Piatã no ano agrícola 2015/2016 (Ano III), foi maior quando o solo foi manejado com calcário e gesso.

Durante os três anos agrícolas ficou evidente as melhorias no ambiente de produção da soja e de forragem, pois a integração com os manejos químicos diminuiu os riscos do cultivo da soja, aumentando sua produtividade e proporcionando qualidade à pastagem aumentando sua oferta e em consequência a MO do solo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C.A.; LOPES, A.S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: In: NOVAIS, R.F. et al. (eds.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.645-736, 2007.
- ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 28, p. 519-531, 2004.
- ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A.; CAIRES, E.F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29. p. 923-934, 2005.
- ALVA, A.K.; GASCHO, G.J. Differential leaching of cations and sulfate in gypsum amended soils. **Communication Soil Science Plant Analyse**, New York, v. 22, p. 1195-1206, 1991.
- ALVES, B.J.R. et al. Dinâmica do carbono em solos sob pastagem. In: SANTOS, G.A. (eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.561-569.
- AMARAL, A.S. et al. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 28, p.359- 367, 2004.
- ANDRADE, J.G. **Perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2008. 93p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- ANGHIONI, I.; NICOLODI, M. Estratégias de calagem no sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS – FERTIBIO 2004, 26., Lages, 2004. **Anais...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.
- AZEVEDO, R.A.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L.R. Adsorção de boro em solos de várzea do Sul de Minas Gerais. **Pesq. Agropec. Bras.** v.36, p.957-964, 2001.
- BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil Till Res.**, v.53, p.215-230, 2000.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Conteúdo de nitrogênio total num solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, v.21, p.235-239, 1997.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Santos, G. A. et al. (eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo em ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.

BAYER, C. et al. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. (eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, 2011. v.7. p.55-118.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 23. p.687-694, 1999.

BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.39, p.677-683, 2004.

BAYER, C. et al. N stocks and the role of molecular recalcitrance and organomineral interaction in stabilizing soil organic matter in a subtropical Acrisol managed under no-tillage. **Geoderma**, v.133, p. 258-268, 2006.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas. **R. Bras. Ci. Solo**, v.21, n.1, p.105- 112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.24, p.599-607, 2000.

BEDIN, I. et al. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, p.639- 646, 2003.

BERNOUX, M. et al. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Lês Ullis, v.26, p.1-8, 2006.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico Afônico afetadas pelo manejo do solo. **Ciência rural**, v.30, n.1, 2000.

BERTOL, L. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas a do campo nativo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.28, p.155-163, 2004.

BERTOL, O.J.; FISCHER, I.I. Semeadura direta versus sistemas de preparo reduzido: efeito na cobertura do solo e no rendimento da cultura da soja. **Engenharia Agrícola**, v.17, p. 87-96, 1997.

BEUTLER, A.N. et al. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. **R. Bras. Ci. Solo**, v.29, p.843-849, 2005.

BLEVINS, R.L.; MURDOCK, L.W.; THOMAS, G.W. Effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn. **Agron. J.**, v.70, p.322-326, 1978.

BOLLIGER, A. et al. Taking stock of the Brazilian "Zero Till Revolution". **Adv. Agron.**, v.91, p.47-110, 2006.

BRAIDA, J.A. et al. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L. ; GATIBONI, L.C. (eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, 2011. v.7. p.221-277.

BRAIDA, J. A. **Matéria orgânica e resíduos vegetais na superfície do solo e suas relações com o comportamento mecânico do solo sob plantio direto**. 2004. 126 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

BRANDT, E.A. et al. Desempenho agrônômico de soja em função da sucessão de culturas em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.869-874, 2006.

BUZETTI, S.; MURAOKA, T.; SÁ, M. E. Doses de boro na soja, em diferentes condições de acidez do solo: I. produção de matéria seca e de grãos e nível crítico no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 157-161, 1990.

CAIRES, E.F. et al. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, v.28, p.57-64, 2008.

CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **R. Bras. de Ci. Solo**, v. 27, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; DA FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, v. 59, p. 213-220, 2000.

CAIRES, E. F. et al. 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. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 23, p. 315-327, 1999.

CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **R. Bras. de Ci. Solo** v. 28, p. 125-136, 2004.

CAIRES, E.F. et al. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. **Agron. J.**, v.97, p.791-798, 2005.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, p.161-169, 2000.

CAIRES, E.F. et al. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, p.275-286, 2003.

CAIRES, E.F. et al. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.22, p.27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição de cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, v.60, p.213-223, 2001.

CAIRES, E.F.; ROSOLEM, C.A. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. **Bragantia**, v.57, p.175-184, 1998.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. In: DELL, B.; ROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds.). Boron in soil and plants: Review. Symposium. Chiang Mai. **Plant Soil**, v.193, p.71-83, 1998.

CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotação de culturas e escarificação. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.1399-1407, 2008.

CAMARA, R.K.; KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. **Ci. Rural**, v.35, p.813-819, 2005.

CARVALHO, E.J. et al. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-amarelo câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.34, n.2, p.257-265, 1999.

CARVALHO, J.L.N. et al. Potencial do sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo.**, v.34, p.277-89, 2010.

CARVALHO, M.C.S.; RAIJ, B. V. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant Soil**, v.192, p.37-48, 1997.

CASSIOLATO, M. E. et al. Evaluation of oat extracts on the efficiency of lime in soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 43, p. 533-536, 2000.

CASTRO FILHO, C. et al. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. **Soil e Tillage Research**, Amsterdam, v.65, p.45-51, 2002.

CASTRO, C. **Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol em casa-de-vegetação**. 1999. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1999.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 317-373.

CASTRO, G.S.A., CALONEGO, J.C.; CRUSCIOL, C.A.C. Propriedades físicas do solo em sistemas de rotação de culturas conforme o uso de corretivos da acidez. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.46, n.12, p.1690-1698, 2011.

CASTRO, O.M. **Comportamento físico e químico de um Latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 174p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1995.

CAVALIERI, K.M.V. et al. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **R. Bras. Ci. Solo**, v.30, p.137-147, 2006.

CENTURION, J.F.; DEMATÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 9, p. 263-266, 1985.

CERETTA, C.A. et al. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. **Sci. Agric.**, v.59, p.549-554, 2002.

CHAN, K.Y. Consequences of changes in particulate organic carbon in vertisols under pasture and cropping. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, p.1376-1382, 1997.

CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; IGUE, K. Resposta do cafeeiro à calagem. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.19, p.573-582, 1984.

CHIEN, S.H.; MENON, R.G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **Fertilizer Research**, v.41, p.227-234, 1995.

CHIODEROLI, C. A. et al. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, p.37-43, 2012.

CHRISTENSEN, B.T. **Organic matter in soil structure, function and turnover**. Tjele: Research Centre Foulum, 2000. (DIAS Report. Plant production, 30).

CHUNG, H.; GROVE, J. H.; SIX, J. Indications for soil carbon saturation in temperate agroecosystem. **Soil Science Society of America Journal**, v. 72, p. 1132-1139 2008.

CIOTTA, M.N. et al. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1161-1164, 2003.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos, safra 2013/2014, quarto levantamento**. v. 1, n. 4, Janeiro, 2014.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos, safra 2014/2015, décimo levantamento**. v. 2, n. 10, Julho, 2015.

CONCEIÇÃO, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **R. Bras. Ci. Solo**, v.29, p.777-788, 2005.

CONCEIÇÃO, P.C.; DIECKOW, J; BAYER, C. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. **Soil Tillage Research**, v.129, p. 40–47, 2013.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.

CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D.S. Frações de fósforo acumuladas em Latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27. p.893-900, 2003.

COSTA, F. S. et al. Estoques de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

COSTA, F.S. et al. Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, p.587-589, 2004.

CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem e palhada para o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.100, p.10-14, 2007.

CRUZ, T.V. et al. Acúmulo de matéria seca e área foliar de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no Oeste da Bahia. **Magistra**, v.22, p.103-111, 2010.

DAL BÓ, M.A. et al. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana de açúcar. I. Movimentação de bases no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.10, p.195-198, 1986.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNADES, M.S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.328-352.

DELL, B.; HUANG, L. B. Physiological response of plants to low boron. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 1/2, p. 103-120, 1997.

DESCLAUX, D.; HUYNH, T.; ROUMET, P. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. **Crop Science**, Madison, v.40, n.3, p.716- 722, 2000.

DIECKOW, J. et al. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. **Plant Soil**, v.268, p.319-328, 2005.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. (eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, 1994. (Special publication, 35)

DRESCHER, M.S. et al. Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em latossolo vermelho sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.36, n.6, p.1836-1844, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v36n6/18.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2016.

EDWARDS, A. P.; BREMNER, J. M. Microaggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.18, p. 64-73, 1967.

EMBRAPA GADO DE CORTE. **Capim-xaraés**. 2007. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/produtoseservicos/xaraes.html>>. Acesso em: 18/05/2016.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306p.

EMBRAPA. **Correção e manutenção da fertilidade do solo**. Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional, 2005. 220p. (Sistemas de Produção/Embrapa Soja; n.9).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer Associates, 400 p., 2005.

FEBRAPDP. **Sistema Plantio Direto é o caminho para incrementar o desempenho da agricultura nacional**. 2017. Disponível em: <<http://www.ebrapdp.org.br/noticias/252/sistema-plantio-direto-E-o-caminho-para-incrementar-o-desempenho-da-agricultura-nacional>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

FERNANDES, M.R. **Alterações em propriedades de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase cerrado, decorrentes da mobilidade de uso e manejo**. 1982. 65p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, G. B. et al. Influência de algumas características do solo nos teores de boro disponível. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 91-101, 2001.

FERRERAS, L.A. et al. Parâmetros físicos del suelo em condiciones no perturbadas y bajo laboreo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.36, n.1, p.161-170, 2001.

FOLLETT, R. F. Soil Management concepts and carbon sequestration in cropland soils. **Soil and Tillage Research**, v.61, p.77-92, 2001.

FRANCHINI, J. C. et al. Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca. In: **Seca, soja em carência de água**. Londrina: Embrapa Soja, 2010.

FRANCHINI, J. C. et al. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 39 p. (Documentos / Embrapa Soja; n.314).

FRANCHINI, J. C. et al. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 23, p. 533-542, 1999.

FRANCHINI, J. C. et al. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 357-360, 2001.

FRANZLUEBBERS, A.J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil Tillage Res.**, v.66, p.95-106, 2002.

FUJISAKA, S. et al. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: Estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. **Agr. Ecosyst. Environ.**, v.69, p.17-26, 1998.

GALRÃO, E. Z. Effect of micronutrients and liming on the yield of soybeans grown in a lowland meadow soil. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 381-384, 1990.

GARCIA, R.A. **Rotação de culturas e propriedades físicas e matéria orgânica de um latossolo**. 2010. 146 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2010.

GARCIA, R.A., LI, Y.; ROSOLEM, C.A. Soil organic matter and physical attributes affected by crop rotation under no-till. **Soil Science Society of American Journal**, v.77, n.5, p.1724-1731, 2013.

GARCIA, R.A. et al. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **Eur. J. Agron.**, v.28, p.579-585, 2008.

GERHARDT, E.J. et al. Contribuição da análise multivariada na classificação de sítios em povoamentos de *Araucaria augustifolia* (Bert.) O. Ktze., baseada nos fatores físicos e morfológicos do solo e no conteúdo de nutrientes da serapilheira. **Ci. Rural**, v.11, p.41-57, 2001.

GHANATI, F.; MORITA, A.; YOKOTA, H.; Deposition of suberin in roots of soybean induced by excess boron. **Plant Science**, Shannon, v. 168, p. 397-405, 2005.

GIRARDELLO, V. C. **Qualidade física de um latossolo sob plantio direto submetido a escarificação de sítio específico e o rendimento da soja**. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

GOLDBERG, S. Competitive adsorption of molybdenum in the presence of phosphorus or sulfur on gibbsite. **Soil Science**, v.175, p.105-110, 2010.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil, Dordrecht**, v.193, p.35-48, 1997.

GONÇALVES, J.L.M. et al. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **R. Bras. de Ci. Solo**, v.9, p.107-111, 1985.

GONZALES-ERICO, E. et al. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.43, p.1155-1158, 1979.

- GREGO, C.R. **Sistemas de manejo de solo, de semeadura e época de dessecação da cobertura vegetal na cultura da soja**. 2002. 124p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- GUSTAFSON, G.M.; SALOMON, E. ; JONSSON, S. Barn balance calculations of Ca, Cu, K, Mg, Mn, N, P, S and Zn in a conventional and organic dairy farm in Sweden. **Agric. Ecosyst. Environ.**, v.119, p.160-170, 2006.
- HAN, X. et al. Zinc fractions and availability to soybeans in representative soils of Northeast China. **Journal of Soils and Sediments**, v.11, p.596-606, 2011.
- HARTMANN, T. et al. Leaf age-dependent differences in sulfur assimilation and allocation in poplar (*Populus tremula* x *P. alba*) leaves. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 1077-1088, 2000.
- HAWKESFORD, M. et al. Functions of macronutrients. In: Marschner, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. NewYork: Elsevier, 2012. cap.6, p.135-189.
- HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. Growth, yield componentes and seed composition of two soybean cultivars affected by manganese supply. **Australian Journal of Agricultural Research**, Camberra, v.31, p.471-476, 1980.
- HERNANDEZ, R. J.; SILVEIRA, R. I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia Agricola**, v. 55, n. 1, p. 79-85, 1998.
- HERSCHBACH, C.; RENNENBERG, H. Long-distance transport of ³⁵S-sulphur in 3-year-old beech trees (*Fagus sylvatica*). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 95, n. 3, p. 379-386, Nov. 1995.
- IBGE. **Canais: Cidades@**. 2010.
- IKEDA. **Manual Operacional**. 2016. Disponível em: <<http://www.ikeda-maq.com.br/arquivos/Manual%20Matabroto%20e%20Subsolador%20Tandem.pdf>> Acesso em: 11 set. 2016.
- JAGADAMMA, S.; LAL, R. Distribution of organic carbon in physical fractions of soils as affected by agricultural management. **Biol. Fert. Soils**, v.46, p.43-554, 2010.
- JAUREGUI, M.A.; REISENAUER, H. M. Dissolution of oxides of manganese and iron by root exudate components. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.46, p.314-317, 1982.
- JESUS, W.L.C. et al. Efeitos do Calcário e Gesso em Algumas Características Químicas de um Latossolo Amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007, Gramado-RS. **Anais...** Gramado: CBCS, 2007.

KLEIN, V.A.; CAMARA, R.K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. **R. Bras. Ci. Solo**, v.31, p.221-227, 2007.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Modos de adubação, absorção de nutrientes e rendimento de milho em diferentes preparos de solo. **Pesq. Agropec. Gaúcha**, v.2, p.79-86, 1996.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Eds.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.405-441.

KUTMAN, U.B. et al. Biofortification of durum wheat with Zinc through soil and foliar applications of nitrogen. **Cereal Chemistry**, v.87, p.1-9, 2010.

L'HERROUX, L. L.E. et al. Behaviour of metals following intensive pig slurry applications to a natural field treatment process in Brittany (France). **Environmental pollution**, Amsterdam, v. 97, n. 1-2, p.119-130, 1997.

LIMA, C.L.R. et al. Qualidade físico-hídrica e rendimento de soja (*Glycine max* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de um Argissolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v.36, p.1172-1178, 2006.

LÓPEZ-BUCIO, L. et al. Organic acids metabolism in plants: From adaptive physiology to transgenic 275 varieties for cultivation in extreme soils. **Plant Science**, v.160, p.1-13, 2000.

LOSS, A. et al. Carbon, nitrogen and natural abundance of $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ of light-fraction organic matter under no-tillage and crop-livestock integration systems. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.3, p.465-472, 2012.

LOSS, A. et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.46, p.1269-1276. 2011.

LOVATO, T. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 28, p. 175-187, 2004.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 215 p.

MALAVOLTA, E.; OLIVEIRA, S.A.; WADT, P.G.S. Foliar diagnosis: the status of the art. In: SIQUEIRA, J.O. (Eds.). **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS, p.205-242. 1999.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. p. 508-536.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. New York: Elsevier, 651p. 2012.

MARTHA JUNIOR, G. B. et al. Manejo da adubação nitrogenada em pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 155-215.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Deficiência e toxicidade visuais de nutrientes em soja. **Nucleus**, v.10, n.2, out. 2013.

MATOS, T.S. et al. Lixiviação de cálcio, magnésio e potássio em colunas de um latossolo vermelho distrófico argiloso de Rio Verde-GO em resposta a doses de óxido de magnésio combinadas com gesso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado-RS. **Anais...** Gramado: CBCS, 2007.

McCULLEY, et al. Nutrient uptake as a contributing explanation for deep rooting in arid and semi-arid ecosystems. **Oecologia**, v.141, p. 620-628, 2004.

MELLO, J.C.A. et al. Alterações nos atributos químicos de um Latossolo Distroférico decorrentes da granulometria e doses de calcário em sistemas plantio direto e convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, p.553-561, 2003.

MENDONÇA, V.Z et al. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras, milho em sucessão com soja em região de cerrados. **R. Bras. Ci. Solo.**, v.37, p.251-9, 2013.

MIELNICZUK, J. et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N. (eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.

MIRANDA, L.N.; VOLKWEISS, S.J. Relações entre a resposta da soja à adubação fosfatada e alguns parâmetros do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.5, p.58-63, 1981.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Evaluation of plant residues on the mobility os surfasse applied lime. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, v.45, p.251-256, 2002.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. **Neutralização da acidez do solo por resíduos vegetais**. Piracicaba, 2000. 8p. (informações Agronômicas, 92).

MOREIRA, S.G. et al. Formas químicas, disponibilidade de manganês e produtividade de soja sob semeadura direta. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v.30, p.121-136, 2006.

MOSCHLER, W.W. et al. Comparative lime effects on continuous no-tillage and conventionally tilled corn. **Agron. J.**, v.65, p.781-783, 1973.

- MURAIISHI, C.T. et al. Manejo de espécies vegetais de cobertura do solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.27, p.199-206, 2005.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.7, p.95-102, 1983.
- NASCENTE, A.S., LI, Y.C.; CRUSCIOL, C.A.C. Cover crops and no-till effects on physical fractions of soil organic matter. **Soil Tillage Research**, v.130, p.52-57, 2013.
- NODVIN, S.C.; DRISCOLL, C.T.; LIKENS, G.E. The effect of pH on sulfate adsorption by a forest soil. **Soil Science**, v.142, p.69-75, 1986.
- NOVAIS, R.F. A pesquisa em fertilidade do solo (no país) - como a vejo (e a sinto). In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. (eds.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.397-409.
- NÚNÊS, J. E. V.; SOBRINHO, N. M. B. A.; MAZUR, N; Sistemas de preparo de solo e acúmulo de metais pesados no solo e na cultura do pimentão (*Capiscum Annum L.*) **Ciencia Rural (Online)**, v. 36, n.1, p. 113-119, 2006.
- NUNES, M.R. et al. Efeito de semeadora com haste sulcadora para ação profunda em solo manejado com plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.38, p.627-638, 2014.
- NUNES, R.S. et al. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. **R. Bras. Ci. Solo**, v.35, p.1407-1419, 2011.
- OADES, J.M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. **Geoderma**, v.56, p.377-400, 1993.
- ÖBORN, I. et al. Critical aspects of potassium management in agricultural systems. **Soil Use Manage**, v.21, p.102-112, 2005.
- OENEMA, O.; KROS, H.; DE VRIES, W. Approaches and uncertainties in nutrient budgets: Implications for nutrient management and environmental policies. **Europ. J. Agron.**, v.20, p.:3-16, 2003.
- OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil Till. Res.**, v.38, p.47- 57, 1996.
- OLIVEIRA, N. W. et al. Boron extraction and vertical mobility in Paraná State Oxisol, Brazil. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.33, p.1259-1267, 2009.
- OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M. da. Metais pesados em solos de uma topolitossequência do triângulo mineiro. **R. Bras. Ci. Solo**, v.28, p.785-796, 2004.

OSÓRIO FILHO, B.D. et al. Deposição do enxofre atmosférico no solo pelas precipitações pluviais e respostas de culturas à adubação sulfatada em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.37, p.712-719, 2007.

PACHECO, L.P. et al. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.43, p.815-823, 2008.

PACHECO, L.P. et al. Sobressemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.27, p.455-463, 2009.

PADUA, T.R.P.; SILVA, C.A.; DIAS, B.O. Nutrição e crescimento do algodoeiro em Latossolo sob diferentes coberturas vegetais e manejo de calagem. **Ci. Agrotec.**, v.32, p.1481-1490, 2008.

PAUL, E.A.; MORRIS, S.J.; BOHM, S. The determination of soil C pool sizes and turnover rates: biophysical fractionation and tracers. In: LAL, R. et al. (Eds.). **Assessment methods for soil carbon**. Boca Raton: Lewis Publ., 2001. p.193-206.

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 Sci. Soc. Am. J.**, v.48, p.33-38, 1984.

PEAK, D.; FORD, R.G.; SPARKS, D.L. An in Situ ATR-FTIR Investigation of Sulfate Bonding Mechanisms on Goethite. **Journal of Colloid and Interface Science**, v.218, p.289 - 299, 1999.

PERES, J.G.; SOUZA, C. F.; LAVORENTI, N.A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana-de-açúcar na umidade e na perda de água do solo. **Eng. Agríc.**, v.30, p.875-886, 2010.

POSSAMAI, E. J. **Manejo solo em estabelecimentos de referência da agricultura familiar**. 2012. 95p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

PÖTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **R. Bras. de Ci. Solo**, v. 22, p. 675-684, 1998.

POZZA, A.A.A. et al. Adsorção e dessorção aniônicas individuais por gibbsita pedogenética. **Química Nova**, v.32, p. 99-105, 2009.

QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II - Efeito residual. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.6, p.113-118, 1982.

QUAGGIO, J.A. et al. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.28, n.3, p.375-383, 1993.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.

RAIJ, B. V. et al. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. V. et al. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em
RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 2008. 233p.

RAMPIM, L. et al. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **R. Bras. Ci. Solo**, v.35, p.1687-1698, 2011.

REICHERT, J.M. et al. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.44, p.310-319, 2009.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Manejo, qualidade do solo e sustentabilidade: condições físicas do solo agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-17. 2003.

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

RERKASEM, B. et al. Relationship of seed boron concentration to germination and growth of soybean (*Glycine max*). **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 48, n. 3, p. 217-223, 1997.

RERKASEM, B.; JAMJOD, S. Genotypic variation in plant response to low boron and implications for plant breeding. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 1/2, p. 169-180, 1997.

RESCK, D.V.S. et al. Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: SANTOS, G.A. (eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.359-417.

REZENDE, P.M. et al. Efeito da semeadura a lanço e da população de plantas no rendimento de grãos e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciências Agrotécnicas**, v.28, p. 499-504, 2004.

RHEINHEIMER, D.S. et al. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporação a partir de pastagem natural. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, p. 797-805, 2000.

RITCHEY, K.D. et al. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agron. J.**, v.72, p.40-44, 1980.

ROSA JÚNIOR, E.J. et al. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, p.37-44, 2006.

ROSA JUNIOR, E.J.; VITORINO, A.C.T.; VITORINO, P.F.P. Efeito da calagem, gessagem e adubação fosfatada sobre algumas características físicas de um Latossolo Roxo Distrófico de Dourados, MS. **Revista Científica**, Campo Grande, v.1, p.5-12, 1994.

ROSCOE, R.; BURMAM, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil Tillage Res.**, v.70, n.107-119, 2003.

ROSOLEM, C. A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.42, p.1473-1478, 2007.

ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J. Residual and annual potassic fertilization for soybeans. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.59, p.143-149, 2001.

ROSOLEM, C.A. et al. Potassium leaching as affected by soil texture and residual fertilization in tropical soils. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v.41, p.1934-1943, 2010.

ROSSI, C. Q. et al. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Rev. Ciênc. Agron.**, v.43, p.38-46, 2012.

ROSSI, C.Q. et al. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v.70, p.622-630, 2011.

SÁ, J.C.M. et al. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, p.1486-1499, 2001.

SALET, R.L. **Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto**. 1994. 111f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.

SALTALI, K. et al. Boron adsorption in soils with different characteristics. **Asian Journal of Chemistry**, v.17, p.2487-2494, 2005.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **R. Bras. de Ci. Solo**, v. 19, p. 313-319, 1995.

SALTON, J. C. et al. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas integração lavoura-pecuária. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.46, p.1349-1356, 2011.

SALVO, L.; HERNÁNDEZ, J.; ERNST, O. Distribution of soil organic carbon in different size fractions, under pasture and crop rotations with conventional tillage and no-till systems. **Soil e Tillage Research**, v. 109, p.116–122, 2010.

SANTOS, F.C. et al. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p. 2015-2025, 2008.

SANTOS, H.C. et al. Cu e Zn na cultura do sorgo cultivado em três classes de solos. I. Crescimento vegetativo e produção. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.125-130, 2009.

SANTOS, H.P. et al. Fertilidade, teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Agron.**, v.6, p.474-82, 2011.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N. Alterações nas propriedades químicas dos solos em áreas intensivamente adubadas com dejetos líquidos de suínos IN: FERTIBIO 2004, Lages –SC, **Anais...**, Lages, 2004.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; NESI, C.N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **R. Bras. Ci. Solo**, v.31,p.123-131, 2007.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.24, p.427-436, 2000.

SFREDO, G.J. et al. Níveis críticos de enxofre no solo para a soja, no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UNESP, 2003. 1 CD-ROM.

SFREDO, G.J.; OLIVEIRA, M.C.N. de. **Soja**: molibdênio e cobalto. Londrina: Embrapa Soja, 2010.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil**: calagem, adubação e nutrição mineral. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 148p. (Embrapa Soja. Documentos, 305).

SICZEK, A.; LIPIEC, J. Soybean nodulation and nitrogen fixation in response to soil compaction and surface straw mulching. **Soil and Tillage Research**, v.114, p.50-56, 2011.

SILVA, F. R.; FERREYRA, H. F. Avaliação de extratores de boro em solos do estado do Ceará. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 22, n. 3, p. 471-478, 1998.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de planta na formação e estabilização de agregados do solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.21, p.113-117, 1997.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa, 1997. p.467-524.

SILVA, P.F.J.; SPOSITO, E.S. Pequenas cidades da região de presidente prudente-sp: produção do espaço e redefinições regionais. **Geografia em Atos**, n. 7, v.2, 2007.

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.37, p.855-860, 2002.

SILVA, S. et al. The microarthropod fauna associated with a deep rooted legume, *Prosopis glandulosa*, in the Chihuahuan desert. **Biol Fertil Soils**, v.7, p. 330- 335, 1989.

SILVEIRA, M.C.T. et al. Morphogenetic and structural comparative characterization of tropical forage grass cultivars under free growth. **Scientia Agricola**, v.67, p.136-142, 2010.

SIMONSSON, M. et al. Potassium release and fixation as a function of fertilizer application rate and soil parent material. **Geoderma**, v.140, p.188-198, 2007.

SIX, J. et al. Soil structure and soil organic matter: I. Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.64, p.681-689, 2000.

SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: Mechanisms and controls. **Geoderma**, v.74, p.65-105, 1996.

SOLOMON, D. et al. Sulphur speciation and biogeochemical cycling in long-term arable cropping of subtropical soils: evidence from wet-chemical reduction and SK-edge XANES spectroscopy. **European Journal of Soil Science**, v.56, p.621-634, 2005.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.675-688, 2008.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.129-144.

SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F. (eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Bras. Ci. Solo, 2007. p.205-274.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado sob diferentes usos e manejos. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27. p.133-139, 2003.

SPERA, S.T. et al. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. **Acta Sci. Agron.**, v.32, p.37-44, 2010.

SOUZA, D.M.G.; RITCHEY, K.D. Uso do gesso no solo de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1986. **Anais...** Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.119-144.

STEWART, C.E. et al. Soil carbon saturation: Implications for measurable carbon pool dynamics in long-term incubations. **Soil Biol. Biochem.**, v.41, p.357-366, 2009.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A. Deficiência de manganês em soja induzida por excesso de calcário. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.27, n.2, p.247-250, 1992.

TEIXEIRA R. I. et al. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico. Cobre, Manganês, Zinco e Ferro em profundidades em argissolo vermelho-amarelo, sob diferentes sistemas de preparo de solo. **Bragantia**, v. 63, n. 1, p. 119-126, 2003.

TIRLONI, C. et al. Physical properties and particle-size fractions of soil organic matter in crop-livestock integration. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.36, p. 1299-1310, 2012.

TISDALL, J.M.; OADES, L.M. Organic matter and waterstable aggregates in soil. **Soil Sci. J.**, v.33, p.141-163, 1982.

USDA-NRCS. **Soil Quality Concepts**. 2014. Disponível em: <<http://soils.usda.gov/sqi/>>. Acesso em: 19 set. 2014.

VALLADARES, G.S. et al. Zinco total e disponível em amostras de perfis de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.68, p.1105-1114, 2009.

Van LAAR, A. Biomass parameters in studies of the effect of site and silviculture on production. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 17., Kyoto, 1981. **Proceedings...** Kyoto, 1981. p.120-124.

VEIGA, M. et al. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. **Soil e Tillage Research**, Amsterdam, v. 92, p. 104-113, 2006.

VELASQUEZ, P.A.T. et al. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade in vitro de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.6, p.1206-1213, 2010.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Rev Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.33, n.4, jul/ago. 2009.

VIEIRA, F.C.B. et al. Carbon management index based on physical fractionation methods of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. **Soil e Tillage Research**, v.96, p.195-204, 2007.

VITTI, C.G. et al. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: GAPE, 2008. 104p.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. Aspectos importantes no manejo da cana-de-açúcar. Piracicaba: FERTIZA/CEA, 1998. 3p. Folder Técnico.

WENDLING, B. et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.40, p.487-494, 2005.

WERLE, R.; GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.2297-2305, 2008.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ci. Rural**, v.37, p.110-117, 2007.

ZECH, W. et al. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v.79, p.117-161, 1997.

ANEXOS

ANEXO A – Atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (ANO II)

Manejo	pH (CaCl ₂)	MO	P	S-SO ₄ ²⁻	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V
		(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)			(mmol _c dm ⁻³)		(%)		
0-10 cm										
DMS 1	0,4	5	17	3	7	1,3	23	18	35	23
DMS 2	0,1	2	3	3	3	0,5	16	11	24	10
C.V _{parcela} (%)	2,1	12	17	40	18	17	59	53	35	14
C.V _{subparcela} (%)	4,3	16	54	31	23	29	54	54	32	20
C.V _{faixa} (%)	3,0	14	36	44	18	34	30	34	20	12
10-20 cm										
DMS 1	0,5	3	16	4	6	0,5	11	7	14	23
DMS 2	0,3	0,3	2	3	5	0,3	7	8	10	17
C.V _{parcela} (%)	5,6	2	15	53	25	14	55	64	20	31
C.V _{subparcela} (%)	5,8	14	77	42	18	14	54	38	18	26
C.V _{faixa} (%)	3,9	17	52	46	14	17	36	29	15	16
20-40 cm										
DMS 1	0,3	1	5	8	7	0,7	5	3	4	19
DMS 2	0,1	0,4	3	2	3	0,4	1	3	3	8
C.V _{parcela} (%)	3,5	4	56	22	15	32	22	36	7	21
C.V _{subparcela} (%)	4,5	6	57	65	20	35	45	26	7	30
C.V _{faixa} (%)	5,9	12	71	64	22	42	49	32	9	31
40-60 cm										
DMS 1	0,5	2	6	19	10	0,6	3	3	8	18
DMS 2	0,1	1	2	5	6	0,4	2	1	4	10
C.V _{parcela} (%)	3,7	16	145	36	26	99	30	32	11	33
C.V _{subparcela} (%)	7,0	16	240	94	26	86	37	47	14	38
C.V _{faixa} (%)	10,4	24	151	53	23	91	52	45	18	41
60-80 cm										
DMS 1	0,3	1	5,7	20	9	0,5	4	2	9	14
DMS 2	0,0	0	3,7	18	4	0,4	2	1	5	6
C.V _{parcela} (%)	2,0	7	515	78	15	108	29	33	15	20
C.V _{subparcela} (%)	5,5	11	505	55	22	93	41	40	16	28
C.V _{faixa} (%)	5,7	13	498	55	17	81	45	49	15	32

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

ANEXO B – Micronutrientes do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (ANO II)

Manejo	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(mg dm ⁻³)				
0-10					
DMS 1	0,2	0,3	11	1,0	0,5
DMS 2	0,1	0,5	5	0,8	0,4
C.V _{parcela} (%)	49,5	19,4	25	29,9	48,5
C.V _{subparcela} (%)	66,2	7,2	33	25,3	38,2
C.V _{faixa} (%)	64,4	6,4	33	29,2	40,6
10-20					
DMS 1	0,1	0,3	10	0,9	0,3
DMS 2	0,02	0,4	7	1,0	0,2
C.V _{parcela} (%)	18,4	16,5	31	45,1	64,6
C.V _{subparcela} (%)	62,7	7,8	29	26,2	60,8
C.V _{faixa} (%)	30,4	5,2	33	30,2	58,2
20-40					
DMS 1	0,2	0,2	8	0,4	0,08
DMS 2	0,03	0,2	5	0,3	0,13
C.V _{parcela} (%)	30,5	9,6	29	29,1	56,6
C.V _{subparcela} (%)	99,0	6,8	31	26,4	23,1
C.V _{faixa} (%)	45,2	7,7	29	35,1	33,5
40-60					
DMS 1	0,1	0,4	8	0,4	0,1
DMS 2	0,03	0,2	4	0,2	0,1
C.V _{parcela} (%)	39,4	18,7	25	33,1	43,1
C.V _{subparcela} (%)	75,5	20,9	31	44,8	45,8
C.V _{faixa} (%)	64,9	13,6	30	41,8	40,3
60-80					
DMS 1	0,1	0,2	5	0,4	0,1
DMS 2	0,02	0,1	5	0,3	0,04
C.V _{parcela} (%)	27,2	9,2	36	31,7	32,7
C.V _{subparcela} (%)	46,8	8,2	24	25,4	42,9
C.V _{faixa} (%)	41,7	8,0	29	24,5	50,3

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

ANEXO C – Atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (ANO III)

Manejo	pH (CaCl ₂)	MO	P	S-SO ₄ ²⁻	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V
		(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)			(mmol _c dm ⁻³)		(%)		
0-10 cm										
DMS 1	0,5	3	51	1	6	1	7	5	10	14
DMS 2	0,3	4	25	1	3	1	4	4	8	6
C.V_{parcela} (%)	4,7	31	75	20	17	94	23	45	17	10
C.V_{subparcela} (%)	5,9	16	95	17	19	73	27	35	15	15
C.V_{faixa} (%)	5,5	19	108	14	16	75	36	40	19	14
10-20 cm										
DMS 1	0,6	2	33	1	7	1	5	3	5	16
DMS 2	0,1	2	17	0,5	2	0,5	3	2	6	4
C.V_{parcela} (%)	1,5	18	81	13	10	55	24	26	16	8
C.V_{subparcela} (%)	6,7	11	98	17	20	55	25	29	9	21
C.V_{faixa} (%)	5,0	18	108	23	16	56	29	24	11	16
20-40 cm										
DMS 1	0,6	2	38	2	7	1	3	3	4	16
DMS 2	0,3	0,1	26	1	2	0,3	3	1	3	10
C.V_{parcela} (%)	5,5	2	298	29	8	38	43	20	8	27
C.V_{subparcela} (%)	8,2	18	278	26	19	71	26	34	7	27
C.V_{faixa} (%)	7,5	15	263	22	18	71	25	20	8	22
40-60 cm										
DMS 1	0,5	1	1	5	8	1	5	3	4	18
DMS 2	0,4	1	0,3	3	4	0,3	3	2	4	11
C.V_{parcela} (%)	8,6	17	37	57	15	28	40	44	11	32
C.V_{subparcela} (%)	7,8	10	95	56	20	40	37	46	7	33
C.V_{faixa} (%)	6,3	8	54	66	16	35	31	35	10	26
60-80 cm										
DMS 1	0,3	1	1	9	5	0,4	2	1	5	8
DMS 2	0,2	1	0,5	7	2	0,1	1	1	1	4
C.V_{parcela} (%)	4,5	17	264	59	8	28	21	47	3	18
C.V_{subparcela} (%)	4,4	10	232	48	13	49	26	35	9	26
C.V_{faixa} (%)	3,0	12	257	48	10	30	47	25	10	30

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

ANEXO D - Micronutrientes do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em razão da forma de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2015/2016 (ANO III)

Manejo	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0-10					
DMS 1	0,2	0,4	15	1,2	1,0
DMS 2	0,1	0,4	8	0,7	0,6
C.V _{parcela} (%)	57,9	30,5	32	37,9	70,4
C.V _{subparcela} (%)	41,3	17,8	37	35,4	75,6
C.V _{faixa} (%)	41,3	22,6	32	27,0	79,3
10-20					
DMS 1	0,2	0,6	9	1,3	0,30
DMS 2	0,05	0,6	6	1,0	0,31
C.V _{parcela} (%)	29,0	28,9	23	55	74,6
C.V _{subparcela} (%)	54,9	18,1	22	48	45,2
C.V _{faixa} (%)	35,5	12,3	21	45	75,9
20-40					
DMS 1	0,1	0,4	8	0,5	0,1
DMS 2	0,05	0,3	2	0,1	0,04
C.V _{parcela} (%)	35,2	15,3	7	15,0	24,0
C.V _{subparcela} (%)	44,2	13,1	19	43,3	37,4
C.V _{faixa} (%)	44,7	16,5	24	28,7	30,6
40-60					
DMS 1	0,2	0,3	6	0,3	0,1
DMS 2	0,1	0,2	3	0,2	0,03
C.V _{parcela} (%)	38,6	19,2	14	64,2	25,3
C.V _{subparcela} (%)	53,7	20,8	20	44,0	30,1
C.V _{faixa} (%)	65,4	30,0	16	56,8	30,1
60-80					
DMS 1	0,1	0,2	6	0,1	0,14
DMS 2	0,1	0,2	2	0,1	0,05
C.V _{parcela} (%)	27,5	21,8	11	35,3	34,2
C.V _{subparcela} (%)	35,9	14,1	22	22,1	55,3
C.V _{faixa} (%)	28,1	13,7	19	33,8	40,7

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

ANEXO E – Teor de macronutrientes do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, nos anos agrícolas 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano 2) e 2015/2016 (Ano III)

Manejo	Macronutrientes					
	N total	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----						
ANO I						
DMS 1	6,5	0,5	10,6	2,0	1,2	0,6
DMS 2	3,7	0,3	4,4	0,7	1,7	0,4
C.V_{parcela} (%)	9,4	10,8	23,5	8,9	30,1	22,2
C.V_{subparcela} (%)	10,3	10,3	35,8	14,9	14,1	21,6
C.V_{faixa} (%)	9,0	8,9	35,0	14,7	14,0	14,3
ANO II						
DMS 1	6,1	0,4	4,0	4,6	2,2	0,5
DMS 2	3,0	0,1	5,0	3,4	2,4	0,9
C.V_{parcela} (%)	10,5	8,5	28,5	19,4	31,0	7,7
C.V_{subparcela} (%)	13,4	13,9	14,5	16,6	17,6	30,2
C.V_{faixa} (%)	12,0	15,2	17,1	16,5	16,7	17,9
ANO III						
DMS 1	3,8	1,0	6,4	1,6	0,8	0,3
DMS 2	1,6	0,8	5,4	0,2	0,3	0,1
C.V_{parcela} (%)	3,4	20,9	21,4	2,9	8,4	6,2
C.V_{subparcela} (%)	5,2	16,9	15,7	12,1	12,2	11,2
C.V_{faixa} (%)	8,3	18,9	18,7	10,9	13,6	10,2

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

ANEXO F – Teor de micronutrientes do trifólio da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)

Manejo	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----				
ANO I					
DMS 1	6,6	11,1	81	19,0	42,3
DMS 2	2,1	15,7	72	19,3	45,0
C.V_{parcela} (%)	16,7	28,4	62	21,8	71,8
C.V_{subparcela} (%)	32,6	12,6	44	13,5	42,6
C.V_{faixa} (%)	31,3	26,3	43	10,8	55,6
ANO II					
DMS 1	19,3	3,5	39	20,8	14,5
DMS 2	12,5	1,2	14	6,3	11,8
C.V_{parcela} (%)	24,4	10,6	14	8,2	41,1
C.V_{subparcela} (%)	23,6	19,3	25	17,1	31,7
C.V_{faixa} (%)	30,3	17,9	34	16,9	40,5
ANO III					
DMS 1	4,2	14,8	60	27,4	95,0
DMS 2	2,2	10,9	10	11,3	63,0
C.V_{parcela} (%)	6,0	75,9	7	18,8	99,5
C.V_{subparcela} (%)	7,2	65,1	27	28,9	94,7
C.V_{faixa} (%)	5,2	65,2	33	17,6	97,5

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

ANEXO G - Componentes de produção e de produtividade da cultura da soja, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2013/2014 (Ano I), 2014/2015 (Ano II) e 2015/2016 (Ano III)

Manejo	Estande Inicial ha ⁻¹	Estande Final ha ⁻¹	Nº de Vagens 10 plantas	Grãos Vagem ⁻¹ 10 plantas	Massa 100 Grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
ANO I						
DMS 1	74110	75054	190	348	2	482
DMS 2	47610	35832	98	136	1	319
C.V_{parcela} (%)	16	14	24	23	9	20
C.V_{subparcela} (%)	15	19	30	37	9	20
C.V_{faixa} (%)	15	20	35	36	10	27
ANO II						
DMS 1	41832	47721	107	246	1	570
DMS 2	43388	43944	54	136	0,3	714
C.V_{parcela} (%)	16	16	21	23	2	28
C.V_{subparcela} (%)	10	11	26	26	5	14
C.V_{faixa} (%)	12	14	18	19	4	21
ANO III						
DMS 1	20349	72894	212	417	2	318
DMS 2	3680	32343	176	464	1	1531
C.V_{parcela} (%)	2	11	32	43	8	9
C.V_{subparcela} (%)	7	16	24	25	6	28
C.V_{faixa} (%)	7	10	20	26	11	13

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.

ANEXO H – Massa da matéria seca da cultura da soja e da pastagem *Urochloa brizantha* cv. Piatã, em razão das formas de manejo químico e físico em Presidente Bernardes SP, no ano agrícola 2014/2015 (Ano II e 2015/2016 (Ano III))

Manejo	M.M.S. Soja (Mg ha ⁻¹)	M.M.S.E.A. Pastagem (Mg ha ⁻¹)	M.M.S.S.A. Pastagem (Mg ha ⁻¹)
ANO II			
DMS 1	0,3	0,6	0,9
DMS 2	0,2	0,7	0,7
C.V_{parcela} (%)	9,3	28,3	27,8
C.V_{subparcela} (%)	8,6	14,5	22,0
C.V_{faixa} (%)	13,5	21,3	25,4
ANO III			
DMS 1	6,6	2,3	0,8
DMS 2	5,8	0,3	0,2
C.V_{parcela} (%)	21,1	3,7	303,2
C.V_{subparcela} (%)	15,1	17,0	17,7
C.V_{faixa} (%)	18,9	7,3	30,5

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; T: Testemunha, C: Calcário. C + G: Calcário + Gesso, C + G + NPK: Calcário + Gesso + NPK, C + G + NPK + MI: Calcário + Gesso + NPK + Micronutrientes; C.E: Com Escarificação, S.E: Sem Escarificação; DMS 1: Manejo Químico, DMS 2: Manejo Físico.; M.M.M.Soja: Massa da matéria seca da soja; M.M.S.E.A.Pastagem: Massa da matéria seca na entrada dos animais na pastagem; M.M.S.S.A.Pastagem: Massa da matéria seca na saída dos animais da pastagem.