

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**APLICAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA E CALCÁRIO NO SOLO E
DESENVOLVIMENTO DO PRIMEIRO CICLO DA GRAMA BERMUDA**

MAURICIO ROBERTO DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

JULHO – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**APLICAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA E CALCÁRIO NO SOLO E
DESENVOLVIMENTO DO PRIMEIRO CICLO DA GRAMA BERMUDA**

MAURICIO ROBERTO DE OLIVEIRA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

JULHO – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Oliveira, Mauricio Roberto de, 1988-
O48a Aplicação de escória de aciaria e calcário no solo e desenvolvimento do primeiro ciclo da grama bermuda / Mauricio Roberto de Oliveira. - Botucatu : [s.n.], 2012 xi, 63 f. : il., gráfs., tabs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012

Orientador: Dirceu Maximino Fernandes
Co-orientador: Roberto Lyra Villas Bôas
Inclui bibliografia

1. Calcário. 2. Capim das bermudas. 3. Escória de aciaria. 4. Solos - Manejo. I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Villas Bôas, Roberto Lyra. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: APLICAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA E CALCÁRIO NO SOLO E
DESENVOLVIMENTO DO PRIMEIRO CICLO DA GRAMA BERMUDA

ALUNO: MAURICIO ROBERTO DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BOAS

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. CLARICE BACKES



PROF. DR. HÉLIO GRSSI FILHO

Data da Realização: 30 de julho de 2012.

Aos meus pais,
Maria Aparecida Nunes de Oliveira,
Antonio Roberto de Oliveira, que sempre me apoiaram
e me auxiliaram em todos os momentos dessa trajetória
e que abdicaram muitas vezes dos seus sonhos
para realizarem os meus, além do amor,
carinho e compreensão.

DEDICO

As minhas irmãs
Gabriela Cristina de Oliveira e
Daniela Cristina de Oliveira Romão, ao meu
cunhado, amigo e irmão, **Odirlei Marcos Romão,**
que acreditaram e me apoiaram em todas as
decisões que tomei para conseguir
realizar mais esse sonho.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a **DEUS** por mais uma etapa conquistada em minha vida, foi Ele quem me deu forças e me ajudou a acreditar que eu era capaz;

Aos **MEUS PAIS** pela boa educação que me deram, foi o essencial para que surgissem novas amizades e oportunidades que me encaminharam até este momento, muito especial, de minha vida;

As minhas irmãs **Gabriela Cristina de Oliveira** e **Daniela Cristina de Oliveira Romão** pelo incentivo e ajuda que me deram quando precisei;

Ao **Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes** e **Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas** pela paciência e dedicação que tiveram para me orientar durante esse período muito importante de minha vida, ensinando eu andar sempre para frente, dando um passo de cada vez;

Aos meus amigos, em especial, **Odirlei Marcos Romão** e **Thiago Gomes Pinho** por estarem sempre ao meu lado, apoiando e incentivando a nunca desistir;

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico** pelos meses de bolsas concedidos;

Aos membros da banca **Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes**, **Profa. Dra. Clarice Backes** e ao **Prof. Dr. Hélio Grassi Filho**, pelas valiosas sugestões e contribuições nesse trabalho;

A **todos** os professores e funcionários do Departamento de Recursos Naturais / Área de Ciência do Solo, pessoas muito importante, que me apoiaram e me ajudaram nessa caminhada até aqui;

A empresa **Itogross** que doou a grama bermuda utilizada no experimento e ao engenheiro agrônomo da empresa **Eder Carlos Pires** que acompanhou todo este processo;

A equipe da fazenda de ensino, pesquisa e extensão (**FEPE**), pelo apoio com máquinas e mão de obra concedida durante o período de condução do experimento;

Aos meus amigos pós graduandos da FCA, que me apoiaram e ajudaram tantas vezes na condução deste experimento: **Aline da Silva Sandim, Clarice Backes, Alessandro José Marques, Fábio Yomei Tanamati, Diógenes Martins Bardivesso, Rogério Barbosa Marques, Luiz Vitor Crepaldi Sanches, Thomas Fiore de Andrade, Caroline de Moura D'Andréa Mateus, Jean Silva Faria e Leandro José Grava de Godoy**;

A **Faculdade Integrada de Ourinhos (FIO)** universidade onde fiz minha graduação, aos professores da FIO: **Claudinei Paulo de Lima, Júlio César Guerreiro, Renato Barros, Sérgio Tambara, Alexandre Médici, Pedro José Ferreira Filho** e aos meus companheiros de turma **Thiago Gomes Pinho, Clovis Willian Orihashi dos Santos e Sérgio Luiz Bam Ferreira** por participarem da minha formação e me incentivar a continuar estudando;

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para execução desse trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	01
SUMMARY	03
1. INTRODUÇÃO	05
2. REVISÃO DE LITERATURA	07
2.1 Importância dos gramados	07
2.2 Sistema de produção de gramas no Brasil	09
2.3 Corretivos de acidez e calagem	10
2.4 Escória de aciaria e efeito de Si em gramados	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Localização e Caracterização da Área Experimental	15
3.2 Caracterização do solo.....	15
3.3 Caracterização da espécie utilizada	17
3.4 Delineamento experimental e tratamentos	18
3.5 Instalação e condução do experimento	19
3.6 Características avaliadas do solo	22
3.6.1 Características químicas do solo	22
3.6.1.1 Teor de Si no solo.....	23
3.7 Características avaliadas na planta	23
3.7.1 Taxa de cobertura do solo pela grama	23
3.7.2 Massa de matéria seca de folha + caule, rizoma + estolão e raiz	24
3.7.3 Concentração de nutrientes na lâmina foliar	24
3.7.4 Concentração de Si na lâmina foliar	25
3.7.5 Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Si, B, Cu, Fe, Mn e Zn na lamina foliar	25
3.8 Análise estatística	25
3.8.1 Correlação entre extratores de Si ácido acético e cloreto de cálcio	25
3.8.2 Correlação Si extraído do solo e Si acumulado na planta	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27

4.1 Parâmetros analisados no solo	27
4.1.1 Análise Básica do solo.....	27
4.1.2 Teor Si no solo extraído com ácido acético e cloreto de cálcio	34
4.2 Parâmetros analisados na planta.....	38
4.2.1 Taxa de cobertura	38
4.2.2 Massa de matéria seca de folha + caule, rizoma + estolão, raiz e Total.....	42
4.2.3 Concentração de nutrientes na lâmina foliar	45
4.2.4 Teor de silício na planta	48
4.2.5 Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Si, B, Cu, Fe, Mn e Zn na lamina foliar	50
4.3 Correlação Si extraído do solo e acúmulo de Si na planta	55
5. CONCLUSÕES.....	58
6. REFERÊNCIAS	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Característica química do Latossolo Vermelho Distrófico.	16
Tabela 2. Composição dos corretivos: calcário dolomítico (CD) e escória de aciaria (EA).....	18
Tabela 3. Análise de textura do solo nas profundidades: 0-10 e 10-20 cm. Botucatu, SP. 2011. .	21
Tabela 4. Resumo da análise de variância e característica química do Latossolo Vermelho Distrófico, textura média no perfil de 0-10 cm	28
Tabela 5. Resumo da análise de variância e característica química do Latossolo Vermelho Distrófico, textura média no perfil de 10-20 cm.	31
Tabela 6. Teor de Si no solo extraído por cloreto de cálcio.....	34
Tabela 7. Teor de Si no solo extraído por ácido acético.	36
Tabela 8. Taxa de cobertura do solo em função da aplicação de escória de aciaria e diferentes saturações de bases aos 71 DAT e aos 114 DAT.....	39
Tabela 9. Taxa de cobertura do solo em função da aplicação de escória de aciaria e diferentes saturações de bases aos 161 DAT e aos 208 DAT.....	41
Tabela 10. Massa seca de folha + caule, rizoma + estolão, raiz e total aos 281 dat	43
Tabela 11. Concentração de nutrientes na lâmina foliar em função da aplicação de calcário e escória de aciaria.	46
Tabela 12. Concentração de Si na lâmina foliar em função da aplicação de calcário e escória de aciaria.	50
Tabela 13. Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Si, B, Cu, Fe, Mn e Zn na lâmina foliar em função da aplicação de calcário e escória de aciaria.	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação (mm) na fazenda experimental Lageado, durante o período de julho de 2011 a abril de 2012.	16
Figura 2. Temperatura máxima, mínima e média (°C) do ar na fazenda experimental Lageado, durante o período de julho 2011 a abril de 2012.	17
Figura 3. Detalhe da grama bermuda (Tifway 419) utilizada no experimento.	18
Figura 4. Marcações das parcelas utilizando estacas de madeira fixada em cada extremidade da parcela.	19
Figura 5. Limpeza da área experimental com roçadeira: (A) e nivelamento utilizando máquina de esteira: (B).	19
Figura 6. Aplicação dos corretivos: (A) e área após a incorporação dos corretivos: (B).	20
Figura 7. Adubação de plantio utilizando o equivalente 320 kg de MAP no sulco: (A) e plantio das mudas de grama: (B).	20
Figura 8. Curva de retenção de água no solo nas profundidades 0-10 (A) e 10-20 (B). Botucatu, SP. 2012	21
Figura 9. Tensiômetros de mercúrio instalados na área experimental	22
Figura 10. Coletando amostras de solo utilizando um trado tipo rosca.	22
Figura 11. Análise da imagem digital para determinar a taxa de cobertura do solo pela grama (adaptado de GODOY, 2005).	24
Figura 12. Detalhe do trado amostrador: (A) e (B) e detalhe da amostra coletada (plug): (C).	24
Figura 13. Ajustes matemáticos do pH (A), P (B), Al (C), H+Al (D), Ca (E), Mg (F), SB (G), CTC (H), V% (I) em função das saturações de base no solo por calcário e escória de aciaria na camada de 0-10cm.	29
Figura 14. Ajustes matemáticos do pH (A), P (B), Al (C), H+Al (D), K (E), Ca (F), Mg (G), SB (H) e V% (I) em função das saturações de base no solo por calcário e escória de aciaria na camada de 10-20 cm.	32
Figura 15. Teor de silício determinado pelo método extrator cloreto de cálcio: (A) camada de solo 0 – 10 cm e (B) camada de solo 10 – 20 cm.	35
Figura 16. Teor de silício determinado pelo método extrator ácido acético: (A) camada de solo 0 – 10 cm e (B) camada de solo 10 – 20 cm	37

Figura 17. Correlação entre silício determinado pelos métodos ácido acético e cloreto de cálcio, (A) camada de solo 0 – 10 cm e (B) camada de solo 10 – 20 cm.	37
Figura 18. Taxa de cobertura do solo pela grama bermuda em função de doses de corretivos aos 114 dias após o transplante.....	40
Figura 19. Taxa de cobertura do solo pela grama bermuda em função de doses de corretivos e dias após o transplante: (A) 161 dias após o transplante e (B) 208 dias após o transplante.	41
Figura 20. Ajustes matemáticos da massa seca de folha + caule, rizoma + estolão, raiz e total aos 281 dias em função das saturações de base no solo por calcário e escória de aciaria na camada de 10-20 cm.....	44
Figura 21. Ajustes matemáticos das concentrações de N (A), Ca (B), B (C), e Mn (D) em função das saturações de base no solo por calcário e escória de aciaria.....	47
Figura 22. Ajustes matemático da concentração de Si foliar em função das saturações de base no solo por calcário e escória de aciaria.....	50
Figura 23. Ajustes matemáticos dos acúmulos de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E), S (F), Si (G), B (H), Cu (I), Fe (J) e Zn (K) em função das saturações de base no solo por calcário e escória de aciaria.	54
Tabela 24. Correlação entre silício determinado no solo e silício acumulado pela planta (A) extrator ácido acético camada de solo 0 – 10 cm; (B) extrator ácido acético camada de solo 10 – 20 cm; (C) extrator cloreto de cálcio camada de solo 0 -10 cm e (D) extrator cloreto de cálcio camada de solo 10 – 20 cm.	56

APLICAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA E CALCÁRIO NO SOLO E DESENVOLVIMENTO DO PRIMEIRO CICLO DA GRAMA BERMUDA. Botucatu, 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Autor: Mauricio Roberto de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas

RESUMO

O mercado brasileiro de grama cultivada tem expandido em decorrência a maior demanda em áreas paisagísticas e esportivas. Para maximizar a produção de grama, de maneira econômica, os tapetes devem ser produzidos com qualidade e em um tempo reduzido, sendo assim, a preparação do solo tem grande influência na produtividade dos gramados. Diante disso, tem se estudado diferentes corretivos da acidez do solo, e o mais novo é um subproduto da fabricação do aço, conhecido como escória de aciaria. Uma das vantagens de sua utilização é a possibilidade da correção do solo em maior profundidade, visto que a solubilidade de seu principal componente, o silicato de cálcio, é 6.78 vezes maior que a do carbonato de cálcio, o componente fundamental do calcário, que ainda hoje é o corretivo mais utilizado. Além disso, a grama é uma planta acumuladora de silício, e, portanto, poderá responder com maior facilidade ao silicato de cálcio. Desta forma, o objetivo foi avaliar o efeito da aplicação de escória de aciaria, comparado ao calcário, na implantação de um sistema de produção de grama bermuda. O experimento foi instalado no município de Botucatu, em uma área experimental da Unesp - fazenda Lageado, cujo solo é classificado como latossolo vermelho distrófico com textura média. O delineamento experimental foi realizado em blocos ao acaso de quatro repetições e com subparcelas de quatro doses de escória, quatro doses de calcário e uma testemunha, elevando a saturação de base do solo a 30%, 50%, 70% e 90%, e foram avaliadas diversas características do solo e da planta, e os dois corretivos aplicados ao solo na influência da produção da grama bermuda. Com a análise dos resultados, observou-se uma modificação no solo, quando aplicado os corretivos, tendo uma elevação nos teores de P e Ca para à escória de aciaria, e nos teores de Mg para o calcário, não

havendo diferença para os demais nutrientes. As disponibilidades dos micronutrientes aumentaram com o uso dos corretivos, tendo destaque ao Fe e ao B para a aplicação da escória. Após a análise dos resultados, pode-se concluir que, embora os corretivos tenham apresentados comportamentos diferentes, a escória de aciaria proporcionou uma maior taxa de cobertura do solo pela grama bermuda quando comparado ao calcário aos 114 e 161 DAT, sendo a máxima taxa de cobertura obtida com a saturação por bases de 60% aos 161 DAT.

Palavras-chave: *cynodon dactylon*, escória de aciaria, calcário.

APPLICATION STEELMAKING SLAG AND LIMESTONE IN THE SOIL AND DEVELOPMENT OF THE FIRST CYCLE OF BERMUDA GRASS. Botucatu, 2012. Dissertation (master in Agronomy agriculture) – Faculty of Agronomic Sciences, São Paulo State University Júlio de Mesquita Filho.

Author: Mauricio Roberto de Oliveira

Adviser: Dirceu Maximino Fernandes

SUMMARY

The Brazilian market of cultivated grass has expanded due to increased demand in scenic and sports areas. To maximize the production of grass, cost-effectively, the rugs should be produced with quality and in a shorter timeframe, so the soil preparation has great influence on the productivity of grasslands. Whereupon, has studied various correctives of the acidity of the soil, and the youngest is a by-product from the manufacture of steel, known as steelmaking slag. One of the advantages of their use is the possibility of correction of soil in greater depth, since the solubility of its main component, calcium silicate, is 6.78 times greater than that of calcium carbonate, the basic component of limestone, which is still the most widely used concealer. In addition, the grass is a Silicon-accumulating plant, and therefore be able to respond more easily to calcium silicate. In this way, the objective was to evaluate the effect of the application of steelmaking slag, compared to limestone, in deploying a production system of bermuda grass. The experiment was installed in the city of Botucatu, in an experimental area of Unesp-farm Lageado, whose soil is classified as red latosol textured red latosol. The experiment was conducted in randomized blocks with four repetitions and subplots of four doses of slag, four doses of lime and a witness, raising the soil base saturation at 30, 50, 70 and 90, and were assessed several characteristics of soil and plant, and the two soil applied correctives in influences the production of bermuda grass. With the analysis of the results, it was observed a change in the soil when applied the correction, with an elevation in the levels of P and Ca for the steelmaking slag, and in Mg for limestone, and there is no difference for the other nutrients. The availability of micro-nutrients have increased with the use of correctives, having highlighted the Fe and B for the application of slag. After the analysis of the results, we can conclude that although the correctives

have presented different behaviors, steelmaking slag provided a higher rate of soil cover by bermuda grass when compared to limestone to 114 and 161 DAT, being the highest coverage rate obtained with the 60 bases saturation to 161.

Key-words: *cynodon dactylon*, steelmaking slag, limestone.

1. INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de grama cultivada tem expandido consideravelmente em decorrência a maior demanda da cultura em áreas paisagísticas e esportivas. Este crescimento poderá ser mais intenso, caso seja cumprida a lei que impede a extração de grama nativa, hoje responsável por metade dos gramados existentes no mercado.

Para maximizar a produção de grama de maneira econômica devem-se considerar dois aspectos: produzir grama de qualidade (que mantenha o tapete inteiro para ser transplantado) e no menor tempo de produção possível (pequena distância entre os cortes).

Em quase todas as culturas, como já é conhecido, a calagem tem um efeito importante sobre o solo, pois reduz a atividade do alumínio, eleva o teor de pH, aumenta a quantidade de Ca e Mg e aumenta a disponibilidade de nutrientes como N, P, K, S, B e M.O, sendo assim, esses fatores colaboram na melhora do desenvolvimento das culturas. Nos dias de hoje, ainda são escassos os trabalhos envolvendo a calagem na produção de gramas cultivadas.

Um importante meio de preparação do solo que ajuda na qualidade do desenvolvimento das culturas é a correção de acidez do solo. Atualmente, o corretivo de acidez do solo mais utilizado é o calcário. Estudos têm começado a dar ênfase a um novo corretivo, que é um subproduto da fabricação do aço, conhecido como escória de aciaria.

Comparando esses dois corretivos, o calcário com a escória de aciaria, este apresenta algumas vantagens, como a possibilidade de correção do solo em maior profundidade, visto que a solubilidade do principal componente desses corretivos, o silicato de cálcio (escória de aciaria), é 6,78 vezes maior que a do carbonato de cálcio (calcário). Um outro

benefício é que devido à grama ser uma planta acumuladora de silício, ela poderá responder de maneira positiva ao silício contido na escória de aciaria, favorecendo assim, a sua ação.

Apesar da escória de aciaria apresentar condições a serem utilizadas na agricultura, ainda não existe comprovação científica para o uso em gramados no Brasil, sendo assim, as pesquisas ainda são insuficientes para dar respaldo na utilização da escória de aciaria no cultivo de gramados, por isso há a necessidade de mais estudos.

Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da aplicação de escória de aciaria, comparado ao calcário, na implantação de um sistema de produção de grama bermuda.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância dos gramados

De acordo com a Associação Internacional dos Produtores de Grama (“Turfgrass Producers International”) um gramado bem mantido proporciona um local confortável e seguro para diversão e prática de esportes, libera oxigênio (cerca de 230 m² de área gramada libera O² suficiente para quatro pessoas), refresca o ar e com isto contribui para os esforços de reduzir a tendência de aquecimento global (em um dia quente de verão um gramado apresenta 16,5°C e 7,8°C a menos que a de um asfalto e um solo sem vegetação, respectivamente), controla a poluição do solo (a rizosfera serve com um filtro absorvendo o que passa por ela) e pode elevar o preço de um imóvel em até 15%, nos EUA (TURFGRASS PRODUCERS INTERNATIONAL ASSOCIATION, 2002).

Outro efeito favorável dos gramados para o ambiente é o controle da erosão do solo. De acordo com Gross et al. (1990), os gramados resultam em solos com alta capacidade de infiltração de água, com perdas de nutrientes muito pequenas por enxurrada (0,14 e 0,02 kg ha⁻¹ de N e P, respectivamente) quando comparado a uma área cultivada com milho (2,46 e 0,50 kg ha⁻¹ de N e P, respectivamente) ou tabaco (11,7 e 2,4 kg ha⁻¹ de N e P, respectivamente). A quantidade de sedimentos perdidos de área gramada é dez vezes menor do que uma área coberta por palha (BEARD, 1985).

Devido à alta produtividade e a não mobilização do solo em áreas gramadas, estas podem ter um alto potencial para sequestrar o CO₂ atmosférico e atenuar o efeito

estufa. Qian e Follet (2002) estudaram a capacidade de sequestro de carbono por solos com gramado em 15 campos de golfe dos Estados Unidos, e verificaram que, em média, nos primeiros 25 a 30 anos após o estabelecimento do gramado, cerca de $1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de carbono é sequestrado nos solos.

Segundo Godoy e Villas Bôas (2003), no Brasil em áreas residenciais, industriais e públicas, o principal objetivo dos gramados é o aspecto estético (visual) sendo muito importante gramados com coloração verde intensa e boa densidade (gramado fechado, sem falhas, onde aparece o solo). Além disso, em muitos destes locais, os gramados têm a função de contenção de taludes e reduzir o risco potencial de erosão.

Em campos de futebol, o principal objetivo do gramado é permitir boa condição de jogo, reduzir o impacto do jogador, além do aspecto visual para os torcedores. Um gramado adequado e bem tratado, além de proporcionar melhor visual para o jogo, preserva a integridade física dos jogadores. Segundo Santana (2003), boa parte das lesões dos jogadores se deve ao gramado irregular e inadequado dos campos de futebol.

O Brasil possui, aproximadamente, 558 estádios oficiais de futebol, cujos campos possuem área média de 10.000 m^2 (GODOY; VILLAS BÔAS, 2005), 77 campos e/ou clubes de golfe oficiais e cerca de quarenta particulares, além de vinte em construção (CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE GOLFE, 2004).

Um campo de golfe pode ocupar, em média, 500.000 m^2 e a maior parte dessa área deve ser gramada com espécie de grama, proporcionando local agradável e adequado para a prática do golfe (BEARD, 1973).

A cobertura vegetal em rodovias é composta basicamente por capim-braquiária, grama-batatais e grama-seda (CORSINI; ZANOBIA, 2003) não sendo comum a utilização de gramas cultivadas, devido o fato das áreas serem muito extensas, o que elevaria o custo. No entanto, a maior disponibilidade de verba com a terceirização das rodovias estaduais gerou melhor qualidade na manutenção de áreas verdes para tornar a rodovia esteticamente agradável ao motorista, o que pode viabilizar a introdução de gramas de menor porte, necessitando de menor número de roçadas durante o ano, diminuindo assim o custo de manutenção.

Os Estados Unidos da América é o país com a maior área produtora de gramas cultivadas, com mais de 156 mil hectares, de acordo com Census of Agriculture (2002). Canadá, Austrália e Inglaterra são também grandes produtores de gramas. O Brasil, no entanto,

não se classifica ainda entre os principais produtores, mas tem aumentado sua produção de gramas nos últimos anos, que segundo Zanon (2003), de 1997 a 2003, evoluiu a área de produção de 7.100 ha para 16.500 ha, expansão de 132%. Nesse período de tempo o valor das vendas se elevou de US\$ 22,5 milhões para US\$ 53 milhões. Como termo de comparação, assinala-se que, no mesmo período, a área de produção de gramas nos Estados Unidos da América expandiu 27%. No Brasil, os Estados de São Paulo e Paraná possuem as maiores áreas de produção de gramas.

A crescente demanda e a maior exigência dos consumidores, quanto à qualidade final dos gramados, são os dois principais fatores que impulsionam as áreas produtoras, principalmente, às próximas dos grandes mercados consumidores. Dentre outros fatores de expansão, inclui-se o desenvolvimento de novas variedades, o lançamento de produtos e máquinas específicas para utilização em gramas, a adaptação e aperfeiçoamento das técnicas de produção, implantação e manutenção de gramados, e principalmente a adubação.

2.2. Sistema de produção de gramas no Brasil

O cultivo de gramas no Brasil começou por volta de 1974, e atualmente a produção de grama concentra-se nos estados de São Paulo e Paraná e onde foram criadas recentemente associações de produtores, com área de 3.100 e 1.700 ha, respectivamente (GODOY; VILLAS BÔAS, 2005). Outros estados também se destacam como o Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul e Goiás e também do Nordeste do país.

Das principais gramas cultivadas no Brasil pela Itograss (empresa pioneira e líder na produção e comercialização de gramas no Brasil), a grama esmeralda representa 87%, a grama santo agostinho 8% e a grama bermuda 5% do total comercializado (ZANON, 2003). As gramas cultivadas são produzidas em sistema peculiar, envolvendo máquinas e operações específicas (compactação, roçadas frequentes e colheita da grama), além dos tratamentos culturais tradicionais (adubação, irrigação, controle de pragas, doenças e plantas invasoras) e são comercializadas, principalmente, em tapetes ou em rolos (PIMENTA, 2003). Já as gramas não cultivadas ou nativas são apenas retiradas do local onde crescem naturalmente, em placas desuniformes, cortadas com enxada e com a habitual presença de plantas invasoras.

O objetivo na maioria das culturas é maximizar a produtividade de maneira econômica, enquanto que na produção de grama o objetivo é: produzir grama de qualidade suficiente para que seja comercializável e tapetes que resistam ao manuseio e transporte até chegar ao consumidor final.

Segundo Godoy e Villas Boas (2003) no sistema de produção de tapetes de grama ocorrem à compactação das camadas superficiais que é desejada para facilitar no corte dos tapetes e para que estes fiquem inteiros e firmes (característica desejável para a venda). Esta compactação é realizada pela passagem de rolo compactador na área onde serão cortados os tapetes e que, normalmente, é irrigada anteriormente a este processo. Além da utilização do rolo compactador, o tráfego de máquinas é intenso (tratores com adubadora, pulverizador, máquina de corte do tapete, etc.) e as áreas de produção são utilizadas por vários anos após sua implantação, sem que se mobilize o solo de modo efetivo. Todos estes fatores levam a compactação destes solos, diminuindo a eficiência de absorção de nutrientes pelas plantas. Como a descompactação destes solos não é possível, pois, escarificações ou subsolagens quebrariam a estrutura necessária para o corte do tapete, a quantidade de fertilizantes adicionada neste sistema deve ser alta, para elevar a concentração de nutrientes no solo e suprir a redução de aeração nas raízes e absorção ativa de nutrientes.

Além disso, a extração de nutrientes em áreas de produção de tapetes de grama é elevada, pois além das aparas cortadas durante o ciclo de produção, o tapete é retirado da área com os nutrientes absorvidos e os nutrientes contidos no próprio solo, que são levados juntamente com o tapete. Na fase produtiva da grama a adubação representa 21,5% dos custos (AGRIANUAL, 2006).

2.3 Corretivos de acidez e calagem

Os corretivos da acidez do solo são produtos que contêm bases neutralizantes que podem ser: carbonatos (calcário), silicatos (escórias), óxidos e hidróxidos (cal hidratada). Alguns corretivos, como o calcário calcinado apresentam mais de uma base neutralizante em seu conteúdo. Além disso, um corretivo de acidez deverá, necessariamente, conter Ca e Mg.

No Brasil o mais importante corretivo de acidez do solo é o calcário, proveniente da rocha dolomita ou calcita moída, tendo como constituinte básico o carbonato de cálcio e magnésio.

Cada vez mais tem se dado destaque a outro corretivo da acidez do solo que é um subproduto da fabricação do aço, conhecido como escória de aciaria. A escória tem como base neutralizante o silicato de cálcio e magnésio, que segundo Korndörfer et al. (2001), os silicatos (fonte de Si) apresentam em geral efeito corretivo muito semelhante ao do calcário quando incorporados ao solo. Alcarde. (2005), observou que os silicatos são 6,78 vezes mais solúveis que os carbonatos. Com isso surge a hipótese que os silicatos dissolvidos em água, se desloquem em maiores profundidades corrigindo a acidez do solo.

O Brasil é o sexto maior produtor mundial de ferro-gusa, com produção anual de 25 milhões de toneladas, o que corresponde à fabricação de cerca de 6,25 milhões de toneladas de escoria por ano. E gerada em média uma tonelada de escória de alto forno para cada quatro toneladas de ferro-gusa produzidas (COELHO, 1998). Sabe-se que uma alternativa viável para a destinação final de alguns resíduos da atividade industrial é o seu emprego na agricultura.

Louzada (1987) concluiu que, quando se aplicam calcário e escória na mesma granulométrica, as escórias demonstram uma eficiência na elevação do pH do solo semelhante ao calcário. Esse autor ainda relata que algumas escórias têm efeito favorável de aumentar a disponibilidade de fósforo, provocado pela adição de silicato ao meio.

A elucidação das vantagens propiciadas pelo uso dos resíduos no que tange à conservação ambiental, diminuição de custos industriais com aterros, redução nos custos de manutenção de culturas, aumentos de produtividade e respostas positivas na qualidade de solos agricultáveis têm resultado em aumento na procura e uso das escórias industriais no Brasil (SANTOS, 2010).

Além das bases neutralizantes que são responsáveis pelo poder neutralizante (PN) de um corretivo, o mesmo deverá ter granulometria adequada para que a neutralização da acidez ocorra no solo. Quanto menor o tamanho da partícula maior reatividade dos corretivos (RE). O produto do PN pela RE gera o índice PRNT que expressa o potencial de neutralização considerando a granulometria do corretivo.

Atualmente, a recomendação de corretivos para gramados não existe no Brasil, visto que o atual Boletim 100 (RAIJ et al. 1997) as variedades de gramas produzidas com

fins ornamentais e esportivos não são contempladas. No boletim 100 (RAIJ et al., 1983) há recomendação para gramas batatais, no qual a saturação recomendada é de 60%. Para a produção de tapetes de grama esmeralda Godoy et al. (dados não publicados) observaram que a parcela que não recebeu calcário (V=35%, pH de 4,7 no início do experimento) formou o tapete de grama no mesmo tempo em que as gramas que receberam a maior dose de calcário (3,7 t ha⁻¹ – V= 60%). Dada a pouca informação sobre o assunto, e tendo por base o solo compactado onde o calcário é aplicado, os mesmos autores sugeriram não haver deficiência de Ca e Mg ou toxicidade por Al se elevada a saturação por bases a 70% para implantação de gramados em áreas de início de produção de tapetes, e o valor de 60% para gramados já implantados (Godoy et al., 2008), mesmo sem haver bases científicas para tal recomendação.

De modo geral as gramas são consideradas tolerantes às condições de alta acidez do solo (pH em água < 5,0 ou pH em CaCl₂ < 4,4). No entanto, podem ocorrer variações da tolerância à acidez do solo, principalmente, devido ao teor de alumínio (tóxico), entre espécies. Baldwin et al. (2005) observaram a redução no crescimento da parte aérea da grama bermuda híbrida (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. X *C. transvaalensis* Butt-Davis) cv. TifEagle com o aumento do teor de Al no solo. Somente a redução do pH de 6,5 para 4,0, sem a presença do Al, não alterou o crescimento da grama. Portanto, a dose de corretivo a ser utilizada depende da espécie a ser cultivada. As recomendações de calagem para os gramados nos EUA são baseadas na elevação do pH (em água). No entanto, para as condições do Brasil, com o predomínio de solos mais intemperizados e que sofrem alteração da capacidade de reter cátions (CTC) com a variação do pH, este não é um bom método.

A correção da acidez com a aplicação do calcário ocorre de modo mais rápido, quanto mais bem misturado for o corretivo com o solo. Áreas que se cultiva grama, a incorporação do calcário só é possível de ser realizada no plantio, podendo ser incorporado até 20 ou 30 cm de profundidade. Em gramados já implantados ou áreas de produção de tapetes de grama já instalados, a aplicação do corretivo é feita na superfície. O fato do calcário não ser incorporado e ficar sob uma camada compactada reduz muito sua eficiência. Segundo Carrow et al. (2001), quando o calcário é aplicado sobre superfície do gramado pode demorar de 3 a 4 e de 6 a 10 anos para penetrar nas camadas de 15 a 30 cm, em solos arenosos e muito argilosos, respectivamente.

Godoy et al. (dados não publicados) observaram que em área de produção de tapetes de grama, a adição de calcário na superfície do solo ($3,7 \text{ t ha}^{-1}$) aumentou o índice de pH e os teores de Ca e Mg somente nas camadas de 0 a 5 cm, após 8 meses da aplicação.

2.4. Escória de aciaria e efeito de Si em gramados

As escórias de aciaria são as principais fontes de silicatos para as culturas (FIRME, 1986). A maior solubilidade do silicato confere a vantagem de reduzir a acidez do solo mais rapidamente que o calcário (QUAGGIO, 2000), permitindo haver maior mobilidade no solo dos produtos da reação.

Outra vantagem atribuída ao uso do silicato é que o silício pode saturar os sítios de adsorção de fósforo no solo (PRADO et al., 2001), tornando-o mais disponível às plantas.

O silício presente na escória não é considerado um elemento essencial para as plantas. No entanto, ele é tido como um elemento de efeito favorável para o crescimento e produção de algumas espécies, notadamente algumas gramíneas, principalmente por aumentar a disponibilidade do fósforo, aumentar a resistência ao ataque de pragas e doenças, e aumentar a fotossíntese líquida (SANTOS, 2009).

A maioria dos solos contém consideráveis quantidades de silício. Apesar disso, cultivos consecutivos podem reduzir o nível deste elemento até um ponto em que a adubação seja necessária. Segundo Korndörfer et al. (1999a), os valores de Si, no solo, extraídos com ácido acético $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ inferiores a 2 mg dm^{-3} , ou ainda de 6 a 8 mg dm^{-3} extraídos em $\text{CaCl}_2 \text{ } 0,05 \text{ mol L}^{-1}$ em geral indicam a necessidade de adubação com Si. De acordo com os mesmos autores, estes solos apresentam boa resposta à aplicação de silício. Acima desses valores, as repostas tendem a ser mais discretas.

Trabalhos realizados com diversas espécies de vegetais como leguminosas, fruteiras tropicais e cafeeiro, além de gramíneas comprovam os efeitos benéficos do silício para diversas espécies vegetais (KORNDÖRFER et al., 1999; BARBOSA FILHO et al., 2000; BARBOSA FILHO et al., 2001; SOUZA, 2002; PRADO et al., 2002b; CARVALHO-PUPPATO et al., 2004). A cana-de-açúcar e o arroz são consideradas plantas acumuladoras de Si podendo, em alguns casos, chegar até 6-7% na matéria seca (KORNDÖRFER, 1999).

Uma vez que o Si fortalece folhas e caule através da deposição na cutícula e pela manutenção da parede celular, polissacarídeos e lignina polímeros, o Si também poderia estar relacionado ao aumento na tolerância ao desgaste em gramados. Saigusa et al., 2000, demonstraram melhoria significativa na resistência ao desgaste em *Zoysiagrass* cultivar “Miyako”.

Em outro estudo de cultivo de *Bentgrass* e *Zoysiagrass* observou-se a melhora na qualidade de gramado, crescimento, resistência ao tráfego e de estresse térmico. As aplicações de fertilizantes silicatados em gramados santo agostinho aumentaram sua tolerância ao estresse hídrico.

A densidade de gramados foi significativamente maior, 23,5%, quando houve a aplicação de fertilizados silicatados. Qualidade, cor e densidade dos gramados também foram significativamente alteradas nos tratamentos com Si. No entanto, sob estas condições de ensaio, as notas atribuídas visualmente ficaram abaixo do que seria considerado aceitável para utilização comercial. Isto demonstra que o Si pode influenciar de forma qualitativa, em alguns fatores nas espécies de gramados. Schmidt et al.(1999), também mostraram que aplicações de Si foliar influenciaram significativamente na capacidade fotossintética, promovendo um aumento no conteúdo de clorofila, sobretudo durante o verão, quando as plantas mais sofrem com alguns estresses ambientais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e Caracterização da Área Experimental

O experimento foi instalado no município de Botucatu-SP, na área experimental da Unesp, a fazenda Lageado. As coordenadas geográficas da área são aproximadamente: 22° 51' latitude Sul e 48° 26' longitude Oeste, altitude média de 786 m.

3.2 Caracterização do solo

O solo onde foi instalado o experimento é classificado como latossolo vermelho distrófico, de textura média segundo a metodologia da Embrapa (1999). A declividade da área é aproximadamente de 3%.

Foi selecionada uma área com solo oxídico, de baixo pH e alto teor de Fe e Al. Para a caracterização química do solo foram coletadas amostras (compostas de 10 amostras simples) nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, em toda a área experimental com a utilização de um trado de rosca. A análise química foi realizada no laboratório de fertilidade do solo do departamento de recursos naturais/ciência do solo da faculdade de ciências agrônômicas, segundo a metodologia adaptada de Raij et al. (2001) (Tabela 1).

Tabela 1. Característica química do Latossolo Vermelho Distrófico.

	pH	M.O	P resina	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	Si
cm	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----							mg dm ⁻³
0 -10	4,1	20	2	91	1,3	8,5	3,5	13	104	12	0,8
10 -20	4,1	18	2	87	0,9	7	2	10	98	10	0,7

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cm	-----mg dm ⁻³ -----				
0 -10	0,32	6,6	46	15,5	0,6
10 -20	0,35	6,4	27	9,9	0,7

Os dados de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura máxima, média e mínima do ar (°C) da fazenda experimental Lageado, foram analisados no período de julho de 2011 a maio de 2012, e são descritos nas figuras 1 e 2, sendo os valores compreendidos entre o período da instalação do experimento e o última avaliação, selecionados.

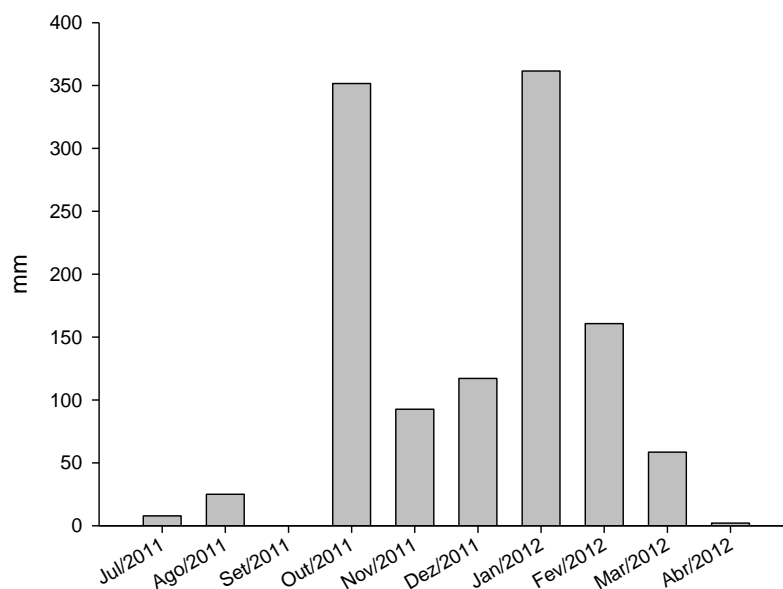


Figura 1. Precipitação (mm) na fazenda experimental Lageado, durante o período de julho de 2011 a abril de 2012.

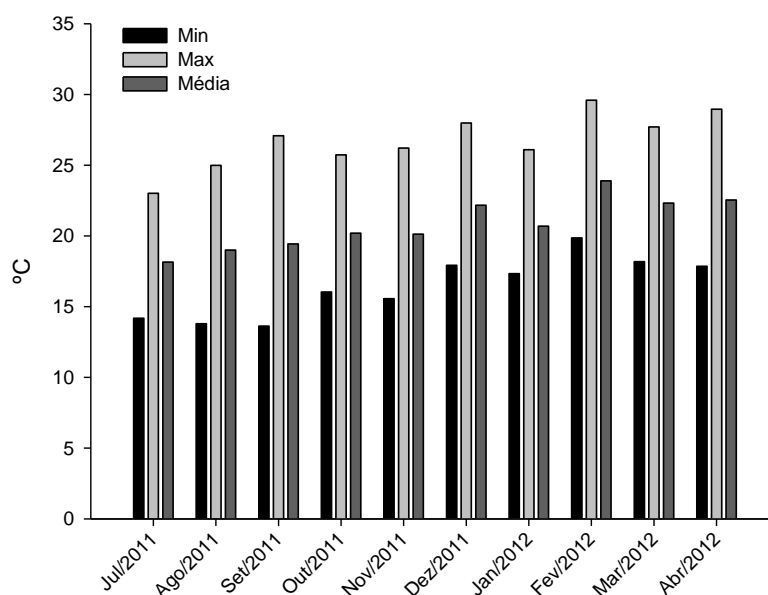


Figura 2. Temperatura do ar, máxima, mínima e média (°C) da fazenda experimental Lageado, durante o período de julho 2011 a abril de 2012.

3.3 Caracterização da espécie utilizada

A espécie utilizada foi a *Cynodon dactylon* [Pers] L., que é uma variedade Tifway 419 (Figura 3), conhecida como grama bermuda. Essa grama é resultado do cruzamento de duas plantas híbridas, a *Cynodon Dactylon* x *C. Transvaalensis*. Ela apresenta alta resistência ao pisoteio e rápida recuperação após ocorrência de dano, é composta por folhas de textura fina, e oferece crescimento vertical médio e lateral intenso, formando assim, um gramado denso. É de clima quente, e se adapta melhor entre as latitude 45° e 0° (Equador), entra em dormência após algumas geadas e recupera-se rapidamente quando a temperatura aquece, mesmo no inverno. Adapta-se bem a solos com pH entre 5,5 até 7,0.



Figura 3. Detalhe da grama bermuda (Tifway 419) utilizada no experimento

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial 2 x 5 com quatro repetições, sendo cinco doses de escória de aciaria e cinco doses de calcário, elevando a saturação de base do solo à 12%, 30%, 50%, 70% e 90% .

Para a caracterização química dos corretivos foram coletadas amostras e enviadas para o laboratório de análise de fertilizantes do departamento de recursos naturais/ciência do solo da faculdade de ciências agrônômicas, segundo a metodologia adaptada de Brasil. (1986), (Tabela 2).

Tabela 2. Composição dos corretivos: calcário dolomítico (CD) e escória de aciaria (EA).

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si	SiO ₂
	-----%-----						-----mg kg ⁻¹ -----							
C.D	0,10	0,35	0,02	27,50	1,60	0,35	600	400	20	36800	4800	50	N/D	N/D
E.A	0,14	1,10	0,03	21,63	1,56	0,32	600	900	30	193500	21500	70	90	193
							RE			PN			PRNT	
							-----%-----							
C.D							75,4			88			67	
E.A							71,1			70			50	

Cada parcela experimental foi constituída com tamanho de 3x4 metros, e bordadura de 0,9 m em cada extremidade da parcela. As marcações das parcelas foram realizadas com a utilização de estacas de madeira sendo fixada no solo uma em cada extremidade da parcela (Figura 4).



Figura 4. Marcações das parcelas utilizando estacas de madeira fixada em cada extremidade da parcela

3.5 Instalação e condução do experimento

O experimento iniciou-se no dia 10/04/2011 com a limpeza da área. Realizou-se no primeiro momento uma roçada, e em seguida a retirada de uma camada de 15 cm de solo, para diminuir o banco de sementes de brachiária e regularizar o mesmo desnível para toda a área do experimento, utilizando uma máquina de esteira (Figura 5).



Figura 5. Limpeza da área experimental com roçadeira (A) e nivelamento utilizando máquina de esteira (B)

A calagem foi realizada individualmente em cada parcela conforme os tratamentos (Figura 6), aplicando-se manualmente sobre a superfície do solo o calcário dolomítico e a escória de aciaria, em doses para elevar a saturação de base a 30%, 50%, 70% e 90%, sendo logo em seguida incorporada no solo com enxada rotativa.



Figura 6. Aplicação dos corretivos (A) e área após a incorporação dos corretivos (B)

A adubação fosfatada foi realizada dentro do sulco junto com o plantio das mudas de grama, através da adição de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 35 kg ha^{-1} de N, mais o fertilizante MAP. As adubações de manutenção foram realizadas com fertilizante 20-05-20 na dose de 400 kg ha^{-1} dividido em 8 aplicações durante o ciclo da cultura que foi de 8 meses.

O plantio foi realizado no dia 12/08/2011 com o sistema de mudas produzidas a partir de tapetes de grama cortados no tamanho de $10 \times 40 \text{ cm}$, e plantados em sulco previamente aberto com espaçamento de $0,30 \text{ m}$ entre linhas (Figura 7).



Figura 7. Adubação de plantio utilizando 320 kg de MAP no sulco (A) e plantio das mudas de grama (B)

A irrigação foi realizada por meio de aspersores, com frequência e lâminas, determinadas com base na curva de retenção de água do solo (Figura 8), e teve o auxílio

de tensiômetros, instalados na profundidade de 10 e 20 cm (Figura 9). O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente.

O sistema de aspersão usou duas linhas com quatro aspersores ($2,5 \text{ mm h}^{-1}$), os espaçamentos utilizados entre os aspersores foram de $12 \times 12 \text{ m}$, onde na montagem do sistema tubos de 1" para a rede central, nas linhas tubos de $3/4$ " e na entrada dos aspersores $1/2$ ".

A umidade do solo foi monitorada por meio de tensiômetros, esses foram instalados na profundidade de 10 e 20 cm (Figura 9). A irrigação foi realizada com o intuito de manter o solo na capacidade de campo.

A análise granulométrica e a curva de retenção de água foram feitas de amostras de solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, de acordo com os métodos descritos por Camargo (1986), sendo utilizadas amostras indeformadas para a determinação da curva de retenção. A curva de retenção de água foi ajustada pelo modelo proposto por Van Guenuchten (1980), (Tabela 3 e Figura 8).

Tabela 3. Análise de textura do solo nas profundidades: 0-10 e 10-20 cm. Botucatu, SP. 2011.

Profundidade Cm	Areia	Silte	Argila	Textura do solo
	-----g kg ⁻¹ -----			
0-10	322	182	496	Média
10-20	308	182	510	Média

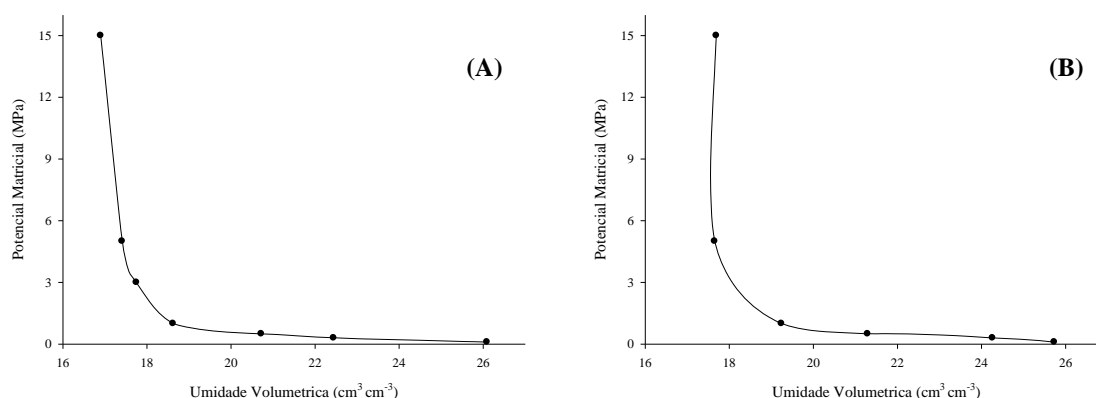


Figura 8. Curva de retenção de água no solo nas profundidades 0-10 (A) e 10-20 (B). Botucatu, SP. 2012.



Figura 9. Tensiômetro de mercúrio instalado na área experimental

3.6 Características avaliadas do solo

3.6.1 Características químicas do solo

Utilizando um trado de rosca (Figura 10), aos 174 DAT, foram retiradas dez subamostras de solo para compor uma amostra composta. Nas amostras de solo foram realizadas as determinações de pH em CaCl_2 , MO, P resina, Ca, Mg e K, $\text{H}+\text{Al}^{+3}$ (Raij et al., 2001).



Figura 10. Coletando amostras de solo com trado tipo rosca

3.6.1.1 Teor de Si no solo

A determinação de Si no solo foi efetuada aos 174 DAT com extrator a base cloreto de cálcio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ (Korndörfer et al., 2004) e a base de ácido acético a $0,0025 \text{ mol L}^{-1}$.

3.7 Características avaliadas na planta

3.7.1 Taxa de cobertura do solo pela grama

A taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama foi avaliada através da análise de imagem digital. As imagens digitais foram obtidas por uma câmera digital Sony W 220 12.0 mega pixels fixada na extremidade de uma estrutura na forma de um “L” invertido para que as imagens sejam captadas paralelamente à superfície do gramado, em mesma altura (1,6 m).

As imagens foram descarregadas em um computador e cada uma dessas figuras foi analisada no programa Corel Photo Paint v. 10.410 (Corel Corporation, 2004) que permite contar o número de pontos (pixels) de uma determinada cor (e suas tonalidades) existente na imagem (Figura 11).

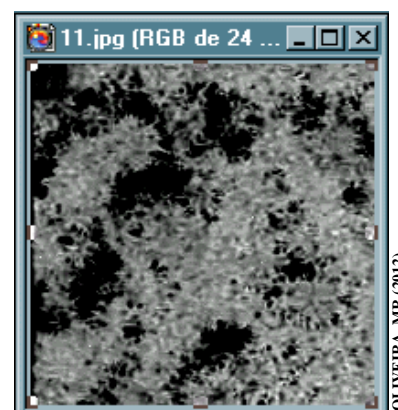
Foram selecionados na imagem, o número de pixels verde e palha, em seguida, foi possível determinar a porcentagem do solo coberto pela grama conforme metodologia citada por Godoy (2005).



Imagem digital antes de ser processada



após a seleção dos pixels verdes



após aplicação da máscara
(partes brancas e cinzas referem-se a grama e partes preta referem-se ao solo)

Figura 11. Imagem digital para determinar a taxa de cobertura do solo pela grama (adaptado de GODOY, 2005).

A TCS foi determinada aos 71, 114, 161 e 208 dias após o transplante (DAT) das mudas.

3.7.2 Massa de matéria seca de folha + caule, rizoma + estolão e raiz

A massa de matéria seca da planta foi determinada com um trado de 6,8 cm de diâmetro, que foi pressionado sobre o gramado até penetrar a uma profundidade de 5 cm. Então, foram realizadas 4 amostragem para cada parcela, constituindo uma área de 21,35 cm² por parcela (Figura 12). As amostras (plugs) foram retiradas entre as linhas do transplante, lavadas para a retirada do solo aderido ao material vegetal, e posteriormente separada em raízes, rizomas + estolões e folhas + caules. Em seguida, esses materiais foram secados em estufa de circulação forçada, para assim, ser determinada a sua massa.

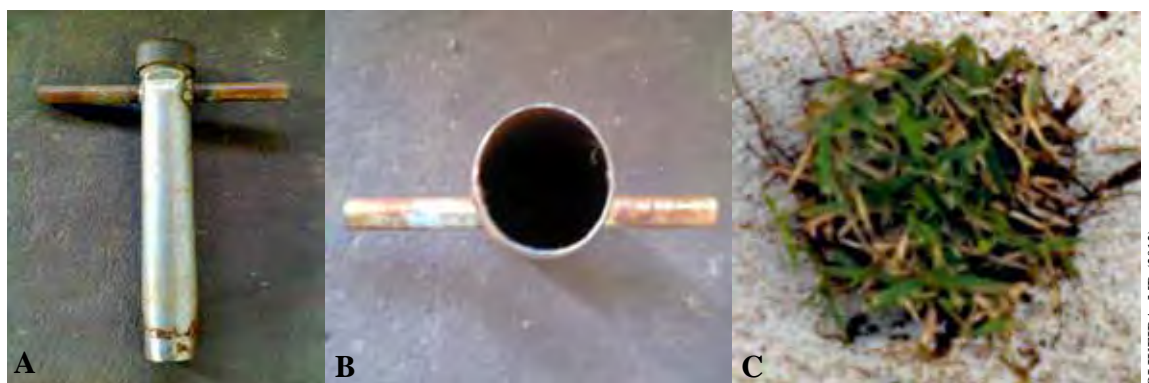


Figura 12. Trado amostrador (A) (B) e amostra coletada (plug) (C).

3.7.3 Concentração de nutrientes na lâmina foliar

As lâminas foliares coletadas aos 174 dias foram lavadas em água corrente, colocadas em um recipiente com detergente neutro, e posteriormente enxaguadas com água deionizada. Em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação, tendo a renovação do ar forçada por 72 horas na temperatura de 65°C. Após a secagem, as lâminas foram moídas e enviadas para o laboratório de nutrição de plantas da

faculdade de ciências agrônômicas, para a determinação da concentração de nutrientes, de acordo com a metodologia modificada de Malavolta et al. (1997).

3.7.4 Concentração de Si na lâmina foliar

As folhas de grama foram coletadas com uma roçadeira de carrinho com coletor de aparas da marca Branco 6 hp. Posteriormente as aparas foram lavadas e secadas em estufa como já descrito no item 3.7.3. A massa seca foi triturada em moinho tipo Willey e mineralizada por digestão segundo método proposto por Korndörfer et al. (2004).

3.7.5 Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Si, B, Cu, Fe, Mn e Zn na lamina foliar

Com os resultados de massa seca das folhas + caule e dos teores foliar de N, P, K, Ca, Mg, S, Si, B, Cu, Fe, Mn e Zn foram calculados o acúmulo desses nutrientes na parte aérea.

3.8 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise estatística, de acordo com Gomes (2000), utilizando o software SISVAR versão 4.2 (FERREIRA, 2003).

As médias dos resultados obtidos foram submetidos a análise em esquema fatorial 5 x 2 (cinco doses e dois corretivos). Em seguida, os que tiveram resultados significativos foram submetidos a análise de Tukey a 1 e 5%, e as doses foram submetidos à regressão, adaptando a melhor equação, através da aplicação do teste F a 1 e 5%.

3.8.1 Correlação entre extratores de Si, ácido acético e cloreto de cálcio

A eficiência dos extratores foi avaliada através da análise de correlação linear simples de Pearson, empregando-se a quantidade total de Si absorvida pela grama e os teores de silício extraídos pelos diferentes métodos testados. Foram consideradas correlações com níveis de significância maiores que 80% ($\alpha < 0,01$).

3.8.2 Correlação Si extraído do solo e Si acumulado na planta

Foram avaliados o Si extraído no solo e o Si absorvido pela planta através de correlação linear simples de Pearson, empregando-se a quantidade total de Si no solo e Si absorvida pela grama. Foram consideradas correlações com níveis de significância maiores que 80% ($\alpha < 0,01$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros analisados no solo

4.1.1 Análise básica do solo

Na tabela 4 observa-se para a profundidade de 0-10 cm que houve efeito significativo entre os corretivos para as características de solo: pH, P, Ca, Mg, SB, CTC. Em relação as doses de corretivos que foram aplicados para elevar os níveis da saturação de base do solo, nota-se que houve efeito significativo para pH, P, Al, H+Al, Ca, Mg, SB, CTC e V% (Tabela 4 e Figura 13).

A interação destes dois fatores (corretivos x saturação) acompanhou a significância da saturação por base exceto para Al.

Para a saturação por base observou-se que esta foi crescente com o aumento das doses de corretivos até a saturação calculada de 70%. Para ambos corretivos a partir desta dose não houve incremento V%.

A saturação calculada não atingiu os valores previamente desejados sendo que até a saturação de 70% os valores observados foram acima dos calculados, exceto para a

saturação de 50%, que foi a mesma obtida para a escória de aciaria. Outra diferença foi observada para a saturação calculada de 90%, que para ambos corretivos não foram alcançadas.

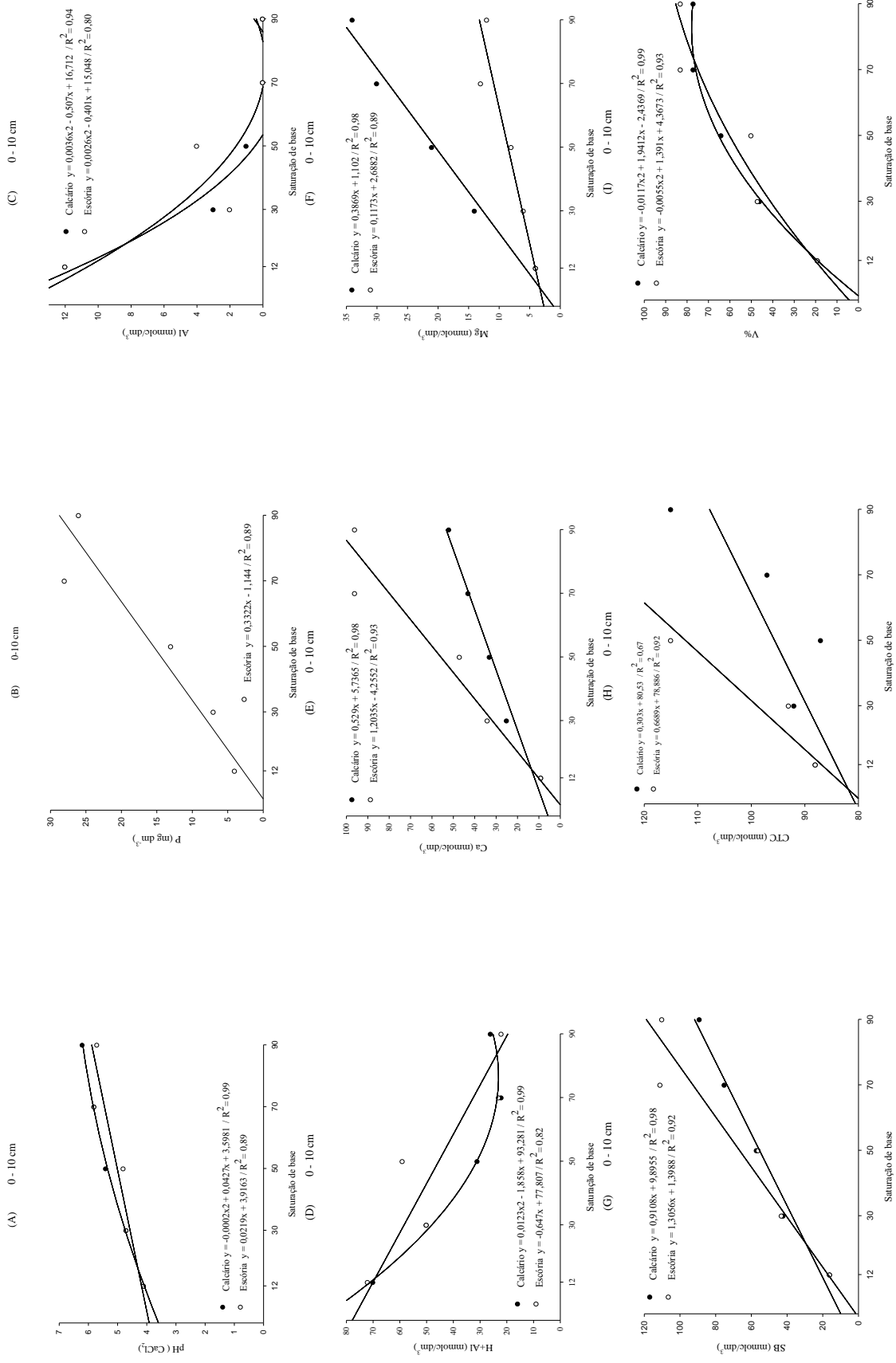


Figura 13. Ajustes matemáticos do pH (A), P (B), Al (C), H+Al (D), Ca (E), Mg (F), SB (G), CTC (H), V% (I) em função das saturações de base no solo por calciário e escória de aciaria na camada de 0-10cm.

Na Tabela 5, observa-se para a profundidade de 10-20 cm que houve efeito significativo entre os corretivos para as características de solo: P, Al, Ca, Mg e CTC. Em relação às doses de corretivos que foram aplicados para elevar os níveis de saturação de base do solo, nota-se que houve efeito significativo para pH, P, Al, H+Al, K, Ca, Mg, SB e V% (Tabela 5 e Figura 14).

A interação destes dois fatores (corretivos x saturação) foram significativa apenas para P e Mg.

Os resultados de pH, P, Al, H⁺, Al, Ca, Mg, SB e V% obtidos na camada de solo de 10-20 cm foram semelhantes aos obtidos na camada de 0-10, exceto na análise da interação do pH que foi significativa apenas para a saturação calculada de 70%.

A M.O, K e CTC não apresentaram diferenças significativas entre os corretivos.

Na saturação por base, observou-se que esta foi crescente para os dois corretivos, com o aumento das doses até a saturação calculada de 50%. Para as saturações 70% e 90%, o calcário não demonstrou aumento, ao contrario do que foi observado para a escória que foi crescente até a saturação 90%.

A saturação calculada não atingiu os valores previamente desejados, sendo os valores observados menores que os calculados, chegando ao máximo 50% para ambos os corretivos.

Tabela 5. Resumo da análise de variância e característica química do latossolo vermelho distrófico, textura média no perfil de 10-20 cm

	pH	M.O	P resina	Al	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
						Valor de f (significância)					
Corr.(C)	3,823ns	2,257 ns	29,020**	4,582*	3,178ns	1,556ns	8,624**	49,359**	0,853ns	7,321*	0,467ns
Sat. (S)	9,087**	0,843 ns	3,890*	12,875**	9,464**	2,752*	10,057**	15,957**	11,627**	2,136ns	15,958**
C x S	0,954ns	0,476 ns	3,387*	1,075ns	0,348ns	0,381ns	0,850ns	7,108**	0,153ns	0,743ns	0,192ns
Bloco	0,128ns	3,248 *	1,383ns	0,961ns	0,444ns	1,530ns	0,821ns	0,846ns	0,829ns	2,241ns	0,274ns
CV (%)	6	8	54	45	21	35	39	29	33	12	27

SB	pH			Al			H+Al			
	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	
%		CaCl2								
12	4,1	4,1	3 a	3 a	11 a	11 a	81	11 a	81	81
30	4,4	4,3	3 a	6 a	7 a	8 a	54	8 a	54	61
50	4,7	4,7	3 b	9 a	4 a	4 a	46	4 a	46	54
70	5,0	4,6	3 b	12 a	2 a	5 a	41	5 a	41	56
90	4,9	4,6	4 b	13 a	1 b	5 a	50	5 a	50	55
Média	4,6 a	4,4 a	3 b	9 a	4 b	7 a	54	7 a	54	61

SB	Mg			SB			CTC			
	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	
%										
12	1,6	9	3 a	3 a	14	14	95 a	95 a	14	14
30	1,7	17	8 a	6 a	27	29	80 a	80 a	33	33
50	1,6	24	11 a	7 b	37	46	83 a	100 a	44	45
70	1,0	24	16 a	6 b	41	44	82 b	100 a	50	43
90	1,5	30	17 a	7 b	48	50	59 a	106 a	52	47
Média	1,5	20	11 a	6 b	33	37	88 b	98 a	39	36

SB	Ca			L**			Q**			
	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	
%										
12	1,6	9	3 a	3 a	14	14	95 a	95 a	14	14
30	1,7	17	8 a	6 a	27	29	80 a	80 a	33	33
50	1,6	24	11 a	7 b	37	46	83 a	100 a	44	45
70	1,0	24	16 a	6 b	41	44	82 b	100 a	50	43
90	1,5	30	17 a	7 b	48	50	59 a	106 a	52	47
Média	1,5	20	11 a	6 b	33	37	88 b	98 a	39	36

SB	K			L**			Q**			
	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	
%										
12	1,6	9	3 a	3 a	14	14	95 a	95 a	14	14
30	1,7	17	8 a	6 a	27	29	80 a	80 a	33	33
50	1,6	24	11 a	7 b	37	46	83 a	100 a	44	45
70	1,0	24	16 a	6 b	41	44	82 b	100 a	50	43
90	1,5	30	17 a	7 b	48	50	59 a	106 a	52	47
Média	1,5	20	11 a	6 b	33	37	88 b	98 a	39	36

SB	L**			Q**			L**			
	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	
%										
12	1,6	9	3 a	3 a	14	14	95 a	95 a	14	14
30	1,7	17	8 a	6 a	27	29	80 a	80 a	33	33
50	1,6	24	11 a	7 b	37	46	83 a	100 a	44	45
70	1,0	24	16 a	6 b	41	44	82 b	100 a	50	43
90	1,5	30	17 a	7 b	48	50	59 a	106 a	52	47
Média	1,5	20	11 a	6 b	33	37	88 b	98 a	39	36

SB	L**			Q**			L**			
	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	
%										
12	1,6	9	3 a	3 a	14	14	95 a	95 a	14	14
30	1,7	17	8 a	6 a	27	29	80 a	80 a	33	33
50	1,6	24	11 a	7 b	37	46	83 a	100 a	44	45
70	1,0	24	16 a	6 b	41	44	82 b	100 a	50	43
90	1,5	30	17 a	7 b	48	50	59 a	106 a	52	47
Média	1,5	20	11 a	6 b	33	37	88 b	98 a	39	36

(1) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. (2) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S. - não significativo. *: P<0,05; ** P<0,01

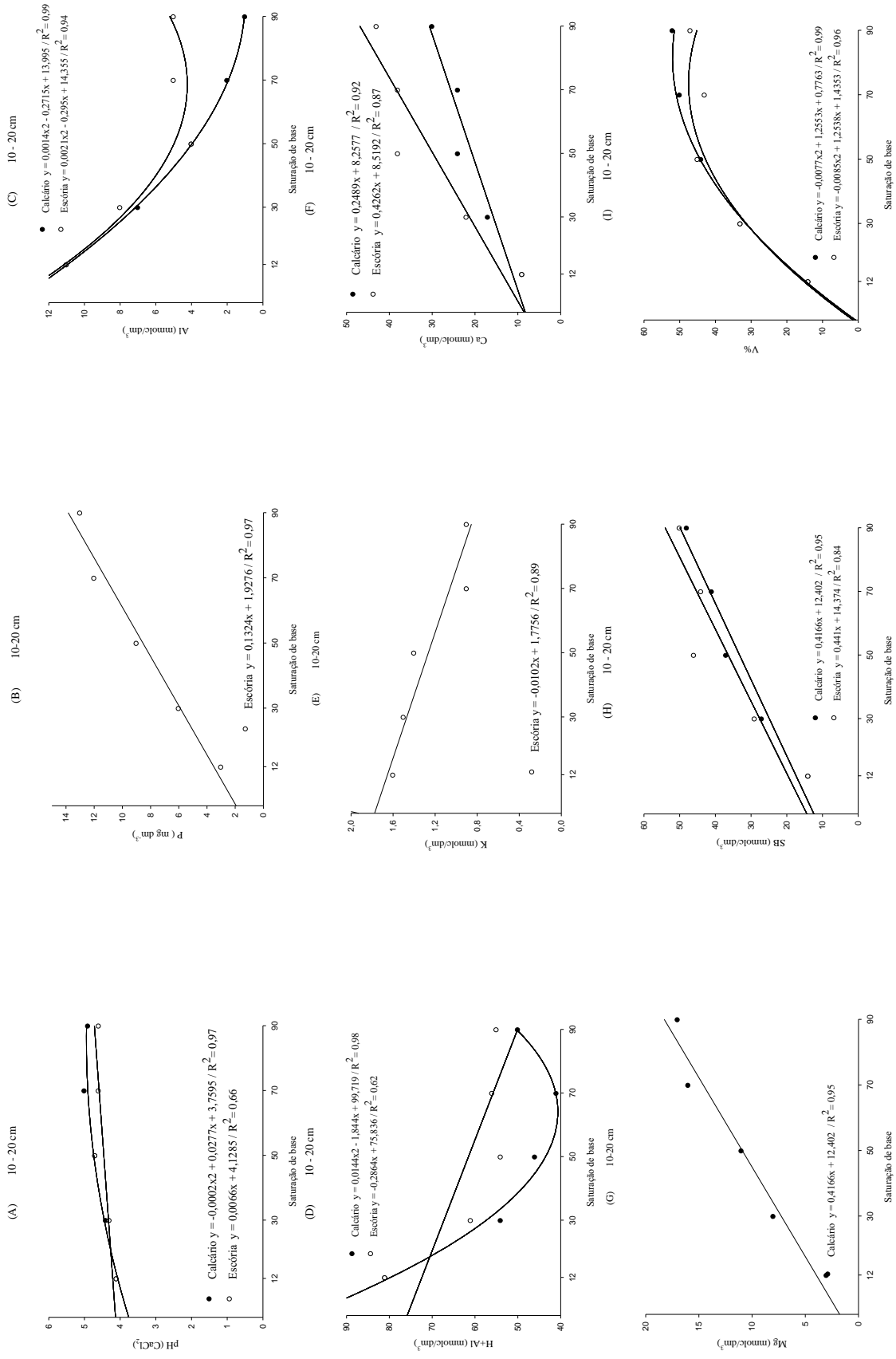


Figura 14. Ajustes matemáticos do pH (A), P (B), Al (C), H+Al (D), K (E), Ca (F), Mg (G), SB (H) e V% (I) em função das saturações de base no solo por calcário e escória de aciaria na camada de 10-20 cm.

Os resultados observados nas duas camadas de solo 0-10 e 10-20 cm foram semelhantes. O pH aumentou com a dose de corretivo aplicada, sendo que, em média, o pH do calcário foi superior ao da escória. Na análise de interação, os valores de saturação calculados de 50% e 90% foram diferentes significativamente. Os efeitos da escória de siderurgia na neutralização da acidez do solo foram, também constatados por Prado e Fernandes (2001), em latossolo vermelho-amarelo; por Prado et al. (2003), em argissolo vermelho-amarelo; e por Barbosa et al. (2008), em neossolo quartzarênico. Alcarde (1992) e Pavan e Oliveira (1997) atribuíram a elevação do pH, com o uso da escória de siderurgia e do calcário, ao decorrente aumento da concentração de hidroxilas, redução da concentração de H^+ em solução e precipitação do alumínio, na forma de $Al(OH)_3$.

A matéria orgânica não se alterou com as doses e os tipos de corretivos, o mesmo ocorrendo para K.

A concentração de P no solo não foi alterada pela aplicação de calcário. O contrário ocorreu para o uso da escória, que aumentou até uma determinada dose o teor de P no solo. Tal resultado está relacionado à concentração de P encontrado na escória de aciaria (1,1% de P_2O_5). Considerando que o teor de P no calcário é 1/3 do valor encontrado na escória, então deveria ser observado um aumento proporcional ao ocorrido no P do solo para a escória. Este fato não foi observado, uma vez que o PRNT da escória era de 50%, exigindo maior quantidade de corretivo para promover o mesmo efeito do calcário. Foi verificado o aumento, com ajuste linear, no teor de P do solo, com a aplicação das doses da escória de siderurgia, corroborando o que foi observado por Prado e Fernandes (2001) e Crusciol et al. (2007). Os acréscimos de fósforo, em função do uso de escória de siderurgia, ocorreram de acordo com os resultados encontrados por Baldeon (1995) e Carvalho et al. (2000), devido ao somatório de dois fatores: o poder corretivo (alcalinizante) da escória constituintes deste material e a competição entre Si x P, pelos mesmos sítios de adsorção no solo, interação esta, que não ocorre quando se utiliza somente o calcário. Segundo Plucknett (1971), a aplicação de silicato aumenta a solubilidade de fósforo no solo e diminui a fixação desse elemento contido nos adubos fosfatados.

Os teores de Al diminuíram conforme o aumento da saturação por base (e o pH do solo) e passaram para uma forma não alterada (precipitado) quando o pH do solo atingiu 5,8. Este resultado já era esperado conforme citado por vários autores.

Conforme era esperado, houve diminuição dos teores de H^+ Al em função dos materiais corretivos, não sendo observado diferenças entre as médias. Possivelmente a diferença observada para V% calculado =50 foi devido ao problema na amostragem que gerou um resultado fora do padrão esperado.

Os teores de Ca e Mg, em ambos os corretivos, tiveram comportamento semelhante, embora na escória o valor máximo tenha sido atingido na dose de corretivo calculada de 70%. Já para calcário o aumento de Ca e Mg foi crescente até a dose máxima.

4.1.2 Teor Si no solo extraído com ácido acético e cloreto de cálcio

Os teores de Si no solo, determinados usando-se os extratores cloreto de cálcio a $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ou ácido acético a $0,025 \text{ mol L}^{-1}$, aumentaram, em função da aplicação da escória. Comparando-se os extratores, nota-se que o ácido acético extraiu maior quantidade de Si do solo, conforme se observa nas Tabelas 6 e 7. Provavelmente, esse processo ocorreu porque este extrator é capaz de extrair formas de Si não disponíveis para as plantas, tais como formas polimerizadas ou mesmo Si presente na fase sólida do solo (argilominerais) superestimando os valores de silício em solução (QUEIROZ, 2003; BRAGA, 2004; VIDAL, 2005).

Tabela 6. Teor de Si no solo extraído por cloreto de cálcio.

Saturação de bases	0,0 – 0,10		0,10 – 0,20 cm	
	Calcário	Escória de aciaria	Calcário	Escória de aciaria
	----- Valor de f (significância) -----			
Corretivos (C)	98,988**		23,547**	
Saturação (S)	9,719**		0,631ns	
C x S	8,361**		3,462*	
Bloco	5,298**		2,103ns	
CV (%)	11,44		19,88	
Saturação de bases	0,0 – 0,10 cm		0,10 – 0,20 cm	
	Calcário	Escória	Calcário	Escória
----- % -----	----- mg dm ⁻³ -----			
12	3,1 a	3,1 a	3,5 a	3,5 a
30	3,0 b	4,1 a	3,2 a	3,5 a
50	3,2 b	4,6 a	2,7 b	3,8 a
70	3,1 b	5,1 a	2,6 b	4,1 a
90	3,2 b	5,4 a	2,6 b	4,8 a
Média	3,1 b	4,5 a	2,9 b	3,9 a
Ef. De doses	N.S	L**	L*	L**

⁽¹⁾ Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. ⁽²⁾ L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S. – não significativo.*: P<0,05; ** P<0,01

Os maiores teores de silício disponível no solo ocorreram com a aplicação da escória de aciaria Figura 15 e 16, justificado pela sua composição química capaz de disponibilizar o silício ao solo quando comparado ao calcário.

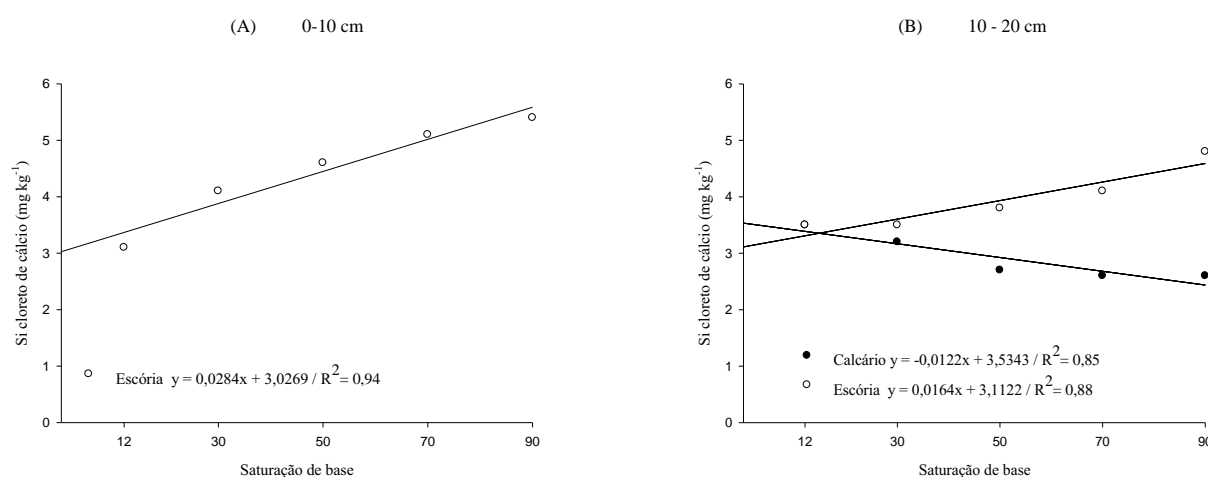


Figura 15. Teor de silício determinado pelo método extrator cloreto de cálcio: (A) camada de solo 0 – 10 cm e (B) camada de solo 10 – 20 cm.

Resultados semelhantes foram observados por Melo et al. (2003) e Camargo et al. (2007). Os menores teores de Si foram encontrados nos tratamentos que não receberam a aplicação de corretivos, para ambos os extratores utilizados, são consequência do seu avançado grau de intemperismo e lixiviação, assim como dos elevados teores de óxidos de Fe e Al, que são os principais responsáveis pela adsorção do Si da solução do solo (Tokura et al. 2007).

Berthelsen (2000), em estudo de comparação de método de extração de Si, em diferentes classes de solos da Austrália, também encontrou diferentes magnitude entre os extratores. Segundo o mesmo autor, os extratores tendem a atacar o Si em diferentes componentes da matriz do solo; soluções diluídas salinas, como CaCl₂, mensuram a quantidade de Si disponíveis na solução do solo, enquanto resultados obtidos com o uso de tampão acetato pH 4,0 e ácido acético indicam que a solubilidade origina-se de polímeros simples.

Tabela 7. Teor de Si no solo extraído por ácido acético.

Saturação de bases	0,0 – 0,10 cm		0,10 – 0,20 cm	
	Calcário	Escória de aciaria	Calcário	Escória de aciaria
	-----Valor de f (significância)-----			
Corretivos (C)	165,781**		27,760**	
Saturação (S)	85,501**		14,519**	
C x S	50,824**		5,298**	
Bloco	2,053ns		2,764ns	
CV (%)	16,59		23,96	
Saturação de bases	0,0 – 0,10 cm		0,10 – 0,20 cm	
	Calcário	Escória de aciaria	Calcário	Escória de aciaria
----- % -----	-----mg dm ⁻³ -----			
12	5,4 a	5,4 a	5,5 a	5,5 a
30	6,4 a	8,3 a	5,5 a	6,7 a
50	8,2 a	10,3 a	6,4 a	8,1 a
70	7,4 b	30,8 a	6,8 b	13,2 a
90	12,2 b	25,3 a	8,2 b	15,1 a
Média	7,9 b	15,9 a	6,5 b	9,7 a
Ef. De doses	L*	L**	L**	L**

⁽¹⁾ Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. ⁽²⁾ L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S. – não significativo.*: P<0,05; ** P<0,01

Observou-se na Tabela 7 que o extrator ácido acético proporcionou os maiores valores de silício no solo, variando de 5,4 a 25,3 mg dm⁻³ na camada de 0-10 cm e 15,1 na camada de 10-20 mg dm⁻³ cm quando foi utilizada a escória de aciaria. Nota-se que mesmo nos tratamentos onde se utilizou calcário o teor de silício no solo foi maior para o extrator ácido acético quando comparado ao cloreto de cálcio nas duas camadas de solo avaliadas. Isto pode ser justificado pelo extrator ácido acético solubilizar pequenas cadeias de Si polimerizado, superestimando, inclusive, o silício disponível para as plantas em solos calcareados recentemente, o que não ocorre com o cloreto de cálcio (KORNDÖRFER et al., 1999, 2004). Isso ocorre porque a calagem aumenta o pH que, por sua vez, promove a polimerização do silício e a formação de complexos de aluminossilicatos, diminuindo a disponibilidade imediata do silício para as plantas.

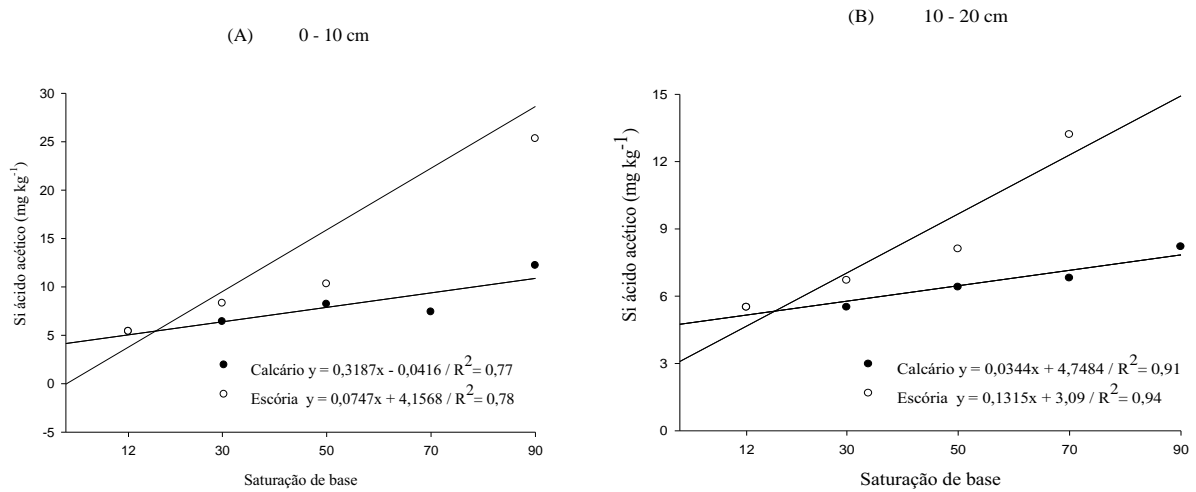


Figura 16. Teor de silício determinado pelo método extrator ácido acético: (A) camada de solo 0 – 10 cm e (B) camada de solo 10 – 20 cm.

O teor de Si no solo aumentou de forma linear nas duas camadas do solo 0-10 e 10-20 cm, independentemente do extrator utilizado (Figura 17). Demonstrando que os dois extratores foram eficientes na extração de Si, na discriminação das quantidades crescentes aplicadas. Observa-se correlação significativa entre os extratores nas duas camadas de solo analisadas, ($r = 0,797^{**}$) para a camada de 0-10 cm e ($r = 0,690^{**}$) na camada de 10-20 cm.

O ácido acético extraiu os maiores teores de Si (entre 5 e 40 mg dm⁻³), enquanto o CaCl₂ foi o que apresentou a menor extração (teores entre 3 e 25 mg dm⁻³). Essa amplitude influencia a exatidão da análise, pois a faixa estreita de extração do CaCl₂ pode promover erros de análises.

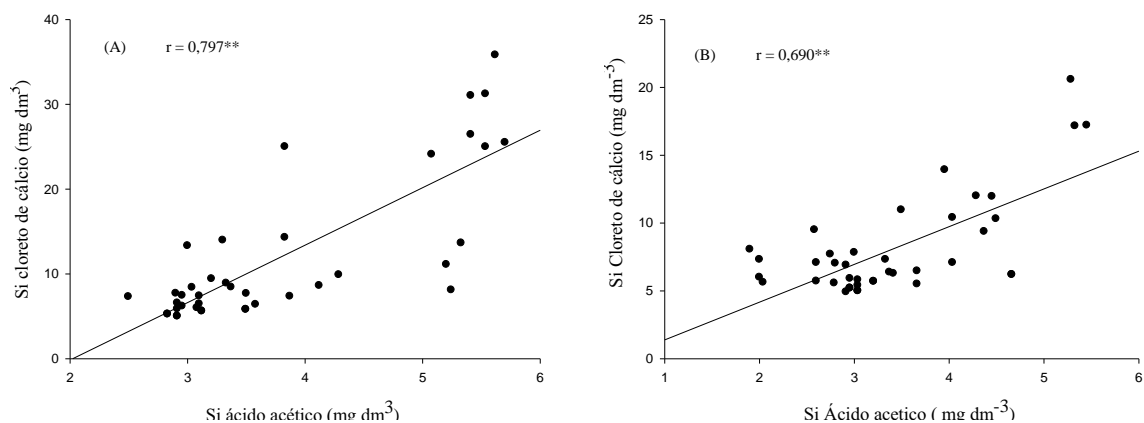


Figura 17. Correlação entre silício determinado pelos métodos ácido acético e cloreto de cálcio, (A) camada de solo 0 – 10 cm e (B) camada de solo 10 – 20 cm.

Em um estudo de comparação de métodos de extração de Si, em diferentes classes de solo da Austrália, Berthelsen (2000), também encontrou diferentes escalas de magnitudes entre os extratores. Os extratores tendem a atacar o Si em diferentes componentes da matriz do solo; soluções diluídas salinas, como o CaCl_2 , mensuram a quantidade de Si disponível na solução do solo, enquanto resultados obtidos com o uso de NH_4OAc (pH 4) e ácido acético indicam que o Si solubilizado origina-se de polímeros simples.

Revisando vários trabalhos com extratores de Si no solo, Berthelsen & Korndörfer (2005), verificaram que muitos extratores apresentam excelentes curvas de resposta com o Si obtido pelas plantas, porém, após adições de silicatos, alguns extratores passaram a superestimar a disponibilidade de Si para as plantas.

O extrator deve possuir a propriedade de poder simular o potencial elétrico da solução do solo, apesar de que o silício solúvel em pH abaixo de 8,0 estar predominantemente, na forma de ácido monossilícico, sem carga (BERTHELSEN & KORNDÖRFER, 2005). Vários trabalhos mostram boa correlação entre os teores de silício nas folhas, com o silício extraído com cloreto de cálcio ou ácido acético, porém este último superestimando os teores de silício assimilável (BERTHELSEN et al., 2003; CAMARGO et al., 2007; PEREIRA et al., 2007; RAMOS et al., 2008).

Ao avaliar extratores para Si no solo Inocêncio et al., 2010 concluíram que os métodos CaCl_2 e ácido acético são recomendados para extração de Si de acordo com os solos estudados. Em condições com elevados teores de Si e em solos argilosos o CaCl_2 apresenta melhor correlação.

Avaliando os teores de Si em solos muito intemperizados do Cerrado com diferentes mineralogias, Camargo et al. (2007) obteve que o ácido acético extraiu mais Si em relação à água e CaCl_2 . Os mesmo autores encontraram maiores teores de Si nos solos com maior quantidade de argilas de baixa atividade química e maior no horizonte B do que no A.

4.2 Parâmetros analisados na planta

4.2.1 Taxa de cobertura

Na fase inicial do experimento, foi possível observar as diferenças entre as parcelas que receberam o silicato, daquelas onde o calcário foi aplicado, e que para o mesmo nível de saturação os tratamentos com silicatos apresentavam um maior desenvolvimento da parte aérea registrada por meio da taxa de cobertura (Tabela 8). Aos 71 DAT as diferenças não foram significativas, tanto para os tipos de corretivos, como para as doses aplicadas, embora a partir da dose que elevou o V% a 50, a porcentagem de cobertura do solo foi superior para a escória. Aos 114 DAT as diferenças foram maiores, e então foi possível de observar para uma mesma saturação que os valores até 22% foram superiores (V% = 50).

Para a formação do gramado a dois parâmetro, são considerados mais importantes, o tempo e a qualidade do tapete formado. Portanto, quando se consegue antecipar o corte, dado ao fechamento mais rápido da massa de grama no campo, como foi o caso do silicato de cálcio, tem-se um efeito favorável bastante interessante e prático. Além disso, quanto mais rápido se dá o fechamento do gramado na área de produção, menores serão os problemas com as plantas daninhas, uma vez que um gramado bem formado diminui a possibilidade de desenvolvimentos dessas espécies.

Tabela 8. Taxa de cobertura do solo em função da aplicação de escória de aciaria e diferentes saturações de bases aos 71 DAT e aos 114 DAT.

Fontes de variação	Taxa de cobertura do solo					
	71 DAT	114 DAT	-----Valor de F (significância)-----			
Corretivo	0,241 ^{ns}	10,549**				
Saturação	0,515 ^{ns}	3,301*				
C X S	0,338 ^{ns}	0,983 ^{ns}				
Bloco	0,562 ^{ns}	2,065 ^{ns}				
CV%	48,12	21,46				
Saturação	Corretivos		Média	Corretivos		Média
	Calcário	Escória		Calcário	Escória	
----%----	-----%-----					
12	14,8	14,8	14,8	48,3 a	48,3 a	48,3
30	19,5	16,5	18,0	56,5 a	65,0 a	60,7
50	18,3	21,3	19,8	50,8 b	73,3 a	62,0
70	14,3	20,8	17,5	53,5 b	73,5 a	63,5
90	20,3	20,5	20,4	63,5 b	80,0 a	71,8
Média	17,4	18,8	-	54,5 b	68,0 a	-
Ef. de doses	N.S	N.S		N.S	L**	

⁽¹⁾ Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. ⁽²⁾ L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S. – não significativo. *: P<0,05; ** P<0,01

A saturação por bases do solo alcançada pela média dos corretivos afetou significativamente a taxa de cobertura do solo, sendo este efeito evidente aos 114 DAT (Figura 18). Os resultados de correlação da saturação por bases desejada e a % de cobertura do solo com grama bermuda indicou resposta positiva para este parâmetro, ou seja, houve aumento da saturação e elevou a taxa de cobertura.

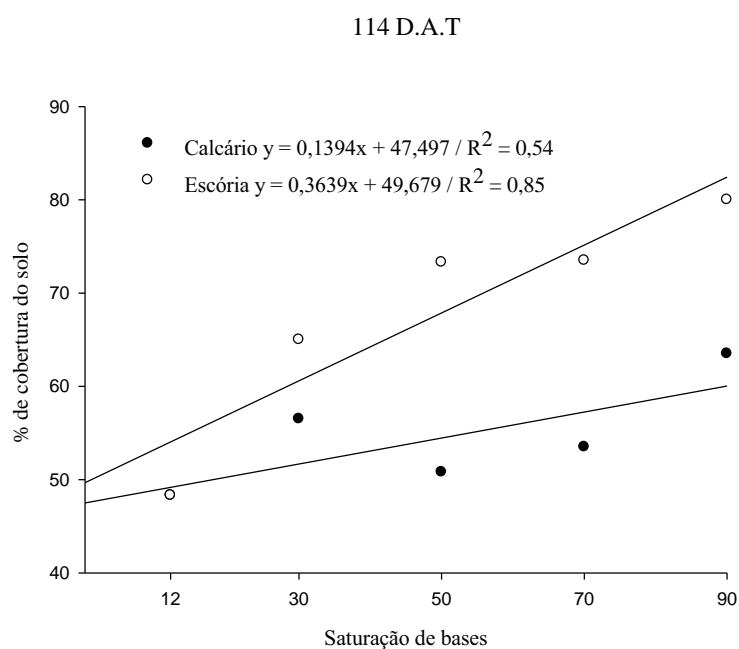


Figura 18. Taxa de cobertura do solo pela grama bermuda em função de doses de corretivos aos 114 dias após o transplante.

Aos 161 DAT os tapetes não haviam acobertado totalmente o solo, porém as diferenças estatísticas entre os corretivos e as saturações ainda foram observadas, sendo os resultados superiores estatisticamente para a escória de aciaria. As curvas que expressam a taxa de cobertura em função das doses mostram respostas quadráticas, e indicou que a saturação entre 50% e 70% tiveram o maior recobrimento do solo pela grama. Na observação realizada aos 208 DAT tanto o calcário como a escória, atingiram 99% de recobrimento do solo pela grama, exceto na dose 12% que o recobrimento foi de 98% para ambos os corretivos (Tabela 9).

Os resultados de recobrimento normalmente indicam nas últimas amostragens semelhança, no entanto, foi observado que houve maior massa de raízes, bem como de rizoma e estolão que diferiram entre as fontes e as doses de corretivos (Figura 19). Este aspecto sugeriu que, ao final do período de fechamento da parte aérea, pode ter um redirecionamento dos fotoassimilados gerados, não mais para formar parte aérea, mais sim raízes, rizomas e estolões.

Tabela 9. Taxa de cobertura do solo em função da aplicação de escória de aciaria e diferentes saturações de bases aos 161 DAT e aos 208 DAT.

Fontes de variação	Taxa de cobertura do solo					
	161 dat	208 dat				
	-----Valor de f (significância)-----					
Corretivo (C)	11,956**	1,017ns				
Saturação (S)	10,786**	1,582ns				
C X S	1,164ns	1,017ns				
Bloco	3,228ns	0,414ns				
CV%	2,12	0,47				
Saturação	Corretivos		Média	Corretivos		Média
	Calcário	Escória		Calcário	Escória	
-----%-----	-----%-----					
12	90,8 a	90,8 a	90,8	98,7	98,7	98,7
30	95,5 b	97,5 a	96,5	99,0	99,2	99,1
50	95,3 b	97,3 a	96,3	99,5	99,0	99,2
70	94,0 b	96,8 a	95,4	99,5	99,0	99,2
90	93,0 b	97,3 a	95,1	99,0	99,0	99,0
Média	93,7 b	95,9 a	-	99,0	99,2	-
Ef. de doses	Q**	Q**		Q*	N.S	

⁽¹⁾ Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. ⁽²⁾ L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S. – não significativo. *: P<0,05; ** P<0,01

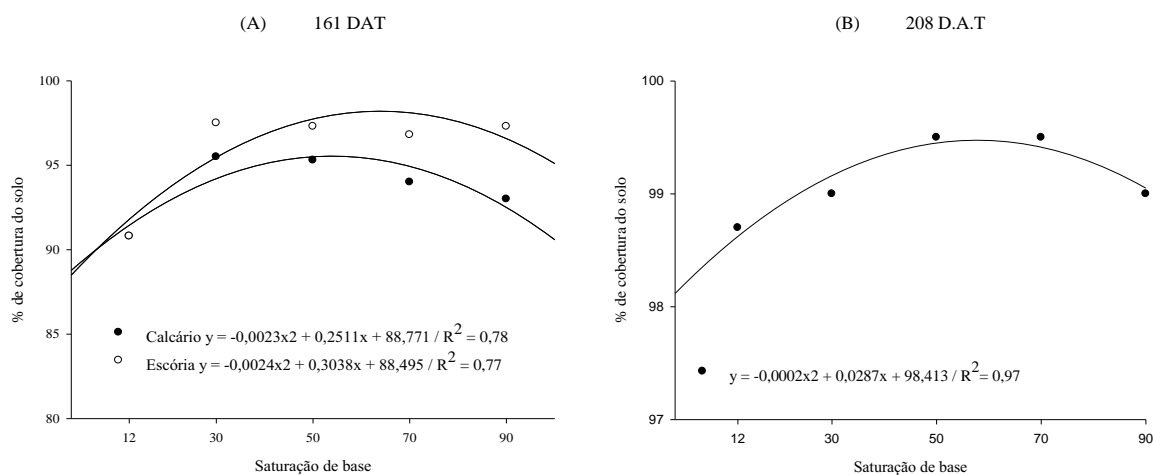


Figura 19. Taxa de cobertura do solo pela grama bermuda em função de doses de corretivos e dias após o transplante: (A) 161 dias após o transplante e (B) 208 dias após o transplante.

4.2.2 Massa de matéria seca de folha + caule, rizoma + estolão, raiz e Total

A massa seca coletada aos 250 DAT indicou que houve efeito significativo do corretivo, nas doses que alteraram a saturação por bases e também da interação corretivo x saturação. O efeito significativo ocorreu para todos os parâmetros avaliados: folha + Caule, estolão + rizoma e raízes (Tabela 10).

Os valores observados para os tratamentos com a escória de aciaria foram superiores ao calcário. A menor diferença observada foi para folha + caule, o que é justificado pelo manejo dado ao gramado formado, uma vez que as coletas dos plugs ocorreram posteriormente aos cortes das aparas (corte de folhas), prática comum realizada na formação da grama com objetivo de incrementar o fechamento do solo pela grama mais rapidamente. As doses também afetaram significativamente a formação da massa seca dos vários órgãos da grama bermuda, sendo observados os efeitos lineares e quadráticos crescentes, com o aumento das doses, em maior proporção para as escórias (Figura 20).

Os efeitos da calagem no desenvolvimento de massa seca são bastante conhecidos para as culturas de forma geral, pois aumentam a disponibilidade de vários nutrientes nas plantas, além de fornecer dois elementos essenciais o Ca e Mg, e eliminar o Al tóxico. Segundo Godoy (2012), apesar da pouca resposta das gramas a acidez do solo, podem ocorrer variações da tolerância à acidez, principalmente devido ao teor de Al entre as espécies. Baldwin et. al 2005, observaram a redução no crescimento da parte aérea da grama bermuda com aumento de Al no solo. No presente experimento, o Al foi eliminado na camada de 0-10 cm com uma saturação por bases aplicada de 70% e ficou abaixo dos níveis considerados tóxicos a partir da saturação de 50%. Observou-se que na camada de 10-20 cm os efeitos da calagem não foram tão efetivos como o ocorrido na de 0-10 cm, possivelmente por imperfeição da incorporação do corretivo nas camadas mais profundas. Na camada de 10-20 o pH não atingiu valores de 5,8 o qual, conforme a literatura promove a precipitação do Al tóxico no solo.

Tabela 10. Massa seca de folha + caule, rizoma + estolão, raiz e total aos 281 dat.

	Folha + Caule		Estolão + Rizoma		Raiz		Total	
	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória
Corr.(C)	2,969ns		37,804**		20,588**		29,802**	
Sat. (S)	8,657**		10,338**		6,194**		16,704**	
C x S	3,161*		6,943**		4,590**		4,419**	
Bloco	0,105ns		0,659ns		1,293ns		0,363ns	
CV (%)	17		16		30		12	
Saturação de bases	Folha + Caule		Estolão + Rizoma		Raiz		Total	
	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória
-----%-----								
12	611	611	625 a	625 a	82 a	82 a	1317 a	1317 a
30	884	950	650 a	677 a	90 a	90 a	1628 a	1719 a
50	721	1055	628 b	983 a	77 b	143 a	1424 b	2182 a
70	848	1027	675 b	923 a	93 b	148 a	1617 b	2099 a
90	939	1107	705 b	1228 a	96 b	220 a	1909 b	2386 a
Média	834	914	655 b	887 a	88 b	135 a	1578 b	1939 a
Ef. de doses	L**	Q**	N.S.	L**	N.S.	L**	L**	Q*

⁽¹⁾ Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. ⁽²⁾ L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S. – não significativo. *: P<0,05; ** P<0,01

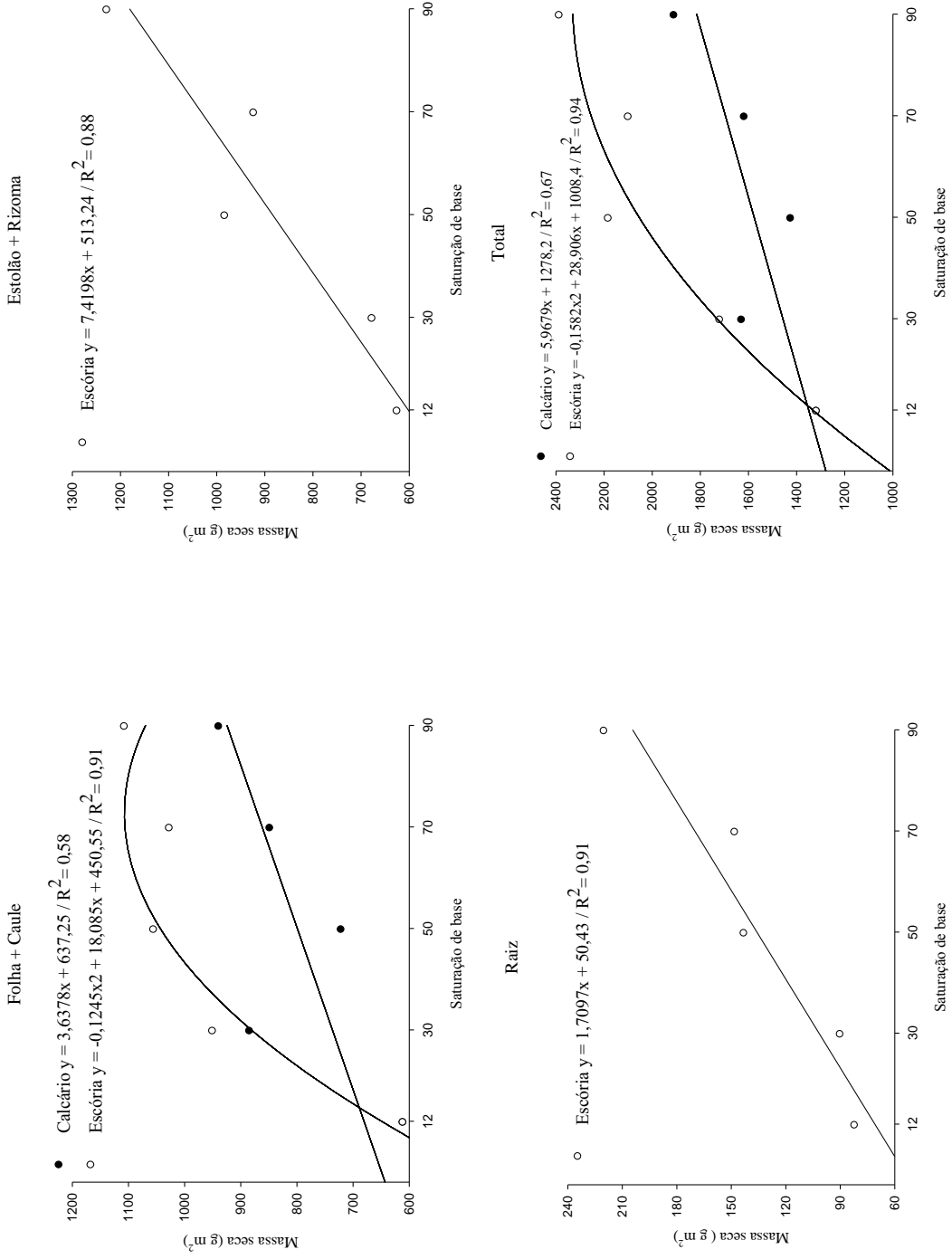


Figura 20. Ajustes matemáticos da massa seca de folha + caule, rizoma + estolão, raiz e total aos 281 dat em função das saturações de base no solo por calcário e escória de aciaria na camada de 10-20 cm.

As respostas superiores da escória de aciaria além dos efeitos já comentados sobre o corretivo, podem estar relacionados a presença do Si e dos efeitos favoráveis desse elemento nas plantas. Segundo Godoy (2012), a grama bermuda e zoyzia são as que apresentam maior teor de Si, uma das características que as tornam mais resistentes ao tráfego e ao pisoteio. Esta característica está relacionada ao acúmulo de Si logo abaixo da cutícula da folha e dos caules, e ao aumento na síntese de lignina. Não foi possível observar outros efeitos relacionados ao aumento do teor de Si na planta como, maior tolerância aos patógenos ou pragas, redução das perdas de água por transpiração, mudança da arquitetura das folhas aumentando a incidência de radiação sobre a folha, porém certamente algumas destas características podem ter influenciado a maior produção de massa nos tratamentos com escória que contêm o Si.

4.2.3 Concentração de nutrientes na lâmina foliar

Os teores de nutrientes foram alterados em função dos tratamentos e foi observado entre os tipos de corretivos as diferenças para N, Mg e S (Tabela 11). Embora a diferença seja de apenas um g de N kg⁻¹, o teor de N na lâmina foliar foi superior para calcário em relação à escória de aciaria, e os teores mais elevados foram também encontrados para Mg e S.

Para Mg a justificativa está no maior teor deste nutriente presente no calcário, enquanto que para o N e S o aumento do teor pode estar relacionado com o pH mais elevado que foi observado quando se aplicou o corretivo.

A aplicação de doses de corretivos para atingir diferentes saturações por bases no solo afetou de modo significativo os teores de N, Ca, B e Mn na lâmina foliar (Figura 21). Observou-se decréscimo no teor de N na planta com as doses, o que pode ser justificado pela liberação mais lenta de nutrientes inclusive o N nos tratamentos onde os corretivos não foram aplicados. Esta liberação mais lenta forneceu N de modo gradual, diferente dos tratamentos com maiores dosagens, onde houve elevação de pH, e conseqüentemente a mineralização mais intensa dos resíduos vegetais incorporados ao solo antes do plantio das mudas. Com isso, parte do N liberado rapidamente pode ter sido perdido por lixiviação, e considerado o período de chuvas e o tipo de solo fatores que favorecem este tipo de perda.

Tabela 11. Concentração de nutrientes na lâmina foliar em função da aplicação de calcário e escória de aciaria.

	-----Valor de f (significância)-----														
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn				
Corre (C)	5,222*	0,577ns	2,234ns	1,748ns	23,504**	8,150ns	0,007ns	0,336ns	0,545ns	1,862ns	0,271ns				
Sat. (S)	4,600**	1,980ns	0,924ns	8,450**	0,216ns	0,419ns	3,122*	0,952ns	2,131ns	13,113**	0,552ns				
C X S	0,582ns	0,136ns	0,234ns	1,263ns	3,108*	0,576ns	1,106ns	0,575ns	0,199ns	0,325ns	1289ns				
Bloco	3,406*	3,185*	4,882**	11,072**	2,151ns	3,708*	7,259**	5,174**	4,480*	2,622ns	5,486**				
CV (%)	12	11	13	13	15	5	32	19	58	25	32				
SB	N			Ca			Mg			B			Mn		
	Calcário	Escória		Calcário	Escória		Calcário	Escória		Calcário	Escória		Calcário	Escória	
12	16	16	2	2	0,8 a	0,8 a	0,8 a	0,8 a	8	8	8	8	91	91	91
30	13	12	3	3	0,8 a	0,7 a	0,7 a	0,7 a	3	5	5	5	59	60	60
50	14	13	3	3	0,8 a	0,7 a	0,7 a	0,7 a	6	7	7	6	46	61	61
70	14	12	3	3	0,9 a	0,6 b	0,6 b	0,6 b	6	6	6	6	39	47	47
90	14	12	3	4	0,9 a	0,6 b	0,6 b	0,6 b	7	5	5	7	42	51	51
Média	14	13	3	3	0,8 a	0,7 b	0,7 b	0,7 b	5,9	5,9	5,9	5,9	55	61	61
Ef. dose	N.S	L*	L*	L*	L*	L*	L*	L*	Q*	N.S	N.S	Q*	Q**	Q**	Q*

⁽¹⁾ Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. ⁽²⁾ L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S. – não significativo. *: P<0,05; ** P<0,01

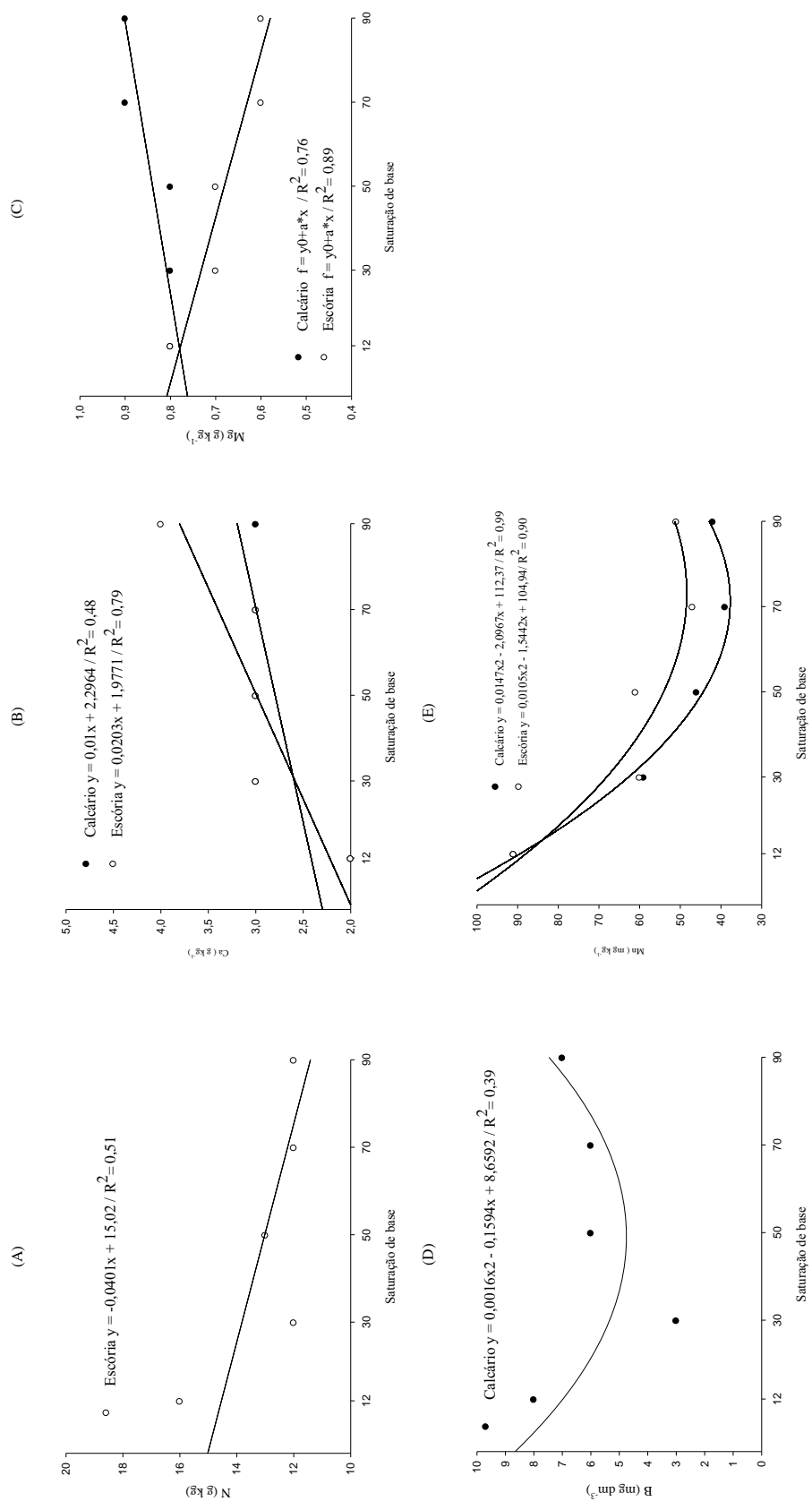


Figura 21. Ajustes matemáticos das concentrações de N (A), Ca (B), B (C), e Mn (D) em função das saturações de base no solo por calcário e escória de aciaria.

Outra hipótese que pode justificar a diferença entre os corretivos, é o chamado efeito diluição, onde as plantas que se desenvolvem mais intensamente, dada as melhores condições de fertilidade do solo, diluem os nutrientes absorvidos por uma massa maior, conseqüentemente uma menor concentração desses nutrientes devem ser observadas em relação a uma planta testemunha que não teve a mesma expansão de massa.

Pode também justificar o decréscimo da concentração de B e Mn pela mudança do pH do solo, uma vez que já é bastante conhecido na literatura o efeito da diminuição na disponibilidade dos micronutrientes (exceto Mo e Cl) com o aumento do pH do solo. O Ca na lâmina foliar aumentou com o aumento da dose dos corretivos, sendo este efeito mais intenso para a escória, dada a maior concentração de Ca neste material em relação ao calcário. Era de se esperar efeito semelhante de aumento na concentração foliar em função das doses, o que não foi observado.

O efeito interativo corretivo x dose foi observado apenas para o Mg, conforme já explicado, dada a diferença no teor desse elemento entre os corretivos. As diferenças significativas foram observadas nas dosagens mais elevadas, possivelmente porque nas doses menores os teores não foram suficientes para alterar a concentração de Mg já existente no solo.

Trabalhos com teores de nutrientes para grama bermudas no Brasil são escassos, porém, Lima (2009), apontam teores de N de 10 a 17 g kg⁻¹, P 1,5 a 1,6 g kg⁻¹, K 9 a 16 g kg⁻¹, Mg 0,9 – 1,0 g kg⁻¹, S 1,7 a 2,8 g kg⁻¹, e nossos resultados demonstram que as concentrações obtidas neste experimento são semelhantes, sendo para alguns nutrientes superiores aos observados pelo referido autor. A literatura estrangeira sobre concentração de nutrientes em gramas bermuda (MILL e JONES, 1996), mostrou que os teores observados dos macro e micro nutrientes estão dentro da faixa considerada adequada.

4.2.4 Teor de silício na planta

O teor de Si na lamina foliar foi influenciado tanto pelo corretivo aplicado, como também pelas doses (Tabela 12), e teores mais elevados foram encontrados para os tratamentos onde foi utilizada escória de aciaria em todas as doses aplicadas (Figura 22). Apesar da concentração de Si não ter sido detectado no calcário, com o aumento de doses observou-se uma pequena elevação nos teores. Sousa et al. (2010), ao analisarem o aproveitamento de silício

proveniente de escória de siderurgia, por cultivares de cana-de-açúcar, observaram que a aplicação de escória de siderurgia (silicato), com 112 g kg^{-1} de Si total, aumentou o teor de Si disponível no solo e o teor foliar da cana-de-açúcar. A aplicação do calcário também resultou em aumento na disponibilidade de silício no solo, porém, com o efeito mais discreto em comparação ao uso da escória. Camargo et al. (2007) verificaram maior disponibilidade de silício no solo após a aplicação de doses de calcário, em um grupo de solos com textura variando de média a arenosa, e atribuiu este comportamento à menor adsorção de Si na superfície do solo, por efeito do aumento do pH.

Os teores de Si são variados entre as espécies. No entanto, dependendo da espécie o teor de Si no tecido vegetal pode variar, sendo considerada plantas acumuladoras de Si aquelas cujo teor é maior que 10 g kg^{-1} . Portanto, pelos resultados obtidos a grama bermudas esta entre as espécies consideradas acumuladoras de Si.

Os teores de Si observados na lâmina foliar variaram de 10,9 a 33,9 g de Si por kg de massa seca. Este resultado encontra-se acima dos apresentados por Korndorfer et al. (2004), que foram de 7 g kg^{-1} para plantas que não receberam Si e de 14 g kg^{-1} para as com aplicação de Si. Apesar das doses de silicato aumentar de modo gradativamente, o mesmo não se pode dizer com relação ao teor de Si na planta, que aumentou cerca de 10 g kg^{-1} da penúltima para a última dose aplicada. Para justificar este efeito deve-se considerar que além do Si proveniente do silicato aplicado, o efeito corretivo do mesmo pode ter gerado maior disponibilidade do Si já presente no solo.

Além dos efeitos já conhecidos do Si em plantas, como melhoria da arquitetura de folha, diminuição da transpiração, diminuição da incidência de doenças foliares, especificamente para os gramados, o aumento do Si no teor foliar pode promover alguns efeitos como a tolerância ao desgaste do gramado. Saiguia et al. (2000), demonstraram melhoria significativa na resistência ao desgaste de Zoysiagrass, cultivar Miyako. Efeito na diminuição do desgaste do gramado foi também observado em plantas do gênero Paspalum (Trenholm et al., 2004).

Tabela 12. Concentração de Si na lâmina foliar em função da aplicação de calcário e escória de aciaria.

	Calcário	Escória
	-----Valor de f (significância)-----	
Corr.(C)	211,635**	
Sat. (S)	78,147**	
C x S	34,882**	
Bloco	0,707ns	
CV (%)	8,79	
Saturação por base	Calcário	Escória
-----%-----	-----g kg ⁻¹ -----	
12	12,5 a	10,9 a
30	11,8 b	20,1 a
50	16,5 b	22,5 a
70	17,2 b	23,2 a
90	16,2 b	33,9 a
Média	14,7 b	22,2 a
Ef. de doses	L**	L**

(¹) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. (²) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S. – não significativo.*: P<0,05; ** P<0,01

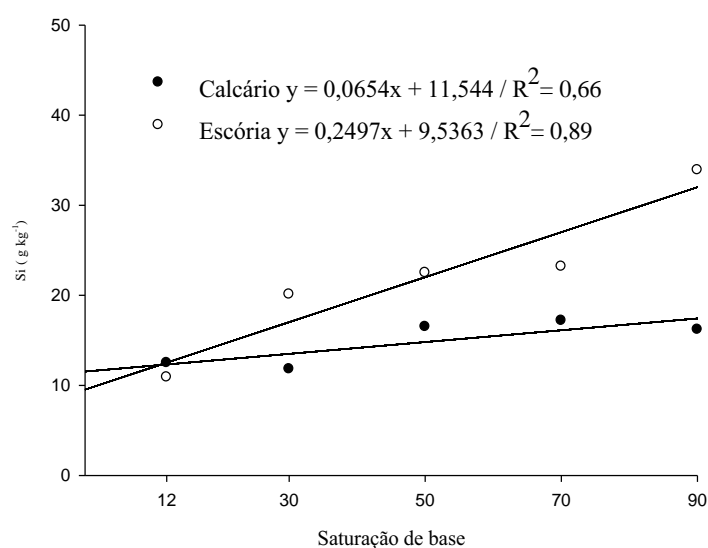


Figura 22. Ajustes matemático da concentração de Si foliar em função das saturações de base no solo por calcário e escória de aciaria.

4.2.5 Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Si, B, Cu, Fe, Mn e Zn na lamina foliar

Na Tabela 13 são apresentados os resultados de acúmulo total de macro e micro nutrientes pela grama bermuda, considerando as doses aplicadas de calcário e escória de

aciaria. Verifica-se que, o acúmulo de nutrientes na lâmina foliar da grama bermuda foi alterado significativamente em função das doses desses corretivos, exceto para o Mn. Porém, não foram observadas diferenças entre os corretivos, onde a escória promoveu aumento na quantidade acumulada desse nutriente em relação ao calcário.

A quantidade de Si contida na lâmina foliar evidencia a importante contribuição das doses dos corretivos neste parâmetro. A quantidade de Si foi crescente com o aumento das doses, no entanto, na escória os valores observados foram em média 69% superiores aos tratamentos com calcário, reforçando os resultados já discutidos entre as fontes e doses de calcário.

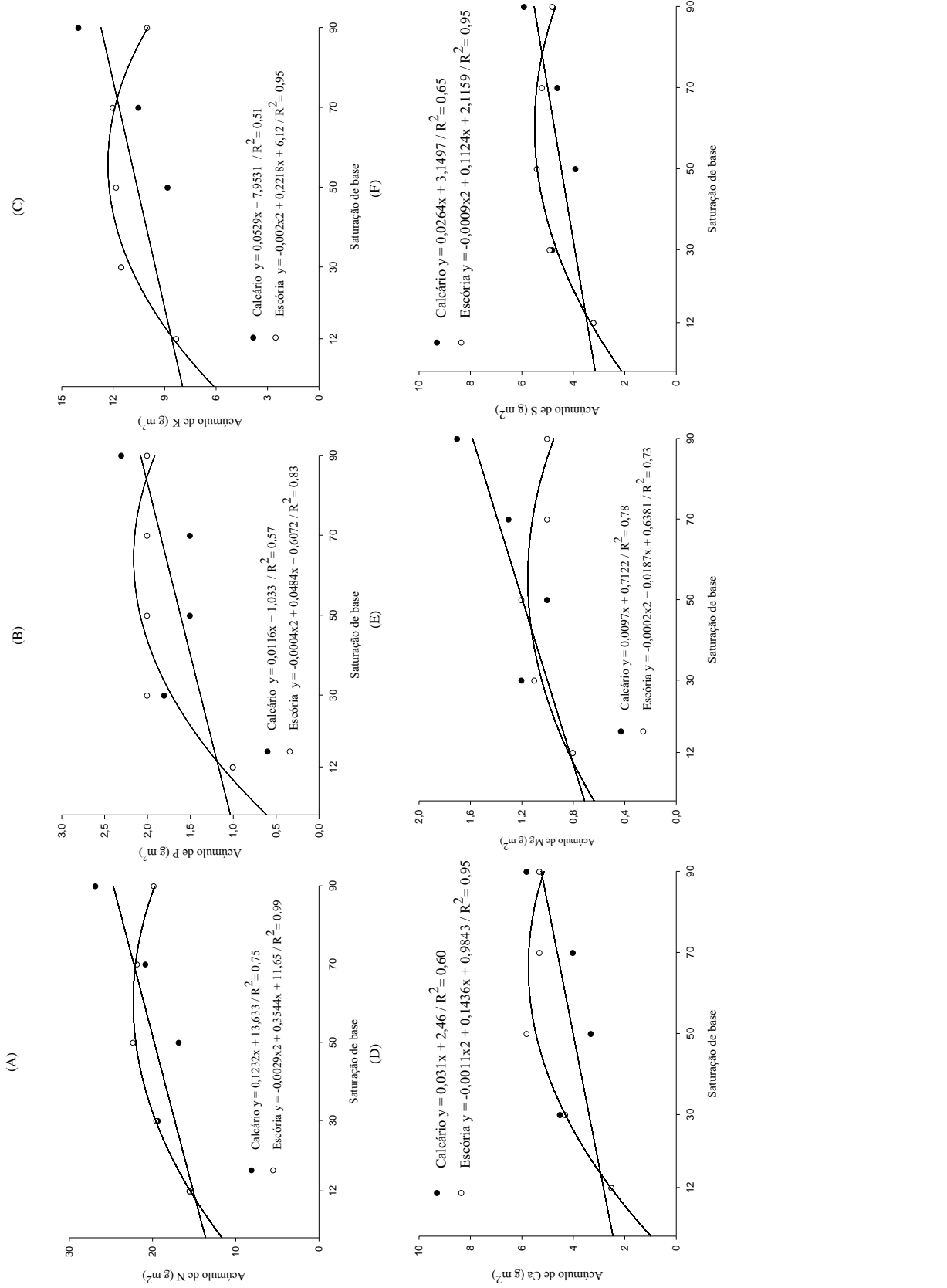
O acúmulo de macronutrientes em função das doses de corretivos foram mais bem representados por equações, linear para o calcário, e quadrática para a escória (Figura 24). No caso da escória, o ponto de inflexão da curva foi alcançado com uma saturação desejada em torno de 50%, a partir desse valor foi observado decréscimo no acúmulo. Para o calcário, o maior valor de acúmulo foi atingido para todos os macronutrientes na dose mais elevada, e esse aumento pode ser justificado pelo pH, que se elevou de forma linear com a dose do corretivo, favorecendo a disponibilidade desses nutrientes aos atingirem o pH em torno de 6,2. A mesma explicação, no entanto, não explica a resposta quadrática observada para o silicato, visto que o pH continuou o aumento, o que não foi correspondido com o aumento de acúmulo. Deve-se considerar que o Si acumulou na planta em maior quantidade, comparando todos os macronutrientes, inclusive atingiu no tratamento com silicato, o dobro do acúmulo do nitrogênio (nutriente em maior quantidade). Portanto, pode-se sugerir que a elevação do acúmulo de Si, principalmente nas doses mais elevadas, tenha interferido na absorção dos macronutrientes a partir da dose para elevar a saturação em 50% quando o silicato foi aplicado.

Para os micronutrientes, o acúmulo em função da dose pode ser representado, de modo geral, por uma equação linear de modo semelhante ao explicado para os macronutrientes, com exceção ao Mn, porém para os silicatos as respostas não puderam ser explicada por equações, demonstrando haver um outro fator interferindo na disponibilidade desse nutrientes no solo e sua absorção pela planta.

Tabela 13. Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Si, B, Cu, Fe, Mn e Zn na lâmina foliar em função da aplicação de calcário e escória de aciaria.

	Valor de f (significância)													
	N	P	K	Ca	Mg	S	Si	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
Corre (C)	0,002ns	2,400ns	0,017ns	3,904ns	3,703ns	0,597ns	78,755ns	0,019ns	0,492ns	0,159ns	4,812*	0,261ns		
Sat. (S)	5,748**	8,475**	2,925*	10,477**	3,927*	7,495**	36,350**	3,118*	4,752**	3,330*	1,151ns	2,802*		
C X S	3,522*	1,275ns	2,254ns	3,429*	3,129*	2,511*	6,677ns	5,200**	2,440ns	0,752ns	1,615ns	2,725ns		
Bloco	1,710ns	2,00ns	1,387ns	1,663ns	0,866ns	0,744ns	0,268ns	11,356**	2,047ns	4,217*	1,403ns	3,865*		
CV (%)	17,07	24,01	23,06	22,33	26,32	17,88	35,57	27,19	26,78	58,02	29,59	40,80		
SB														S
	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória
12	15,5	15,5	1,0	1,0	8,3	8,3	2,5	2,5	0,8	0,8	3,2	3,2		
30	19,3	19,5	1,8	2,0	11,5	11,5	4,5	4,3	1,2	1,1	4,8	4,8		
50	16,8	22,3	1,5	2,0	8,8	11,8	3,3	5,8	1,0	1,2	3,9	5,4		
70	20,8	21,8	1,5	2,0	10,5	12,0	4,0	5,3	1,3	1,0	4,6	5,2		
90	26,8	19,8	2,3	2,0	14,0	10,0	5,8	5,3	1,7	1,0	5,9	4,8		
Média	19,8	19,8	1,6	1,8	10,6	10,7	4,0	4,6	1,2	1,0	4,9	4,7		
Ef. dose	L**	Q*	L**	Q*	L*	Q*	L**	Q**	L**	Q*	L**	Q**		
SB														Zn
	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória	Calcário	Escória
12	20,0	20,0	7,8	7,8	10,5	10,5	1946,8	1946,8	91,5 a	91,5 a	22,5	22,5		
30	28,2	29,4	5,0	8,0	15,5	17,0	1495,3	1591,8	91,3 a	96,0 a	39,0	34,8		
50	25,5	40,3	7,3	11,3	12,0	17,0	2233,3	2638,3	57,3 b	110,0 a	23,3	46,5		
70	33,2	34,4	9,5	8,5	13,3	17,5	1907,3	2358,0	57,5 a	83,0 a	35,8	50,3		
90	41,1	51,9	13,0	7,5	16,0	22,3	4693,0	3061,5	78,5 a	81,5 a	55,5	34,0		
Média	29,81	34,96	8,5	8,6	14,7	15,6	2474,4	2299,9	75,2 b	92,4 a	35,2	37,6		
Ef. dose	L*	L**	L**	N:S	L**	N:S	L*	N:S	N:S	N:S	L*	Q*		

(¹) Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%. (²) L: efeito linear; Q: efeito quadrático; N.S. – não significativo. *: P<0,05; **: P<0,01.



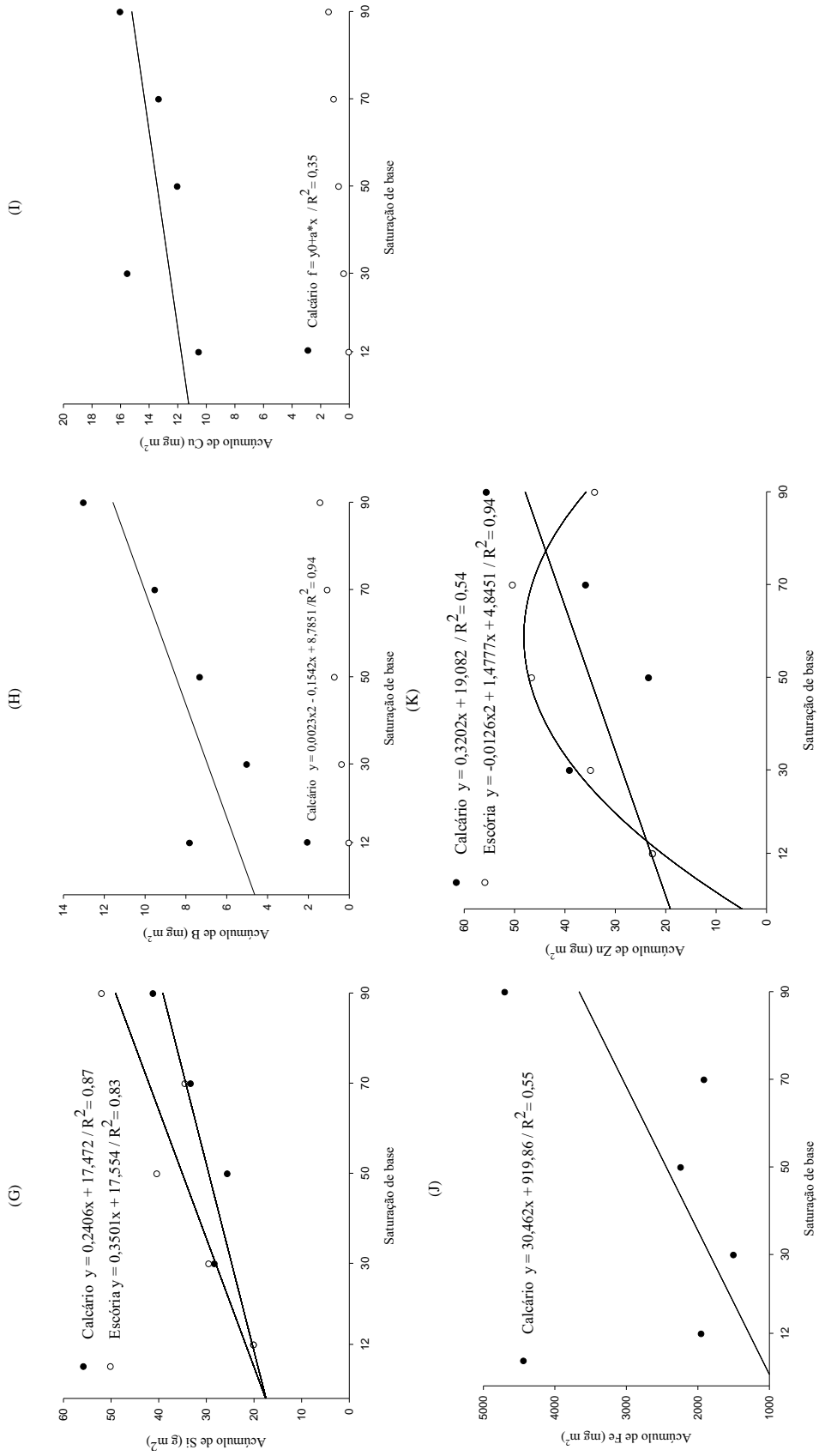


Figura 23. Ajustes matemáticos dos acúmulos de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E), S (F), Si (G), B (H), Cu (I), Fe (J) e Zn (K) em função das saturações de base no solo por calcário e escória de aciaria.

Como já é conhecido, o aumento de pH promove diminuição da disponibilidade dos cátions metálicos (Cu, Fe, Mn e Zn), no entanto, sabe-se que os silicatos podem conter estes micronutrientes de forma residual, e com o aumento da quantidade de silicato, maior será a quantidade desse nutrientes no solo. Por isso, pode-se sugerir que o conteúdo de micronutrientes para o silicato não apresentou resposta em função das doses em função desses dois fatores.

A interação corretivo x saturação foi evidenciada para N (na dose mais elevada), para Ca (na saturação desejada de 50%), Mg e B (na dose mais elevada). O conteúdo mais elevado de Ca na escória explica o maior acúmulo desse nutriente, sendo esta também a explicação para maior teor de Mg e B observado com uso de calcário. Quanto ao enxofre, conforme já mencionado, o silicato ao ser adsorvido, libera para solução o sulfato, promovendo aumento no acúmulo em relação ao calcário.

4.3 Correlação Si extraído do solo e acúmulo de Si na planta

Observa-se na figura 25 que a correlação entre o teor de Si no solo e o teor de Si acumulado na planta foram positivas nas duas camadas de solo, e para os dois extratores de Si, ácido acético e cloreto de cálcio.

A maior correlação de Si foi obtida com a solução de ácido acético na camada de 10-20 cm e menor na camada de 0-10 quando comparado ao cloreto de cálcio. Resultado semelhante foi obtido por Korndörfer et al. (2002), de modo que o ácido acético apresentou maior correlação com o teor absorvido pelas plantas que o cloreto de cálcio.

Berthelsen & Korndörfer (2005), verificaram que muitos extratores apresentam excelentes curvas de resposta com o Si obtido pelas plantas, porém, após adições de silicatos nesses solos, alguns extratores passaram a superestimar a disponibilidade de Si nas plantas. Berthelsen et al. (2003); Camargo et al. (2007); Pereira et al. (2007) e Ramos et al. (2008) mostram boa correlação entre os teores de silício nas folhas, do silício extraído com cloreto de cálcio ou ácido acético.

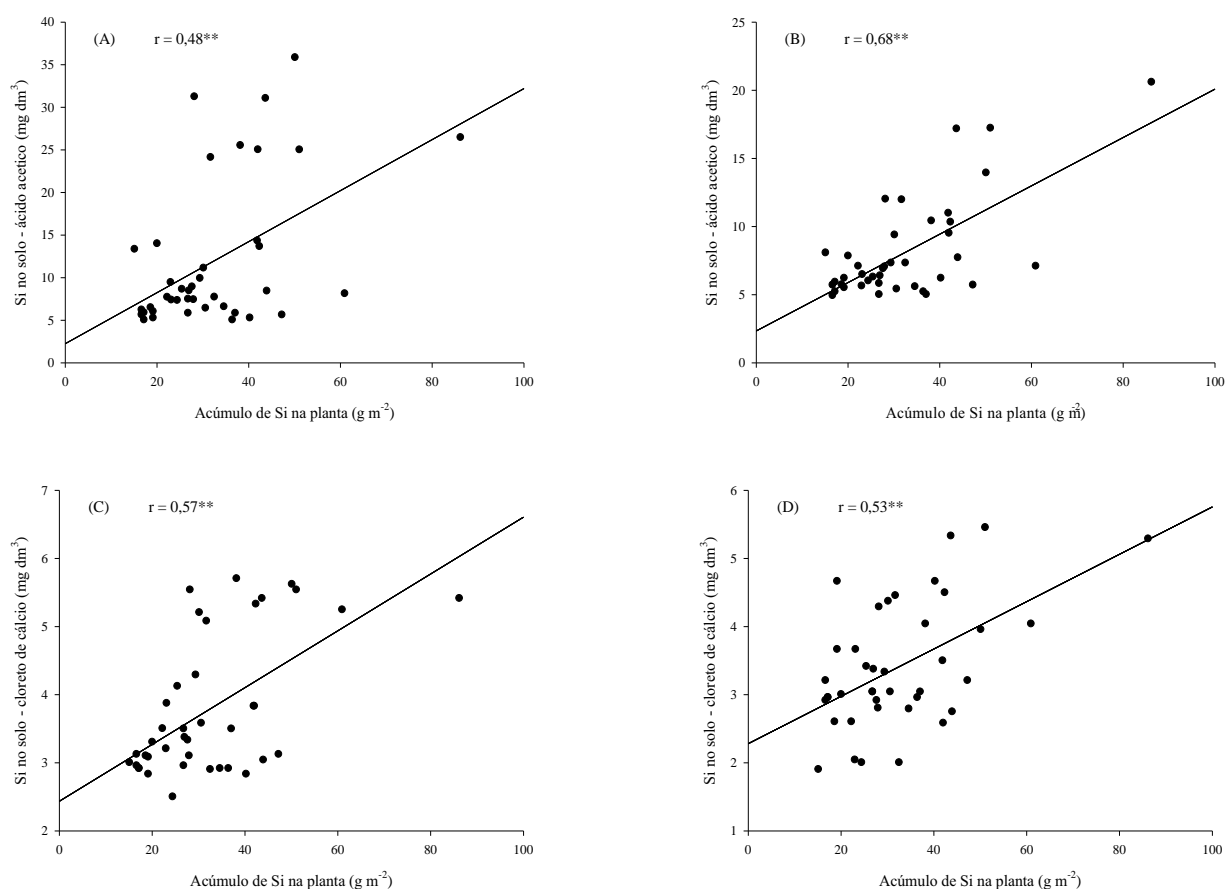


Figura 24. Correlação entre silício determinado no solo e silício acumulado pela planta (A) extrator ácido acético camada de solo 0 – 10 cm; (B) extrator ácido acético camada de solo 10 – 20 cm; (C) extrator cloreto de cálcio camada de solo 0 – 10 cm e (D) extrator cloreto de cálcio camada de solo 10 – 20 cm.

Ao avaliar extratores e fontes de silício (Si) na cultura do arroz em Neossolo Quartzarênico em casa de vegetação, e as correlações entre o teor de Si nas plantas de arroz e o teor de Si no solo, pelos diferentes extratores, Pereira et al., (2007) observou que o ácido acético além de apresentar a correlação mais baixa entre todos os extratores, apresentou resultado contrário ao esperado, isso confirma sua capacidade de extrair Si de fontes presentes no solo que são de baixa solubilidade. Barbosa Filho et al. (2001) avaliaram extratores de Si em solos com e sem aplicação de silicato de cálcio e concluíram que a extração com ácido acético foi a mais eficiente, na avaliação da disponibilidade de Si nos solos da área agrícola de Everglades na Flórida. Resultados semelhantes também foram obtidos por Korndörfer et al. (1999), tais resultados não se confirmam quando se utilizam fontes de diferentes origens.

Dessa forma, independentemente da solução utilizada, considera-se necessário que ela apresente correlação satisfatória entre o silício extraído e aquele absorvido pelas plantas. A solução de ácido acético foi a mais utilizada no Brasil (KORNDÖRFER et al.1999), mas alguns trabalhos têm mostrado que o pH pode influenciar de forma negativa, resultando em valores extraídos maiores que os realmente disponíveis às plantas (CAMARGO, 2003; QUEIROZ, 2003; DALTO, 2003). Conforme relatado por Vidal (2003), o extrator cloreto de cálcio ($0,01 \text{ Mol L}^{-1}$) pode apresentar maiores correlações entre o silício extraído no solo e a quantidade de silício absorvida pela planta teste, porém ainda são necessários mais estudos sobre o assunto.

5. CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados obtidos nas condições experimentais deste trabalho, pode-se concluir que os corretivos apresentaram comportamentos diferentes em relação à camada do solo, e a escória de aciaria proporcionou maior taxa de cobertura do solo pela grama bermuda quando comparado ao calcário aos 114 e 161 dias após o transplante (dat), sendo a máxima taxa de cobertura obtida com a saturação por bases de 60% aos 161 dat.

É válido ressaltar que a escória de aciaria aumentou os teores de P e Ca no solo e o calcário os teores de Mg, não havendo diferença para os demais nutrientes. E as disponibilidades dos micronutrientes aumentaram com o uso dos corretivos, tendo destaque ao Fe e ao B quando se utilizou escória de aciaria.

6. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. Anuário estatístico da agricultura brasileira. **Gramma em tapetes**: custo de produção. São Paulo, 2006. 314 p.

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos**. São Paulo: ANDA, 2005. (Boletim Técnico, 6).

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1992. (Boletim Técnico, 6).

BALDEÓN, J. R. M. **Efeito da ação alcalinizante e do silício na eficiência do termofosfato magnésiano em solos ácidos**. Piracicaba, 1995. 92 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

BARBOSA, N. C. et al. Formas de aplicação de silicato de cálcio e magnésio na cultura do sorgo em Neossolo Quartzarênico de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 290-296, 2008.

BARBOSA FILHO, M. P. et al. Evaluation of soil test procedures for determining rice-available silicon. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Everglades, v. 32, p. 1779-1792, 2001.

BARBOSA FILHO, M. P. et al. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 325-330, 2001.

BEARD, J. B. An assessment of water use by turfgrasses. **Turfgrass water conservation**. University of California Division of Agriculture & Natural Resources, 1985. Disponível em: <<http://www.turgrassod.org/trc/statistics.html>>. Acesso em: 20 maio 2012.

BEARD, J. B. **Turfgrass**: science and culture. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1973. 235 p.

BERTHELSEN, S. **An assessment of the silicon status of soil in North Queensland, and the impact of sub-optimal plant available soil silicon on sugarcane production systems.** 2000. 261 p. Thesis (M.Sc.)-James Cook University, Townsville, 2000.

BERTHELSEN, S.; KORNDÖRFER, G. H. Methods for Si analysis in plant, soil and fertilizers. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. **Proceedings...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005. p. 85-90.

BERTHELSEN, S. et al. Effect of Ca-silicate amendments on soil chemical properties under a sugarcane cropping system. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 2., 2002. Tsuruoka. **Proceedings...** Tsuruoka: Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, 2002. p. 57.

BERTHELSEN, S. et al. **Improving yield and ccs in sugarcane through the application of silicon based amendments:** final report: SRDC Project CLW009. Melbourne: CSIRO Land and Water, 2003. 143 p.

BRAGA, A. M. C. **Eficiência de fontes e doses de fertilizantes contendo silício na adubação do arroz inundado e do sorgo.** 2004. 123 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

CAMARGO, M. S.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Solubilidade do silício em solos: influência do calcário e ácido silícico aplicados. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 637-647, 2007.

CARROW, R. N.; WADDINGTON, D. V.; RIEKE, P. E. **Turfgrass soil fertility and chemical problem:** assessment and management. Chelsea: Ann Arbor Press, 2001. 400 p.

CARVALHO, R. et al. Dessorção de fósforo por silício em solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 69-74, 2000.

CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, 2004.

CENSUS OF AGRICULTURE OF UNITED STATES OF AMERICA 2002. Disponível em: <http://www.nass.usda.gov/census/census02/volume1/us/st99_2_034_034.pdf>. Acesso em: 12 maio 2012.

COELHO, P. E. Da escória ao vidro. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, v. 49, p. 36-45, dez. 1998.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE GOLFE. **Campos e clubes de golfe do Brasil.** Disponível em: <http://www.cbg.com.br/por_dentro/indice_clubes.asp>. Acesso em: 12 maio 2012.

CORSINI, C. A.; ZANOBIÁ, D. Conservação de áreas com cobertura vegetal e limpeza em rodovias. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. **Produção, implantação e manutenção:** anais... Botucatu: FCA/UNESP, 2003. 1 CD-ROM.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Adubação silicatada e estresse hídrico em batata. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2007. p. 218-221.

DALTO, G. **Manejo de silicato e calcário em soja cultivada sobre palhada de cana-de-açúcar.** 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Solos)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, DF: Embrapa, 1999. 412 p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar:** versão 4.2. Lavras: Ed. UFLA, 2003.

FIRME, D. J. **Enriquecimento e fusão de escória de siderurgia como fosfato natural.** 1986. 55 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.

GODOY, L. J. G. **Adubação nitrogenada para produção de tapetes de grama Santo Agostinho e Esmeralda.** 2005. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. V. Nutrição de gramados. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/UNESP, 2003. 1 CD-ROM.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. **Produção e consumo de gramas crescem no Brasil.** In: **AGRIANUAL.** Anuário da agricultura brasileira. 10. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformática, 2005. p. 35-38.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 14. ed. Piracicaba: ESALQ, 2000.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício:** solo, planta e fertilizante. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim Técnico, 2).

KORNDÖRFER, G. H. et al. Avaliação de métodos de extração de silício para solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 23, p. 101-106, 1999.

KORNDÖRFER, G. H. et al. Calibration of soil and plant silicon analysis for rice production. **Journal of Plant Nutrition,** New York, v. 24, p. 1071-1084, 2001.

KORNDÖRFER, G. H. et al. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura.** 2. ed. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2002. 24 p. (Boletim Técnico, 1).

LOUZADA, P. T. C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo.** 1987. 52 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1987.

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

MELO, S. P. et al. Silicon accumulation and water deficit tolerance in *Brachiaria grasses*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, p. 755-759, 2003.

PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L. **Manejo da acidez do solo**. Londrina: IAPAR, 1997. (Circular, 95).

PEREIRA, H. S. et al. Avaliação de fontes e de extratores de silício no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 239-247, fev. 2007.

PEREIRA, H. S. et al. Silicon sources for rice crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, p. 522-528, 2004.

PIMENTA, C. H. Produção de gramas. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. **Produção, implantação e manutenção: anais...** Botucatu: FCA/UNESP, 2003. 1 CD-ROM.

PLUCKNETT, D. L. **The use of soluble silicates in Hawaiian agriculture**. Queensland: University of Queensland, v. 1, p. 203-223, 1971.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, p. 1199-1204, 2001.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo na soqueira da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 287-296, 2003.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes da cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 129-135, 2002.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p. 83-90, 2001.

QIAN, Y. L.; FOLLETT, R. F. Assessing soil carbon sequestration in turfgrass systems using long-term soil testing data. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, p. 930-935, 2002.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111 p.

QUEIROZ, A. A. **Reação de fontes de silício em quatro solos do cerrado**. 2003. 39 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia)-Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

RAIJ, B. van. et al. Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem. **Bragantia**, Campinas, v. 42, n. 13, p. 149-156, 1983.

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

RAIJ, B. van. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. **Boletim Técnico do Instituto Agronômico**, n. 100, Campinas, 1997. 285 p.

RAMOS, L. A. et al. Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 751-757, jul./set. 2008.

SANTOS, V. M. **Potencial da escória silicatada na correção da acidez do solo em plantio direto**. 1999. 38 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

SOUSA, R. T. X. et al. Aproveitamento de silício proveniente de escória siderúrgica por cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 669-676, 2010.

SUMIDA, H. Plant available silicon in paddy soils. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 2., Tsuruoka, 2002. **Proceedings...** Tsuruoka: Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, 2002. p. 43-49.

TOKURA, A. M. et al. Silício e fósforo em diferentes solos cultivados com arroz de sequeiro. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 9-16, 2007.

TURFGRASS PRODUCERS INTERNATIONAL. **Turfgrass**: functional, recreational e aesthetic. Turf Resource Center, 2002. Disponível em: <<http://www.turgrasssod.org/trc/statistics.html>>. Acesso em: 23 maio 2012.

VIDAL, A. **Efeito do pH na solubilidade de silício em solos da região do Triângulo Mineiro**. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2005.

XU, G. et al. Assessing methods of available silicon in calcareous soils. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Georgia, v. 32, p. 787-801, 2001.

ZANON, M. E. O mercado de gramas no Brasil, cadeia produtiva, situação e perspectivas. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. **Produção, implantação e manutenção: anais...** Botucatu: FCA/UNESP, 2003. 1 CD-ROM.