

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LETÍCIA DE ABREU FARIA

**Levantamento sobre Selênio em solos e plantas do Estado  
de São Paulo e sua aplicação em plantas forrageiras**

---

Pirassununga  
2009

LETÍCIA DE ABREU FARIA

**Levantamento sobre Selênio em solos e plantas do Estado  
de São Paulo e sua aplicação em plantas forrageiras**

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz

---

Pirassununga  
2009

Dedico este trabalho realizado a

Aos meus pais João e Rute,  
pelo apoio e amor incondicional oferecido  
e por serem exemplos de persistência, dignidade e honestidade

Aos meus irmãos Amanda e João Alberto  
que sempre estão torcendo para mim  
e participaram das melhores fases da minha vida

As minhas avós Melânia (*in memoriam*) e Lúcia por todo o estímulo,  
exemplo e amor oferecidos

As minhas irmãs por opção, Ana Paula, Daniele e Michelle  
pelo companheirismo, amizade e atenção.

## **AGRADECIMENTOS**

- A Deus por ter conquistado esse mérito com saúde, amigos e família.
- Ao mestre, paraninfo e orientador Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz pelos conhecimentos e amizade que nos anos de convivência muito contribuíram para meu crescimento científico, intelectual e humano.
- Aos Professores Doutores Valdo Rodrigues Herling, Marcus Antônio Zanetti (FZEA/USP) pela atenção e auxílio em muitas etapas do trabalho realizado.
- Ao Prof. Dr. Jairo Antônio Mazza (ESALQ/USP) pela colaboração em uma das mais importantes etapas do trabalho realizado sem medir esforços.
- Ao Prof. Dr. Cesar Gonçalves de Lima pelo exemplo e por toda colaboração oferecida sem medir esforços.
- A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Célia Regina Orlandelli Carrer pelo exemplo e por sua colaboração em meu trajeto
- Aos funcionários, estagiários e amigos que trabalham ou trabalharam no Laboratório de Solos Anderson, Geisa, Paula, Patrícia, Tatiana, Fernando, Bruna, Renata pelo carinho, atenção e dedicação a mim e a pesquisa realizada.
- Aos funcionários das Agrárias Glaziela, Paulo Tonetti e Marcos (Marquinhos) por toda a dedicação e atenção proporcionada.
- Aos amigos de Pós-graduação que colaboraram com a execução de atividades relacionadas à pesquisa Felipe B. Macedo, Agostinho D. M. Francisco, Thiago F. G. Delgado, Henrique Baltazar pela colaboração em algumas fases deste trabalho
- Aos alunos de graduação que colaboram com as atividades do projeto Felipe Perrone, Murilo, Gabriela, Juliana Baldin e Juliana Cisotto.
- Aos funcionários da FZEA e PCAPS pelo estímulo e auxílio, mesmo que indiretamente, em especial para Alecelma (faxineira), Valmir (motorista), Luciano, Sebastião e Adriano (seguranças) que estiveram sempre próximos e que foram grandes colegas de trabalho.
- As amigas e companheiras de república Elizabeth e Nayara pelos bons momentos, pelo apoio e carinho vividos no primeiro ano de mestrado.
- As amigas e companheiras da República Curinga, Ana Paula, Elisa, Innae, Natasha, Kathleen pelo carinho, amizade e os bons momentos vividos no segundo ano de mestrado.

- As amigas Maria Conceição e a Layla por toda ajuda, atenção e disposição prestadas nestes dois anos
- Aos amigos de Pós-graduação Melissa, Lígia, Aline, Paula, Victor, Marcinha, Juliana, Débora, Tiane, Lisia e André pela amizade e ótimos momentos.
- Aos amigos da Republica Privada e seus agregados e a todos os muitos amigos de FZEA conquistados e reconquistados durante esses dois últimos anos.
- Aos inesquecíveis amigos da XXIV Turma de Zootecnia da FZEA/USP pelos ótimos momentos juntos e pela continuidade da amizade.
- Aos meus queridos amigos Daniela Pedrosa, Sidnei Nakashima, Renata Anaruma, Cristiane Panelli e Melissa Selaysim por toda a dedicação.
- Ao Prof. Margutti pelas histórias e momentos esportivos de muita alegria.
- A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos no Mestrado.
- A FZEA por toda estrutura física e humana que me apoiaram durante todos esses anos e que me proporcionou muitos dos melhores anos de minha vida.
- Ao IAC pela cooperação com a execução do experimento através das análises de Selênio
- A Fundação MAPFRE pelo prêmio de incentivo a pesquisa colaborando com o experimento intitulado “Aplicação de fontes de enxofre para correção de solos com excesso de selênio”, que vem sendo realizado paralelamente ao projeto principal de obtenção do título de Mestrado

“Há que se cuidar da vida  
Há que se cuidar do mundo  
Tomar conta da amizade  
Alegria e muito sonho  
Espalhados no caminho  
Verdes: plantas e sentimento  
Folhas, coração, juventude e fé.”  
*(Wagner Tiso / Milton Nascimento)*

## RESUMO

FARIA, L.A. **Levantamento sobre Selênio em solos e plantas do Estado de São Paulo e sua aplicação em plantas forrageiras**. 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

A incidência de altas concentrações de selênio (Se) no solo é relatada em várias partes do mundo. Em regiões do estado de São Paulo se observou deficiência em gramíneas, provavelmente associadas ao solo, que em alguns países é corrigido através de fertilização. O Se é essencial aos animais e sua deficiência implica na ocorrência de doenças e nas plantas superiores sua essencialidade também foi constatada. É relevante a falta de informações sobre o assunto a ser estudado, principalmente em solos tropicais. O objetivo da pesquisa foi a obtenção de informações sobre Se no sistema solo x planta. O experimento foi conduzido na FZEA/USP, e constou de uma fase de levantamento de dados sobre os teores de Se em diferentes solos brasileiros e para o teor foliar de *Brachiaria decumbens* neles desenvolvidas. A segunda fase consistiu na avaliação da aplicação de doses Selenato de sódio em solos considerados com teores deficientes de Se com o cultivo da gramínea *Brachiaria brizantha* [(Hochst. ex A. Rich.) Stapf] cv. Marandu e da leguminosa *Stylosanthes capitata* cv. Campo Grande avaliando os reflexos do micronutriente na nutrição mineral da planta, o que tem implicação direta na nutrição animal. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em fatorial 3x2x3, sendo os fatores: 1º Fator: tipos de solo (Argissolo Amarelo, Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho eutroférico); 2º Fator: plantas forrageiras (*Brachiaria brizantha* e *Stylosanthes capitata*) e o 3º Fator: doses de selênio (0, 10 e 20 g.ha<sup>-1</sup>), com 4 repetições e realização de dois cortes (30 e 80 dias após a uniformização) e os dados foram analisados pelo proc mixed do SAS (2004). Na primeira fase verificou-se que os solos avaliados apresentaram baixos teores de Se e conseqüentemente, a gramínea desenvolvida neles apresentaram teores considerados deficientes, confirmando a relação do Se no solo e na planta que, pode ser variável de solo para solo. Os teores no solo apresentaram correlação negativa com o teor de areia. A leguminosa apresentou maior capacidade de absorção uma vez que, as doses aplicadas nos solos não foram satisfatórias para que a gramínea atingisse teores foliares necessários para suprir as exigências do animal. No caso da leguminosa a dose de 10 g.ha<sup>-1</sup> já foi suficiente para que a planta atingisse o teor requerido, porém o aumento dos teores de Se na parte vegetal foram acompanhados por uma significativa redução nos teores de proteína. As doses não modificaram a produção de massa seca, mas alteraram a composição química das plantas com interferência nos teores de Ca na gramínea e de Ca, S, Fe e Mn na leguminosa. A fertilização do solo com doses de até 20 g.ha<sup>-1</sup> de Se em pastagens consorciadas com leguminosas pode favorecer o aumento do consumo de Se pelos animais, porém em um curto espaço de tempo. Em pastagens solteiras, somente com *Brachiaria brizantha* essas doses foram baixas assegurando a necessidade de mais estudos para que seja possível a recomendação de doses eficientes sem correr riscos de intoxicação do animal, ou mesmo da planta.

**Palavras-chave:** gramínea, leguminosa, selenato de sódio.

## ABSTRACT

FARIA, L.A. **Overview Selenium quantity in soils and plants of State São Paulo, and Selenium application in different forages.** 2009. 74 p. Thesis (Master Degree) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

High Selenium (Se) concentrations in soil are reported in some places around the world. Deficiencies in grasses were observed in São Paulo's state areas, probably associated with soil's quantity of Selenium. Some countries correct this deficiency through of fertilization. Se is essential to animals and its deficiency causes diseases. Se essentiality in plants was evidenced. There is few scientific information about this subject, mainly in tropical soils. Research object was to get information about Se in soil x plant system. The research was realized in FZEA/USP and it had a part of data-collecting of Se quantities in Brazilian soils, and also Se quantities in plant (*Brachiaria decumbens*) developed in these soils. The second part involved different levels' application of Sodium selenate in soils with cultures of one grassy *Brachiaria brizantha* [(Hochst. ex A. Rich.) Stapf] cv. Marandu and of one legume *Stylosanthes capitata* cv. Campo Grande. These soils were deficient in Se quantities. It was evaluated the consequences of the Selenium in plant's mineral nutrition because its implication in animal's nutrition. Experimental design was randomized blocks with factorial 3x2x3: **1º Factor:** soil's kinds (typic hapludalf, Oxisol, Red Dusky Podzol); **2º Factor:** forages (*Brachiaria brizantha* e *Stylosanthes capitata*) and **3º Factor:** Selenium levels (0, 10 and 20 g.ha<sup>-1</sup>). It was 4 repetitions and two cuts (30 and 80 days later uniformization). Datum were analyzed in proc mixed of the SAS (2004). The first part of research concluded that the soils had Se low quantities and consequently, the grassy had deficient quantities too. It confirmed the Se's relation soil-plant can be variable of soil to soil. Se's quantities in Soil had presented high negative correlation with sand quantities. Legume had greater capacity to Se's absorption. Levels of Se's applications in soil weren't satisfactory to grassy, because Se's quantities in plant weren't sufficient to supply animal requirement. Legume got enough plant quantity with 10 g.ha<sup>-1</sup>. However, the increase in plant quantity to legume was followed of significant reduction in protein quantities. Se's levels didn't modified dry matter production. Se's levels modified plant's chemical composition with interference in Ca quantities to grassy and Ca, S, Fe and Mn to legume. Se's animal consumption would be benefited in pasture with legume in consort with application until 20 g.ha<sup>-1</sup> in soil fertilization, however during short period. The levels evaluated won't be sufficient to pastures with only *Brachiaria brizantha*. This fact assured the necessity of more research to determinate the efficient level without risks of animal intoxication or plant intoxication.

**Keywords:** Brazil, grassy, legume, selenate of sodium



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Selênio .....	<b>3</b>
2.1.1 Selênio no solo.....	<b>3</b>
2.1.2 Selênio na planta.....	<b>6</b>
2.2 <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu.....	<b>10</b>
2.3 <i>Stylosanthes capitata</i> cv. Campo Grande .....	<b>10</b>
2.4 Solos e ocorrências no Estado de São Paulo .....	<b>11</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>12</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
4.1 Levantamento de Selênio em solos brasileiros .....	<b>23</b>
4.2 Avaliações da aplicação de Selênio em gramínea e leguminosa submetidas a diferentes solos .....	<b>28</b>
4.2.1 Parâmetros químicos foliares da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	<b>28</b>
4.2.2 Parâmetros químicos foliares da <i>Stylosanthes capitata</i> cv. Campo Grande .....	<b>32</b>
4.2.3 Parâmetros químicos do solo submetidos à <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu .....	<b>37</b>
4.2.4 Parâmetros químicos do solo submetidos ao <i>Stylosanthes capitata</i> cv. Campo Grande .....	<b>40</b>
4.2.5 Selênio foliar e no solo para <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	<b>44</b>
4.2.6 Selênio foliar e no solo para <i>Stylosanthes capitata</i> Campo Grande.....	<b>48</b>
4.2.7 Parâmetros bromatológicos avaliados na <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu .....	<b>51</b>
4.9 Parâmetros bromatológicos avaliados no <i>Stylosanthes capitata</i> cv Campo Grande .....	<b>52</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>54</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>54</b>
<b>7 APÊNDICE</b> .....	<b>55</b>

## Tabelas

Tabela 1. Solos ocorrentes no Estado de São Paulo e no Brasil .....	11
Tabela 2. Localização dos solos avaliados no Estado de São Paulo.....	12
Tabela 3. Quadro da análise da variância (3 solos x 2 plantas forrageiras x 3 níveis de aplicação de Se no solo) .....	16
Tabela 4. Adubações realizadas durante o experimento em vasos .....	18
Tabela 6. Análise química e de Se nas plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> encontradas nos solos coletados .....	24
Tabela 5. Análise química e de Selênio nas profundidades 0-20 e 20-40 cm nos solos coletados.....	0
Tabela 7. Análise química e de Se nas plantas de <i>Brachiaria brizantha</i> submetidas a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo e ao longo do tempo .....	28
Tabela 8. Teores médios de Cobre foliar em <i>Brachiaria brizantha</i> submetidos a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo avaliados ao longo do tempo .....	31
Tabela 9. Análise química e de Se nas plantas de <i>Stylosanthes capitata</i> submetidas a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo e ao longo do tempo ....	32
Tabela 10. Teores médios de Cálcio foliar em <i>Stylosanthes capitata</i> submetidos a tratamentos com níveis de aplicação de Selênio no solo avaliados ao longo do tempo. ....	35
Tabela 11. Teores médios de ferro foliar em <i>Stylosanthes capitata</i> submetidos a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo avaliados ao longo do tempo .....	36
Tabela 12. Teores médios dos atributos químicos de fertilidade do solo submetidos à <i>Brachiaria brizantha</i> submetidos a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo.....	38
Tabela 13. Teores médios dos atributos químicos de fertilidade do solo submetidos ao <i>Stylosanthes capitata</i> submetidos a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo.....	41
Tabela 14. Teores médios de Se no solo e na planta para os solos e tratamentos com aplicação de níveis de Se submetidos à <i>Brachiaria brizantha</i> .....	45
Tabela 15. Teores médios de Se no solo e na planta para os solos e tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo submetidos ao <i>Stylosanthes capitata</i> . ....	48
Tabela 16. Médias de peso e comprimento de raiz de <i>Brachiaria brizantha</i> submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo .....	52
Tabela 17. Médias de peso e comprimento de raiz de <i>Stylosanthes capitata</i> submetido a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo .....	53

## Figuras

Figura 1. Mapa Pedológico do Estado de São Paulo.....	13
Figura 2. Localização dos pontos avaliados no Estado de São Paulo .....	13
Figura 3. Amostragem de solo .....	14
Figura 4. Avaliação Pedológica e amostragem de solo nos horizontes .....	15
Figura 5. <i>Brachiaria brizantha</i> aos 30 dias .....	19
Figura 6. <i>Stylosanthes capitata</i> aos 30 dias .....	20
Figura 7. Plantas forrageiras após o primeiro corte.....	21
Figura 8. Raiz do <i>Stylosanthes capitata</i> . .....	22
Figura 9. Correlação entre os teores de selênio foliares de <i>Brachiaria decumbens</i> com as camadas do solo (0-20 e 20-40 cm). .....	24
Figura 10. Correlação entre os teores de selênio foliares de <i>Brachiaria decumbens</i> e pH em $\text{CaCl}_2$ dos solos avaliados (0-20 cm).....	25
Figura 11. Valores de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) nos horizontes dos solos avaliados e seus respectivos teores de Selênio .....	26
Figura 12. Teores de enxofre nos horizontes dos solos avaliados e seus respectivos teores de Selênio .....	27
Figura 13. Teores de areia nos horizontes dos solos avaliados e seus respectivos teores de Selênio .....	28
Figura 14. Teores médios de cálcio foliar em <i>Brachiaria brizantha</i> submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo.....	30
Figura 15. Teores médios de enxofre foliar em <i>Stylosanthes capitata</i> submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo.....	34
Figura 16. Teores médios de manganês foliar em <i>Stylosanthes capitata</i> submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo.....	37
Figura 17. Teores médios de fósforo no solo submetido à <i>Brachiaria brizantha</i> e a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo.....	39
Figura 18. Teores médios de manganês no solo submetido à <i>Brachiaria brizantha</i> e a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo.....	40
Figura 19. Teores médios de fósforo no solo submetido ao <i>Stylosanthes capitata</i> e a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo.....	42
Figura 20. Teores médios de manganês no solo submetido ao <i>Stylosanthes capitata</i> e a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo.....	43
Figura 21. Teores médios de zinco no solo submetido ao <i>Stylosanthes capitata</i> e a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo.....	44
Figura 22. Teores médios de selênio no solo e na planta em <i>Brachiaria brizantha</i> submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo.....	46
Figura 23. Teores médios de selênio no solo e na planta em <i>Brachiaria brizantha</i> submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo sob mesmos valores de pH, matéria orgânica e S no solo .....	47
Figura 24. Teores médios de selênio no solo e na planta em <i>Stylosanthes capitata</i> submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo.....	49
Figura 25. Teores médios de selênio no solo e na planta em <i>Stylosanthes capitata</i> submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo sob mesmos valores de pH, matéria orgânica e S no solo .....	50

Figura 26. Teores médios de proteína bruta no *Stylosanthes capitata* submetido aos tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo .....53

## 1 INTRODUÇÃO

O selênio (Se) é um micronutriente considerado essencial a nutrição de plantas conforme relatou Malavolta (2006) e a nutrição humana e animal segundo Terry et al. (2000), e pode ser fornecido para os vegetais e animais respectivamente de forma direta e indireta, através da fertilização dos solos com a fonte selenato de sódio como tem sido realizado em alguns países.

No Brasil a área total de pastagens nativas e cultivadas gira em torno de 180.000.000 milhões de hectares utilizados como base da alimentação animal conforme Zimmer e Barbosa (2005), e é inexistente a presença do Se em formulações de adubos minerais, sendo sua suplementação na nutrição animal realizada junto ao fornecimento do sal mineral na forma de selenito de sódio, principalmente no Estado de São Paulo devido a constatação de deficiência generalizada de Se em gramíneas pelo estudo de Lucci et al. (1984).

Em alguns países a deficiência de Se das pastagens tem sido solucionada de forma viável com a aplicação de Se via fertilizante em que, as plantas o absorvem transformando-o em compostos orgânicos e melhorando a produtividade das forragens e a saúde animal refletindo na qualidade do leite e o ganho de peso vivo conforme Selênio...(2002), colaborando com a proposição de Rosa (1991), de que ao contrário da maioria dos elementos minerais, o Se exibe boa correlação solo-planta-tecido animal.

Ovinos e bovinos em pastagens com aplicação anual de selenato de sódio apresentaram melhores resultados contra a deficiência de Se comparados ao uso de medicamentos além de que, o nível do elemento no sangue dos animais esteve acima do valor considerado deficiente por pelo menos um ano após a aplicação (Watkinson, 1983).

Segundo Moraes (2008), atualmente a deficiência ocasionada pela falta de Se se situa entre as deficiências causadoras de maior preocupação em relação à saúde humana, principalmente em países em desenvolvimento. O Se é responsável pela cura de algumas disfunções dos homens e dos animais com papel ativo no sistema imune (SELÊNIO..., 2002).

Há grande interesse na presença do selênio nos alimentos, uma vez que este se destaca na proteção contra o câncer, porém sua concentração nos alimentos pode variar e depender da origem geográfica assim, a carne produzida em solo com alta concentração pode aumentá-lo na dieta humana (HINTZE et al., 2001).

Conforme Moraes (2008) não existem levantamentos sobre a ocorrência da deficiência de Se na população brasileira, porém Ferreira et al. (2002) relataram baixa contribuição de alimentos de origem vegetal na ingestão diária recomendada de Se (50 e 200 µg).

O teor de Se nas forragens varia de solo para solo e até no mesmo solo, pois, há fatores que podem influenciar sua absorção pelas plantas assim como, a presença de sulfatos e a acidez do solo (LEWIS, 2000), enquanto Dhillon e Dhillon (2003) relataram que o elemento ligado ao solo ou em sedimentos depende do pH, competição com anions, óxidos de ferro e do tipo de mineral de argila.

Em terras ácidas ou com pH próximo a neutralidade o elemento esta presente na forma de selenito podendo estar fixado ao ferro e formar complexos com a matéria orgânica e, dependendo do pH, grau de aeração e da atividade microbiana pode estar em diversos estados de oxidação. Em solos alcalinos bem arejados é comum aparecer em forma de selenato, o qual predomina na absorção das plantas (Malavolta, 1980).

A variação no teor de Se das pastagens é verificada em diferentes espécies, diferentes tipos de solo e estádios vegetativos da planta, assim há variação regional no Estado de São Paulo, e em relação à idade da planta nas gramíneas tropicais, a composição pode alterar muito em um curto espaço de tempo (Zanetti, 2005).

O déficit de informações sobre os teores de Se nos solos e o conhecimento de que há fatores ligados aos solos capazes de influenciar a sua absorção pelas plantas, refletiram na necessidade de levantar informações em diferentes solos brasileiros e verificar o comportamento de uma gramínea e uma leguminosa forrageira implantadas em diferentes solos submetidas a doses deste elemento.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Selênio

O selênio é definido como um elemento não metálico relacionado ao enxofre e ao telúrio, e embora seja tóxico, é essencial na nutrição humana e animal e, é raro encontrá-lo em seu estado natural, podendo combinar-se tanto com metais como com não metais formando compostos orgânicos e inorgânicos (SELÊNIO..., 2002).

A concentração de selênio nos solos varia de 0,005 a 1200 mg kg<sup>-1</sup> com ocorrência de altas concentrações em muitas partes do mundo (CASTEEL E BLODGETT, 2004). Encontrado em pequenas quantidades em quase todos os materiais que compõem a crosta terrestre, é um dos elementos com elevada variação de seus teores (MALAVOLTA, 1980). As propriedades químicas são similares ao enxofre, e pode ser encontrado na natureza em diversos estados de oxidação incluindo selenato (SeO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), selenito (SeO<sub>3</sub><sup>-2</sup>), selênio elementar (Se<sup>0</sup>) e seleneto (Se<sup>-2</sup>) (CASTEEL e BLODGETT, 2004).

Conforme a Selenium-Tellurium Development Association (STDA), (2007) por ser um elemento essencial a vida, 5% da demanda total de Se têm sido utilizada para fins biológicos/agrícolas através da adição em quantidades traço nos alimentos dos animais, produtos veterinários para prevenção de certas doenças para animais em crescimento, em fertilizantes para correção de solos deficientes, além de sua utilização na medicina e como suplemento na dieta humana para controle de certas doenças.

#### 2.1.1 Selênio no solo

O Se contido no solo é resultado do intemperismo do conteúdo de rochas, atividade vulcânica, resíduos (queima de combustíveis nas proximidades), alguns fertilizantes fosfatados e algumas águas, que também podem servir de fonte Se para os solos (COMBS JR. e COMBS, 1986).

Conforme Malavolta (1980) o selênio é encontrado em rochas ígneas e calcárias em teores baixos e nas rochas sedimentares os teores são variáveis. O Se ligado ao

solo ou em sedimentos depende do pH, competição com ânions, óxidos de ferro e tipo de mineral de argila (DHILLON e DHILLON, 2003).

Segundo Malavolta (1980), em solos alcalinos bem arejados é comum o Se aparecer na forma de selenato ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ), a qual predomina a absorção pelas plantas, e em terras ácidas ou com pH próximo a neutralidade, o elemento frequentemente está presente como selenito podendo estar fixado ao ferro e formar complexos com a matéria orgânica e dependendo do pH, grau de aeração e da atividade microbiana, pode estar em diversos estados de oxidação.

Conforme Correia (1986) e Gupta (2001) a disponibilidade de uma série de nutrientes das plantas é muito influenciada pelo pH dos solos. A mobilidade do Mo e Se do solo para as plantas parece aumentar com o aumento do pH (alcalino) nos solos, assim, a extensão da alteração da concentração de nutrientes da pastagem em função do pH do solo depende muito dos solos e das espécies de plantas.

Hintze et al. (2001) afirmaram que a origem geográfica dos animais é a determinante mais importante da concentração de selênio na carne, sendo que a área geográfica resultou em uma escala de concentração de Se de 0.27 a 0.67  $\mu\text{g}$  de Se/g enquanto, o fornecimento suplementar aumentou a concentração de 0.41  $\mu\text{g}$  (sem suplementação) para 0.46  $\mu\text{g}$  de Se/g ( $p=0.07$ ).

Na maioria dos solos o conteúdo de Se é baixo (inferior a 0,2 ppm), sendo os solos ricos são encontrados quase exclusivamente em regiões áridas em que aparecem plantas acumuladoras ou seleníferas (MALAVOLTA, 1980). Millar (1983) afirmou que o teor de Se é considerado deficiente em solos contendo menos de 0,5 mg por kg de solo seco ao ar e em Selênio...(2002) o solo é considerado deficiente quando o teor de Se for inferior a 0,3 ppm.

O Se é antagônico ao enxofre, assim o emprego contínuo de fertilizantes sulfatados pode reduzir o teor assimilável nas forragens e, em experimentos da Universidade Estadual de Oregon-EUA, a forma selenito de sódio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) pode ser misturada a um veículo inerte e adicionada aos fertilizantes sendo a aplicação de cerca de 16g de Se/ha suficiente para produzir forragem sem deficiência (SELÊNIO...2002).

Lucci et al. (1984), em levantamento na matéria seca de plantas forrageiras no Estado de São Paulo constatou deficiência geral, porém o trabalho não correlaciona à



forragem coletada com o tipo de solo, de forma tal que não há indicativo dos teores no solo, o que provavelmente teria relação direta com os teores foliares.

A maioria dos solos agricultáveis da Bélgica apresentaram concentração média de  $0,11 \text{ mg.kg}^{-1}$  de Se através de espectroscopia de absorção atômica, e analisando Azevéns crescidos em diferentes tipos de solos encontraram-se teores entre 0,05 e  $0,11 \text{ mg.kg}^{-1}$ , correlacionado diretamente com o solo. E quando adicionado como selenito houve aumento deste na planta, e a composição final dependeu da composição estrutural e química do solo, sendo concluído neste experimento a forte correlação entre o teor do solo e o da planta (Azevém) (ROBBERECHTA et al. 1981).

De acordo com Pezzarossa et al. (2006), compostos orgânicos de elevado peso molecular encontrados no solo podem interagir com o Se, agentes ativos obrigatórios afetam sua disponibilidade no solo e conseqüentemente sua absorção pelas plantas.

Terry et al. (2000), acreditavam ser necessário mais pesquisas sobre o papel das bactérias da rizosfera na volatilização do Se pelas plantas, que volatilizam quantidades relativamente baixas de selenato ou selenito na ausência de bactérias, e estas são requeridas para facilitar a absorção do selenato pela raiz, possivelmente fornecendo compostos protéicos-chaves, além de promoverem a conversão de SeCys a SeMet, facilitando desse modo a volatilização do selenito.

O selenito tende ser a forma preferida para a suplementação dos animais, enquanto em fertilizantes, o selenato é a opção usual. Desde 1984 o governo da Finlândia exige que o adubo para cereais contenha  $16 \text{ g de Se.t}^{-1}$  e para forragem  $6 \text{ g de Se.t}^{-1}$  e, foi comprovado que, o selenito no solo se transforma rapidamente em formas pouco assimiláveis pelas plantas, sendo que, tem-se o mesmo resultado com 1/10 na forma de selenato. Assim, empresas preparam uma solução de 1% de selenato de Na ou K para adição em formulações NPK de modo que levem ao solo cerca de  $5 \text{ g de Se/ha}$  (SELÊNIO..., 2002).

Na Nova Zelândia, fabricam-se grânulos contendo 1% de Se ativo na forma de selenato incorporados às formulações, proporcionando de  $5\text{-}10 \text{ g.ha}^{-1}$ . Na Austrália e Finlândia a aplicação do Se não mostrou efeito prejudicial ou tóxico ao meio ambiente, sendo que o gado em pastoreio equaliza a ingestão ao consumir uma mistura de forragem selenizada e não selenizada (SELÊNIO..., 2002).

### **2.1.2 Selênio na planta**

Segundo Moraes (2008) a grande maioria dos nutrientes comprovadamente essenciais ao homem e aos animais também desempenha funções importantes no desenvolvimento vegetal e, em muitos casos, seus mecanismos são similares, assim há função anti-oxidante do selênio na eliminação de radicais super-óxido tanto na planta quanto no organismo humano.

Da mesma forma que o níquel, o Se saiu da categoria de elemento tóxico para a de essencial. Sua essencialidade para as plantas superiores foi constatada pelo fato de que satisfaz o critério direto. (MALAVOLTA, 2006).

Foi demonstrado que as Selenocisteínas tRNAs, que ocorrem nos representantes de três dos cinco reinos (Monera, Animal e Protista) e que atuam na codificação do códon de UGA, também ocorrem nos dois reinos restantes, das plantas e fungos, sugerindo que UGA, além de ser responsável em cessar a síntese de proteínas, também codifica a Selenocisteína do código genético universal (HATFIELD et al., 1992).

Resultados de estudos indicaram que o Se contido no tRNA parece estar presente no reino das plantas. Contudo, a distribuição dos selenonucleosídeos no tRNA varia qualitativamente e quantitativamente para diferentes plantas, um novo selenonucleosídeo, ainda não caracterizado, diferente dos selenonucleosídeos bacterianos, está onipresente em todas as plantas examinadas (WEN et al., 1988).

Em contradição, Terry et al. (2000), questionaram se o Se é requerido para o crescimento de plantas superiores, enquanto Cartes et al, (2005) comprovaram o aumento da atividade da glutathione peroxidase e a redução da peroxidação de lipídios em plantas superiores submetidas ao Se.

O Se é um de poucos elementos absorvidos pelas plantas em quantidades suficientes que possam ser tóxicas aos animais domésticos (DHILLON; DHILLON, 2003). A absorção pelas plantas determina gêneros obrigatórios e facultativos.

As plantas obrigatórias incluem as espécies como *Astragalus*, *Oenopsis*, *Stanleya* e *Xylorrhiza*, que requerem alta concentração biodisponível para seu desenvolvimento podendo acumular milhares de ppm com potencial para causar

intoxicação aguda, porém sua baixa palatabilidade restringe o consumo pelo gado. As facultativas são *Atriplex*, *Machaeranthera* e *Sideranthus* podem acumular (mas não requerem) até 100 ppm e várias gramíneas e sementes podem acumular de 1 a 25 ppm hidrossolúvel quando cultivados em solos seleníferos, no entanto, as diferenças de acúmulo entre estas é um tanto confuso (CASTEEL e BLODGET, 2004).

Gil et al. (2004) na Argentina atribuíram a deficiência de Se nos animais a existência de uma possível relação entre a baixa concentração de Se na forragem e no suplemento. No Reino Unido demonstrou-se que para elevar os níveis de Se no sangue dos animais, a elevação dos níveis de sódio e Se no capim era mais eficiente do que utilizar suplementos minerais, pois com a correção da deficiência no capim, a produção de leite aumentou em 9%, o nível de proteína em 9.6% e a gordura em 15.6% (SELÊNIO..., 2002).

Segundo Gierus (2007) a ingestão e absorção de Se pelos ruminantes pode ser nas formas orgânica e inorgânica, porém as formas orgânicas, especialmente a SeMet, precisam ser liberadas de proteínas onde foram incorporadas para que o Se possa ser metabolizado via seleneto para selenoproteínas funcionais, como a glutathione peroxidase. A concentração de Se no sangue reflete a concentração total do elemento no organismo, não fazendo, contudo, distinção entre formas orgânica e inorgânica, enquanto a concentração de Se no leite reflete a quantidade de Se na forma orgânica que foi suplementada ou convertida pelos microrganismos ruminais.

Em regiões deficientes no oeste da Austrália consideram a aplicação de  $3 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$  na forma de selenato para alcançar níveis apropriados em até dois anos, sendo aplicado em faixas, por recomendação de agrônomos, em 25% da área garantindo o consumo da forragem enriquecida pelos animais, para que o sangue desses alcancem e mantenham 60 ppb (0.06 mg) de Se/L, com cerca de ganho de peso 10% maior e produção de lã 5% a mais quando comparados aos animais não tratados (SELÊNIO..., 2002).

Segundo Correia (1986), algumas plantas contêm compostos de selênio volátil que são perdidos através da desidratação. A lista de compostos de selênio encontrados nas plantas é extensa, englobando o Se-metil-selenocisteína, seleno-homocisteína, ácido selenocisteína-selenínico, etc, sendo que o principal produto formado pelas

plantas não “indicadoras” é o Se-metil-selenometionina, que o contém ligado às proteínas, sendo relativamente insolúvel na água, enquanto nas “indicadoras” é solúvel, sendo que as pastagens absorvem nos solos seleníferos quantidades inferiores, menores que 50 ppm.

Em Souza et al (1998), o selenato e o selenito apresentaram taxas diferentes de absorção, translocação, assimilação e volatilização na mostarda indiana (*Brassica juncea*), e identificaram a diferença na especialização do selenato e selenito que são informações úteis para melhorar a eficiência da fitorremediação.

Conforme Zanetti (2005) a variação pode ocorrer em diferentes espécies, diferentes tipos de solo e estádios vegetativos da planta e em relação à idade da planta, nas gramíneas tropicais a composição pode alterar muito em um curto espaço de tempo.

Correia (1986) relatou que o Se tende a acumular-se de forma decrescente nas partes: sementes, folhas e caules, diminuindo o teor à medida que o estágio de maturação avança. As prováveis relações entre as formas orgânicas e inorgânicas nas gramíneas dependem da maturidade e da matéria seca da planta (HINTZE et al, 2001).

Nos vegetais e grãos de cereais está associado a frações de proteínas e pode substituir o enxofre dos aminoácidos, tal como a cisteína e metionina, e quando encontrado na forma Se-metionina é considerado mais biodisponível que quantidades iguais de selenito de sódio (ROGERS et al. 1990).

Segundo Malavolta (1980), suas propriedades químicas do Se são muito parecidas as do enxofre, os dois elementos competem pelos mesmos sítios de absorção, sendo que o Se é incorporado em aminoácidos análogos aos que contém S, enquanto Correia (1986), admitiu que as plantas procuram desintoxicar sua ação ligando-o a aminoácidos não protéicos.

A toxidez nas plantas é comum, há atraso no crescimento, as folhas ficam cloróticas, com concentração de Se nas regiões de crescimento e nas sementes podendo atingir 1500 ppm, no entanto, há variação na capacidade das plantas o absorverem, sendo a ordem decrescente: crucíferas, gramíneas forrageiras, leguminosas cereais, porém, não se sabe por que as plantas mostram diferenças em sua capacidade de acumular e tolerar Se (MALAVOLTA, 1980).

Segundo Malavolta (1980), nas forrageiras o Se deve aparecer em concentração da ordem de 0.11 ppm, e como o  $\text{SO}^{-2}$  compete com o  $\text{SeO}^{-2}$  na absorção, o emprego de sulfato na adubação pode contribuir para a redução ou eliminação da toxidez, uma vez que concentrações da ordem de 5 ppm podem ser tóxicas.

Millar (1983) afirmou que a deficiência de Se esta associada a pastos que contêm menos de 0,03 mg de Se por kg de matéria seca, e afirmação semelhante foi feita por Malavolta (2006) de que a ocorrência da “doença de músculo branco” se manifesta quando a pastagem contém apenas 0,02 a 0,03 mg Se por kg de matéria seca.

Através de um levantamento na matéria seca de plantas forrageiras de 12 regiões do Estado de São Paulo, Lucci et al. (1984) verificaram teores de 0.076 e 0.052  $\text{mg.kg}^{-1}$  de Se para as épocas das águas e da secas respectivamente, revelando deficiência geral, sendo mais acentuado na época de seca.

Áreas geográficas com baixo teor de Se produziram animais com baixos teores de Se nos tecidos, ocorrendo o inverso nas áreas com alto teor, e embora a correlação entre a concentração na forragem e no músculo esquelético ( $r=0.63$ ) tenha sido maior que entre o solo e músculo esquelético ( $r=0.51$ ), o modelo de regressão utilizado incluiu como preditor o Se no solo (HINTZE et al., 2001).

Ferreira et al. (2002) encontraram baixos teores de selênio em alimentos consumidos no Brasil e atribuíram as variações observadas à concentração de selênio entre amostras do mesmo tipo de alimento, inclusive nos alimentos de origem animal a presença de Se em determinadas formulações fertilizantes e rações animais e o teor de Se no solo como possibilidade de explicação.

Tanto as leveduras quanto as plantas convertem Se a selenoaminoácidos, e em selenometionina, e desta forma, este não é destruído pelos microrganismos do rúmen, e ao contrário do selenito, os animais podem armazenar os selenoaminoácidos para períodos posteriores quando eles necessitarem (THATCHER, 2006).

Para a Associação para Desenvolvimento do Selênio e Telúrio (STDA), a melhor maneira de aplicá-lo é com os demais nutrientes, e quando a fonte é altamente solúvel como o selenato de sódio, recomenda-se a aplicação uma vez na primavera e outra no verão, quando as chuvas estimulam o crescimento. Na Finlândia, a aplicação anual

geralmente é suficiente para elevar o nível nos cereais e gramíneas até os teores desejados, satisfazendo as necessidades dos animais e dispensando outras formas de suplementação (SELÊNIO..., 2002).

## **2.2 *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu**

As plantas do gênero *Brachiaria* são caracterizadas pela grande flexibilidade de uso e manejo, sendo tolerantes a uma série de limitações e/ou condições restritivas de cultivo. Dentre as Braquiárias, a *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu adquiriu grande expressividade nas áreas de pastagens cultivadas e suas recomendações são muito simplistas para o uso e manejo do pastejo (SILVA, 2004).

Conforme Macedo (1995), na região dos Cerrados havia 9,6 milhões de hectares cultivados com *Brachiaria brizantha* que aumentou para 30 milhões de hectares em 2005, notando-se a redução da área ocupada pela *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. Sua expansão se deve a maior resistência à cigarrinha das pastagens e ao melhor desempenho animal.

## **2.3 *Stylosanthes capitata* cv. Campo Grande**

A utilização das leguminosas forrageiras deve ser valorizada pelos benefícios que fornece a todo sistema solo-planta-animal. Conforme Andrade et al. (2004) as leguminosas são relevantes na produtividade das pastagens incorporando N atmosférico ao sistema solo-planta e melhorando a nutrição do rebanho.

Conforme Paulino et al. (2006) o gênero *Stylosanthes* tem origem nos trópicos, com desenvolvimento satisfatório em solos de baixa fertilidade, sendo relativamente tolerante a acidez do solo apresentando um bom número de cultivares.

Em 2000 a EMBRAPA Gado de corte lançou o *Stylosanthes capitata* cv. Campo Grande com fins de consorciação com gramíneas, principalmente braquiárias e esta leguminosa apresenta grande potencial forrageiro por ser boa fonte de proteína, podendo produzir de 10 a 12 ton de matéria seca/ha/ano além, da boa fixação biológica de nitrogênio, por associação de suas raízes com bactérias do gênero *Rhizobium* (VERZIGNASSI e FERNANDES, 2000).

Tavares (2009) relatou que esse cultivar de forrageira é composto de uma mistura física de sementes de várias linhagens do *Stylosanthes capitata* e do *S. macrocephala*, previamente estudadas na Embrapa Gado de Corte desde 1992, por isso, é chamada de multilinha de estilosantes. Ao longo de 3 anos de testes de adaptação, a leguminosa Campo Grande apresentou melhor desempenho em regiões de solos arenosos, como os encontrados no Brasil Central, que têm a maior área degradada com braquiária.

Conforme Brandão (2008), essa leguminosa possui bom valor nutritivo, com 12% a 18% de proteína bruta e boa palatabilidade para bovinos, sendo uma boa alternativa para aumentar o desempenho animal consorciado com braquiária.

## 2.4 Solos e ocorrências no Estado de São Paulo

Em 1999, a EMBRAPA publicou o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, arquitetado de forma descendente e estruturado em seis níveis categóricos. No nível mais alto da hierarquia existem 14 classes de solos no nível de ordem, que se diferenciam na sub ordem pela cor, ou por outra característica, e no grande grupo pela condição química abaixo da camada arável e no sub-grupo o solo é típico, ou intermediário para outra classe de solo (PRADO, 2003).

No Estado de São Paulo predominam dois tipos principais de solos, os Latossolos e os Nitossolos, porém há ocorrência de outros tipos em menores porcentagens, mas com importância no cenário agropecuário no Estado de São Paulo bem como para o Brasil, como pode ser verificado no Tabela 1.

**Tabela 1.** Solos ocorrentes no Estado de São Paulo e no Brasil

<b>Solos</b>	<b>Estados</b>
Latossolos	SP, PR, MS, MT, GO, MG, TO, SC, RS, BA, RJ, ES
Argissolos	Todos os estados do Brasil
Nitossolos	Todos os estados do Brasil
Organossolos	Todos os estados do Brasil
Nitossolos Vermelhos	SP, PR, MS, GO, TO, AM
Cambissolos Háplicos	Todos os estados do Brasil
Neossolos Quartzarêmicos	SP, MS, MG, BA, PA, MA, PI, PE, RS, SC

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento constou de duas fases conduzidas na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP, em Pirassununga-SP. Na primeira fase foi realizado um levantamento sobre os teores de Se em diferentes solos e da planta forrageira *Brachiaria decumbens* neles cultivadas durante na época das águas. Essas amostragens foram coletadas no Estado de São Paulo devido os baixos níveis deste elemento na planta (LUCCI et al., 1984).

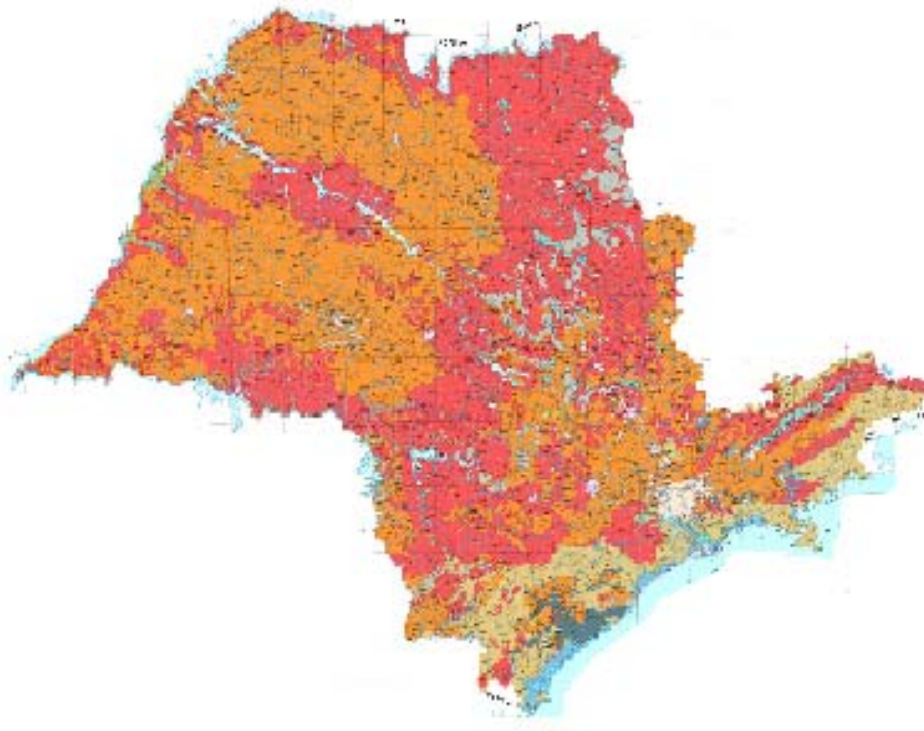
Os solos analisados e os locais de avaliação (Tabela 2) foram determinados previamente com base em solos predominantes do Estado de São Paulo a partir de informações provenientes do mapa pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999).

**Tabela 2.** Localização dos solos avaliados no Estado de São Paulo

<b>Solos</b>	<b>Locais avaliados (Latitude e Longitude)</b>
LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico	Pirassununga (21°57,768'S; 47°26,866'W)
LATOSSOLO AMARELO Distrófico textura média	Pirassununga (21°56,630'S; 47°28,506'W)
ARGISSOLO AMARELO Latossólico Distrófico	Matão (21°35,278'S; 48°26,054'W)
ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abrúptico	Piracicaba (22°38,366'S; 47°49,852'W)
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Álico	Piracicaba (22°38,404'S; 47°49,024'W)
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico	Piracicaba (22°42,407'S; 47°37,438'W)
GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	Itirapina (22°15,054'S; 47°52,044'W)
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Distrófico	Analândia (22°04,961'S; 47°34,736'W)

Fonte: Prado (2003)





**Figura 1.** Mapa Pedológico do Estado de São Paulo.



**Figura 2.** Localização dos pontos avaliados no Estado de São Paulo

Posteriormente, nos locais determinados foram coletadas amostras de solo (0-20 e 20-40 cm) e de planta (*Brachiaria decumbens*) que se encontravam no local para análise de Se e, com base nos resultados analisados foram definidas as áreas com baixos teores de Se no solo e planta para a coleta da segunda fase experimental.



**Figura 3.** Amostragem de solo

Os locais foram registrados com auxílio de GPS e foram realizadas avaliações pedológicas através da abertura de trincheiras de profundidade mínima de 1,5 m com caracterização e coleta de solo em cada horizonte do perfil do solo para análise química, física e de Se.



**Figura 4.** Avaliação Pedológica e amostragem de solo nos horizontes

A segunda fase do experimento teve como objetivo avaliar o comportamento de uma gramínea e uma leguminosa forrageira, cultivadas em três tipos de solos com baixos teores de Se, submetidos à aplicação de níveis de Se utilizando como fonte o selenato de sódio. Esta etapa foi conduzida em vasos e em casa de vegetação sob condições de umidade e temperatura controladas.

Os solos foram selecionados com base nos resultados das análises químicas realizados no levantamento para o solo (0-20 e 20-40 cm de profundidade) e na planta (*Brachiaria decumbens*). O NITOSSOLO VERMELHO eutroférico e o LATOSSOLO VERMELHO Distroférico foram escolhidos por possuírem teores de Se semelhantes no solo e na planta, e diferirem nas concentrações de enxofre e ferro, enquanto o ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abruptico foi escolhido por possuir os menores teores de Se no solo e na planta e elevado teor de ferro e reduzido valor de saturação por bases.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2x3, sendo os fatores: **1º Fator:** tipos de solo (LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico e ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abrúptico); **2º Fator:** plantas forrageiras (*Brachiaria brizantha* e *Stylosanthes capitata*) e o **3º Fator:** doses de selênio (0, 10 e 20 g.ha<sup>-1</sup>), com 4 repetições e realização de dois cortes (30 e 80 dias após a uniformização).

Os dados foram analisados pelo proc mixed do SAS (2004), com o intuito de escolher a melhor estrutura de variância nos dois cortes. As médias dos três tipos de solo foram comparadas utilizando contrastes ortogonais. Foram avaliadas as características: atributos químicos (macro e micronutrientes e Se) das plantas e solos e também o teor de Proteína Bruta, a produção e teor de massa seca, comprimento e peso de raiz e massa seca residual das plantas forrageiras, a fim de verificar os efeitos dos tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo (Tabela 3) com nível de significância de 10%.

**Tabela 3.** Quadro da análise da variância (3 solos x 2 plantas forrageiras x 3 níveis de aplicação de Se no solo)

<b>Causas de Variação</b>	<b>Graus de liberdade</b>
Solo (S)	2
Planta forrageira (F)	1
Selênio (Se)	2
Interação (S x Se)	4
Interação (S x F)	2
Interação (F x Se)	2
Interação (S x F x Se)	4
<b>Resíduo (a)</b>	<b>54</b>
<b>Parcelas</b>	<b>71</b>
Corte (C)	1
C x S	2
C x F	1
C x Se	2
C x S x F	2
C x S x Se	4
C x Se x F	2
<b>Resíduo (b)</b>	<b>129</b>
<b>Total</b>	<b>143</b>

A fim de evitar possíveis fontes de contaminação com Se, foram utilizadas apenas fontes de composição conhecidas, para a correção de acidez foi utilizado o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$  P.A.) com 99,5% de pureza e para as adubações de implantação e cobertura foram utilizados os produtos uréia P.A. (45% de N), ácido fosfórico P.A. (72,4% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e cloreto de potássio P.A. (63,3 % de  $\text{K}_2\text{O}$ ) diluídos em água destilada a qual, também foi utilizada para irrigação durante o período experimental.

A correção da acidez foi realizada apenas no solo classificado por ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abrúptico para que atingisse uma saturação por bases de 60% recomendado para o cultivo de gramíneas forrageiras do grupo II conforme Raij et al. (1996), sendo aplicado o calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) na dose 1,45 t/ha com PRNT=100% e depois de homogeneizado permaneceu incubado por 30 dias.

Após o período de incubação, todos os solos foram peneirados e condicionados em vasos (7,5 kg de solo seco) e determinada à capacidade de campo de cada um.

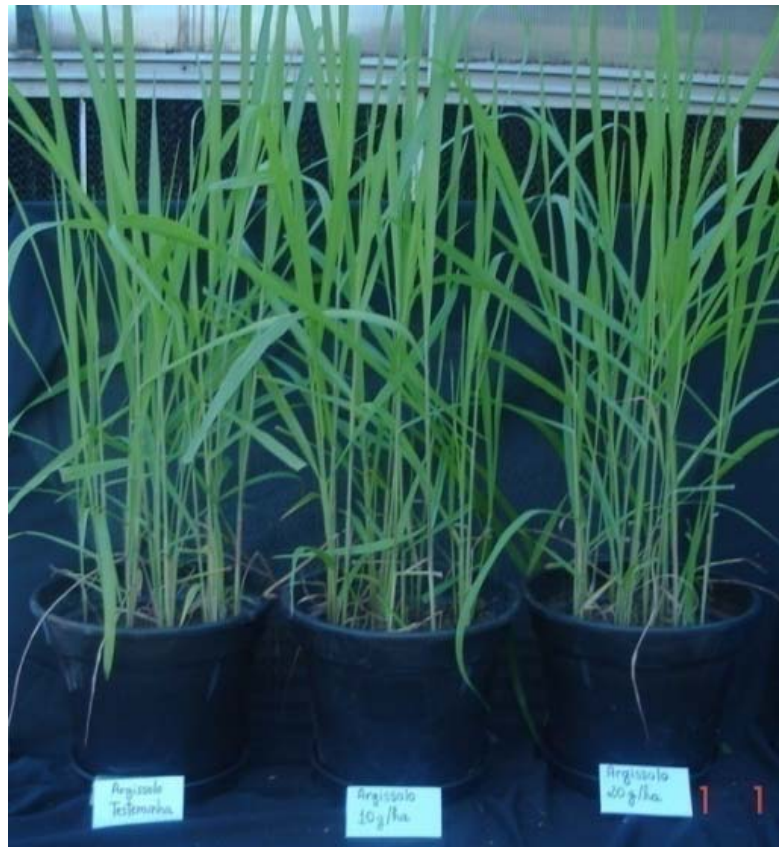
As mudas das plantas forrageiras foram implantadas e, após o estabelecimento dessas foi realizada a fosfatagem e a potassagem (Tabela 4) conforme as recomendações para ambas as culturas (RAIJ et al., 1996) e as necessidades dos solos utilizados, juntamente com a aplicação da fonte de Se na forma de Selenato de sódio, em quantidades equivalentes a 0, 10 e 20 g de Se/ha diluídos em água.

**Tabela 4.** Adubações realizadas durante o experimento em vasos

Solos	Adubação de Plantio (Kg.ha <sup>-1</sup> )						Adubação de Cobertura (Kg.ha <sup>-1</sup> )					
	<i>Brachiaria brizantha</i>			<i>Stylosanthes capitata</i>			<i>Brachiaria brizantha</i>			<i>Stylosanthes capitata</i>		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abrúptico	0	80	50	0	80	60	50	0	40	0	0	50
LATOSSOLO VERMELHO Distroférico	0	40	50	0	40	60	50	0	40	0	0	50
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico	0	80	0	0	80	0	50	0	0	0	0	0

Foram realizados três cortes, aos 30 dias após a implantação, um corte de uniformização na *Brachiaria brizantha* a 15 cm do solo juntamente com a aplicação da primeira adubação de cobertura N-K em ambas as espécies conforme as recomendações (Tabela 4) e posteriormente, foram realizados dois cortes para avaliação.





**Figura 5.** Brachiaria brizantha aos 30 dias



**Figura 6.** *Stylosanthes capitata* aos 30 dias

O primeiro corte foi realizado aos 30 dias após a adubação de cobertura com corte do material vegetal acima de 15 cm do solo e a aplicação da segunda adubação de cobertura e aos 80 dias foi realizado o segundo corte a 15 cm do solo para a gramínea e 5 cm para a leguminosa sendo que, a modificação da altura de corte na leguminosa é justificada pela reduzida oferta de material vegetal devido, a fase de reprodução/inflorescência do *Stylosanthes capitata* aos 80 dias.





**Figura 7.** Plantas forrageiras após o primeiro corte.

Após a retirada do material vegetal da parte aérea das plantas foi extraído o material considerado residual, as raízes e amostras do solo de cada vaso. O material extraído foi identificado, pesado e levado a estufa por 72 horas a 65°C para verificar o teor de massa seca, e posteriormente a realização do teor de proteína bruta e as análises químicas (macro e micronutrientes e Se). Após o segundo corte (80 dias após uniformização), o material residual foi extraído e o solo resultante foi homogeneizado e amostrado para análise química (macro e micronutrientes e Se).



**Figura 8.** Raiz do *Stylosanthes capitata*.

As análises de solo e planta para determinação de macro e micronutrientes e proteína bruta foram realizadas no laboratório das Agrárias da FZEA/USP. A metodologia utilizada para a proteína bruta foi segundo o método micro-kjeldahl pela Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) (1980), as amostras de folha foram analisadas segundo EMBRAPA (1979), com o N pelo método microkjeldahl; P por método colorimétrico do vanadato-molibdato, S por método de turbidimetria, o K pelo método de espectrofotometria de emissão e o Ca, Mg, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica.

As amostras de solo foram extraídas conforme métodos propostos por RAIJ et al (2001), sendo o P, K, Ca e Mg por resina trocadora de íons, o S por fosfato de cálcio, o

B por água quente e os micronutrientes Zn, Cu, Fe e Mn por EDTA, sendo a determinação do K por espectrofotometria de emissão, o Ca, Mg, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica, e o B e P por colorimetria e o S por método de turbidimetria enquanto os teores de Se no solo e planta foram determinados pelo Instituto Agrônomo – IAC utiliza-se do método 3051 do SW-846 da US-EPA, que consiste na digestão da amostra em ácido nítrico em micro-ondas de laboratório, sendo posteriormente o ácido nítrico eliminado e a amostra é retomada em HCl, então a leitura é feita por ICP-AES com geração de hidretos.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Levantamento dos teores de Selênio em solos do estado de São Paulo**

O levantamento sobre selênio em solos e plantas realizado na primeira fase experimental foram considerados baixos. Os teores encontrados nos solos (Tabela 6) foram interpretados como baixos considerando o critério de deficiência no solo por Millar (1983) de que quando contiver menos de 0,5 mg de Se por kg de solo ( $500 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) e Selênio...(2002) quando o teor de Se for inferior a 0,3 ppm ( $300 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

Assim, infere-se que, nenhum dos solos avaliados apresentou teor suficiente para fornecer quantidades desejáveis para a gramínea considerando o requerimento do micronutriente pelo National Research Council (NRC), (1996) para bovinos de corte que é de 0,1 ppm de Se ( $100 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), os teores de Se foliares encontrados apresentaram-se abaixo da exigência animal (Tabela 5).

**Tabela 5.** Análise química e de Se nas plantas de *Brachiaria decumbens* encontradas nos solos coletados

Classificação dos solos	Localização	P K Ca Mg S					Cu Fe Mn Zn				Se
		g.kg <sup>-1</sup>					mg.kg <sup>-1</sup>				(µg.kg <sup>-1</sup> )
ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abrúptico	22°38,366'S 47°49,852'W	1	22	2	0,6	0,6	7	273	107,1	11	10,4
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico	22°42,407'S 47°37,438'W	2,2	21	2	0,8	1	9	298	153,8	16	61
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Álico	22°38,404'S 47°49,024'W	0,6	19	2	0,8	0,7	8	344	288,5	20	62,5
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Distrófico	22°04,961'S 47°34,736'W	1,3	13	2	1,5	0,9	7	650	75,8	15	79,7
GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	22°15,054'S 47°52,044'W	0,7	18	1	0,7	0,9	11	198	107,1	11	58,5
LATOSSOLO AMARELO Distrófico textura média	21°56,630'S 47°28,506'W	0,9	29	1	0,8	0,9	8	450	28	15	46,3
LATOSSOLO VERMELHO Distroférico	21°57,768'S 47°26,866'W	1,6	26	2	0,6	0,9	7	524	56	17	61,9
ARGISSOLO AMARELO Latosólico Distrófico	21°35,278'S 48°26,054'W	0,1	27	1	0,9	0,8	9	409	75,8	16	65,1

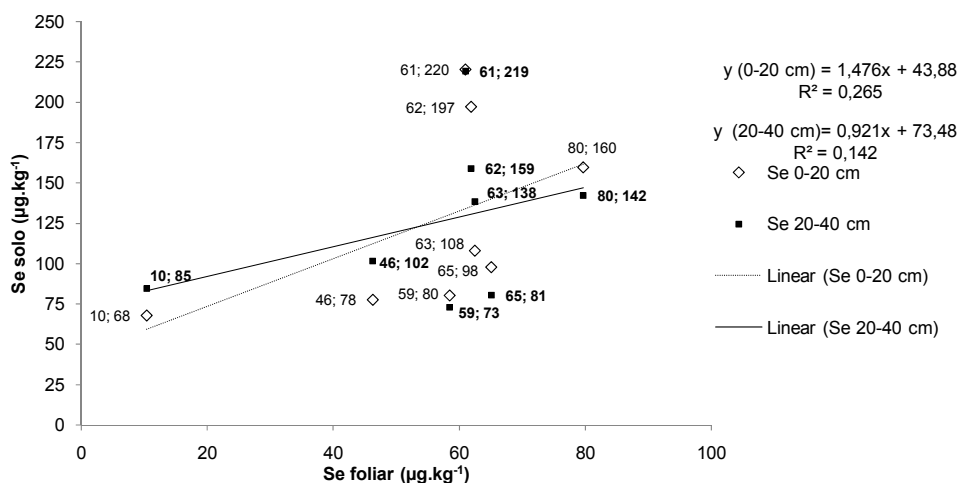
Os teores de Se das plantas de *Brachiaria decumbens* encontrados nos solos avaliados variaram de 10,4 a 79,7 µg.kg<sup>-1</sup> de matéria seca (Tabela 5), concordando com resultados de Lucci et al. (1984), que relataram deficiência geral em plantas forrageiras do Estado de São Paulo com 76 µg de Se/kg massa seca na época das águas.

Malavolta (2006) e Millar (1983) afirmaram que a ocorrência de problemas no rebanho pode ser predita com certo grau de confiança, assim, a deficiência de Se esta associada a pastos que contém menos de 0,03 mg de Se por kg de matéria seca (30 µg.kg<sup>-1</sup>).

**Tabela 6.** Análise química e de Selênio nas profundidades 0-20 e 20-40 cm nos solos coletados

Classificação dos solos	Localização	Prof.	pH	M.O	P	S	mmolc.dm <sup>-3</sup>							V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Se
		(cm)	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	%	mg.dm <sup>-3</sup>						(µg.kg <sup>-1</sup> )	
ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abrúptico	22°38,366'S	0-20	4,4	14	4	6	1,1	6	3	30	3	40	10	25	21	0,15	1,3	73	2,1	0,7	67,9
	47°49,852'W	20-40	4,5	15	3	8	0,4	7	3	24	1	34	10	30	12	0,13	1,1	60	2,9	0,3	84,6
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico	22°42,407'S	0-20	5,5	27	5	12	5,2	41	6	27	-	79	52	66	-	0,19	7,5	28	28,5	1,9	220,2
	47°37,438'W	20-40	5,2	21	4	13	3,5	24	5	29	1	62	33	53	4	0,16	6,2	15	21,1	0,9	219,4
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Álico	22°38,404'S	0-20	5,5	31	7	17	1,7	58	8	35	-	103	68	66	-	0,24	1,9	75	50	3,5	108
	47°49,024'W	20-40	5,3	24	5	12	1,2	55	9	35	-	100	65	65	-	0,16	1,7	53	49,5	2,1	138,4
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Distrófico	22°04,961'S	0-20	4,7	18	3	8	0,5	8	4	31	1	43	12	29	7	0,08	1,3	43	0,9	0,5	159,6
	47°34,736'W	20-40	4,4	19	3	7	0,3	4	3	41	4	48	7	15	36	0,16	1,4	51	0,6	0,9	142,1
GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	22° 15,054'S	0-20	4	65	6	6	0,4	3	2	240	5	245	5	2	49	0,36	1,9	76	0,6	0,7	80,3
	47°52,044'W	20-40	3,9	32	4	6	0,3	5	3	105	1	113	8	7	12	0,21	2,1	34	0,2	0,3	72,9
LATOSSOLO AMARELO Distrófico textura média	21°56,630'S	0-20	5,5	24	4	8	1,1	39	6	23	-	69	46	67	-	0,16	1,8	39	2,9	3,4	77,6
	47°28,506'W	20-40	5,4	20	3	10	1,0	29	5	20	-	55	35	64	-	0,13	1,6	22	1,1	0,6	101,7
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	21° 57,768'S	0-20	5,3	28	33	9	1,2	40	8	29	1	78	49	63	2	0,16	8,3	40	7,1	5,7	197,1
	47°26,866'W	20-40	5,3	21	9	8	0,9	21	4	27	1	53	26	49	4	0,10	6,3	22	6	1,8	158,8
ARGISSOLO AMARELO Latosólico Distrófico	21° 35,278'S	0-20	4,2	12	2	5	2,6	7	4	128	1	142	14	10	7	0,10	0,8	11	2,6	0,2	97,8
	48°26,054'W	20-40	4,2	12	2	5	2,3	6	3	151	2	162	11	7	17	0,07	0,6	10	1,3	0,1	80,5

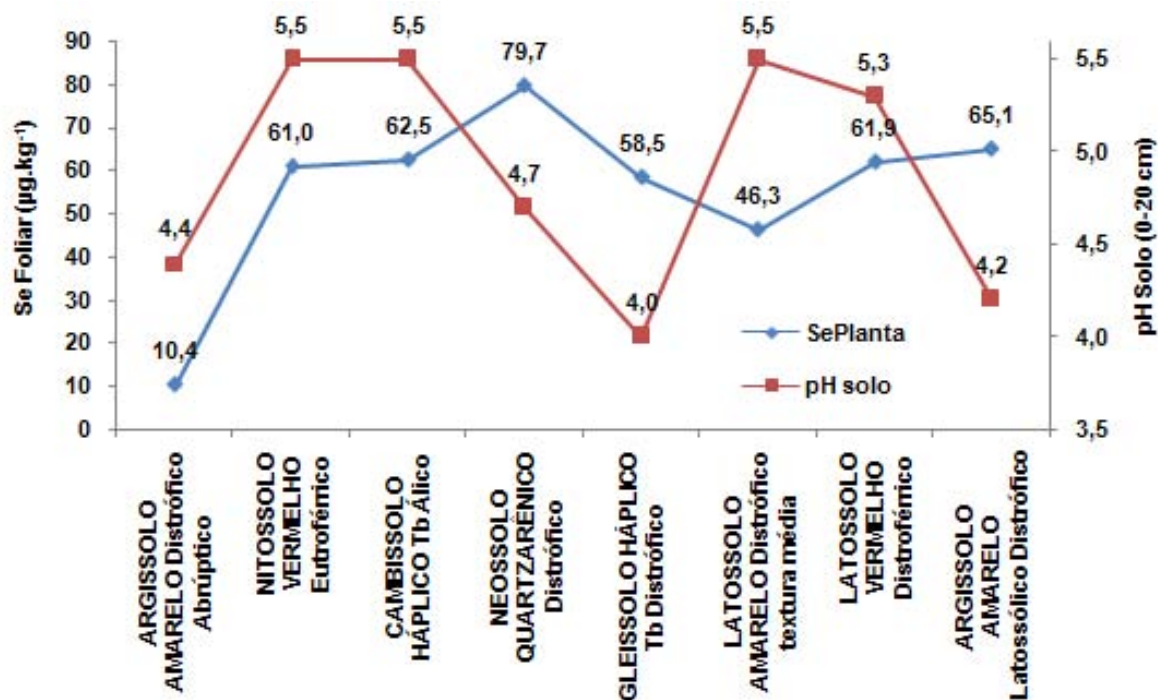
As relações entre o teor de Se na planta com os teores encontrados nos solos para as duas profundidades foram positivas apesar dos reduzidos valores dos coeficientes de correlação conforme Figura 8.



**Figura 9.** Correlação entre os teores de selênio foliares de *Brachiaria decumbens* com as camadas do solo (0-20 e 20-40 cm).

A variabilidade encontrada para os teores foliares de Se concorda com a afirmação de Lewis (2000) de que há variação nas forragens de solo para solo e até no mesmo solo e Dhillon e Dhillon (2003) relataram que o elemento ligado ao solo depende, entre outros fatores, do pH.

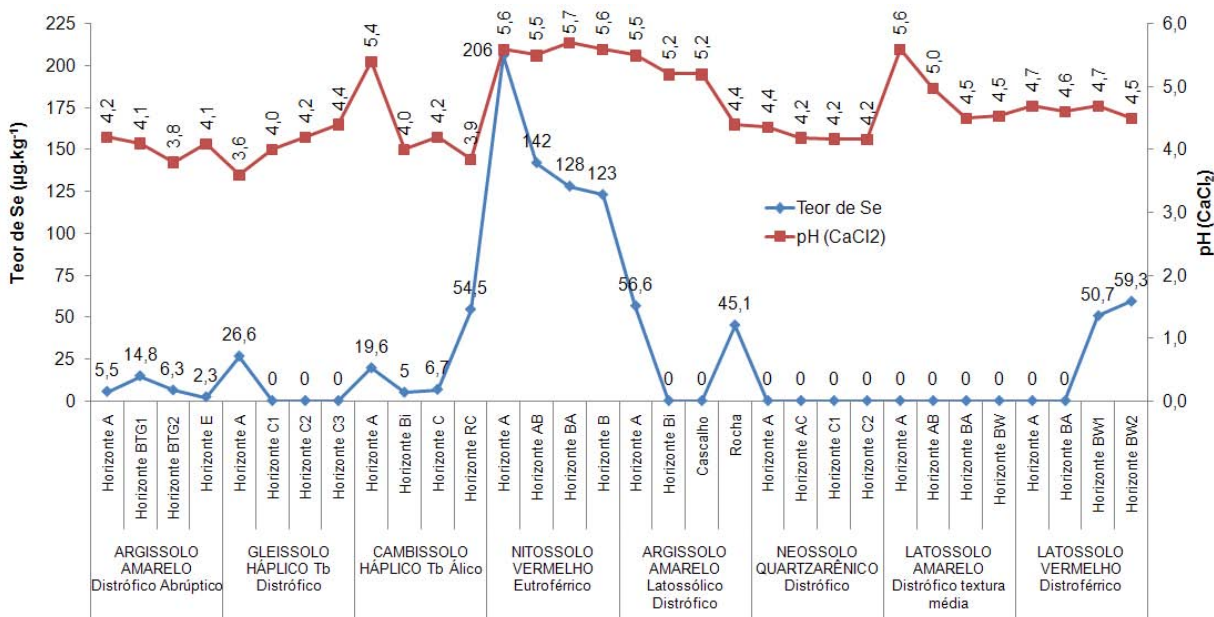
Na Figura 9, a correlação entre os teores foliares de Se e os valores de pH em  $\text{CaCl}_2$  nos solos analisados melhor se ajustaram ao modelo quadrático apresentando correlação negativa  $y = -0,000x^2 + 0,047x + 4,003$  e reduzido coeficiente de correlação ( $R^2 = 0,15$ ).



**Figura 10.** Correlação entre os teores de selênio ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) foliares de *Brachiaria decumbens* e pH em  $\text{CaCl}_2$  dos solos avaliados (0-20 cm)

A caracterização dos solos através das análises pedológicas juntamente com os resultados das análises físico-químicas encontram em anexo (Apêndice).

Conforme a Figura 10 não houve comportamento semelhante entre os solos para a relação entre os teores de Se no solo e pH ( $\text{CaCl}_2$ ). No GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico verificou-se que o menor valor de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) apresentou o maior teor de Se (Horizonte A), enquanto ocorreu o inverso no CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Álico, em que o maior valor de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) apresentou o maior teor de Se (Horizonte A).

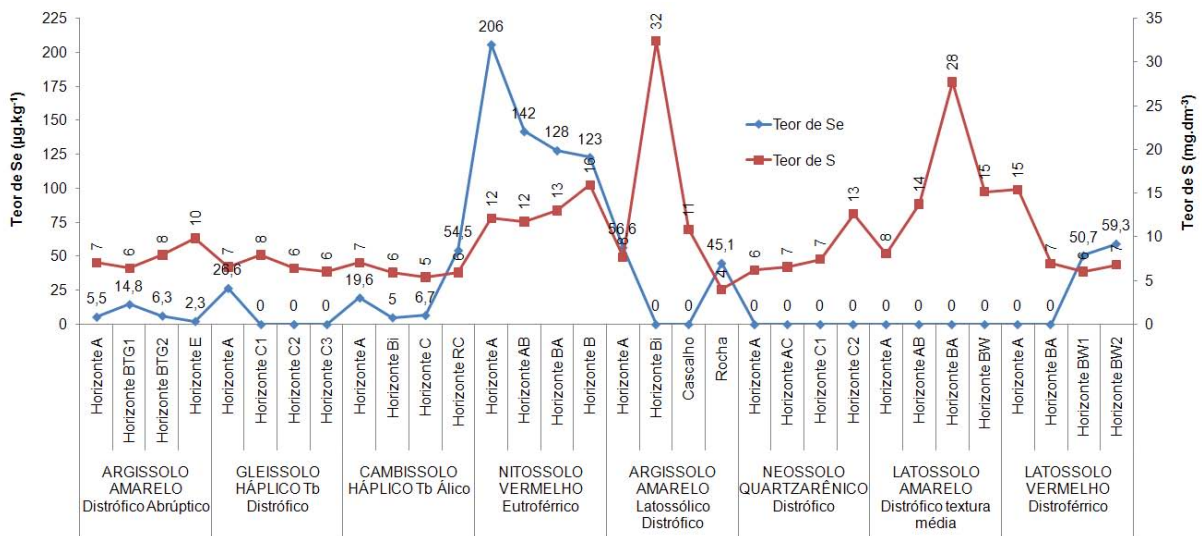


**Figura 11.** Valores de pH (CaCl<sub>2</sub>) nos horizontes dos solos avaliados e seus respectivos teores de Selênio (µg.kg<sup>-1</sup>)

O comportamento entre os teores de Se e de S nos horizontes de cada solo não apresentaram semelhanças entre si (Figura 11), em que se verificou uma correlação negativa entre os elementos para os solos ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abruptico e GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, enquanto no NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico verificaram-se os maiores teores de Se apesar dos elevados teores de S (média de 13 mg.dm<sup>-3</sup>).

Verificou-se ausência de Se nos horizontes que apresentaram os maiores teores de S (Horizontes Bi do ARGISSOLO AMARELO Latossólico Distrófico e BA LATOSSOLO AMARELO Distrófico textura média).

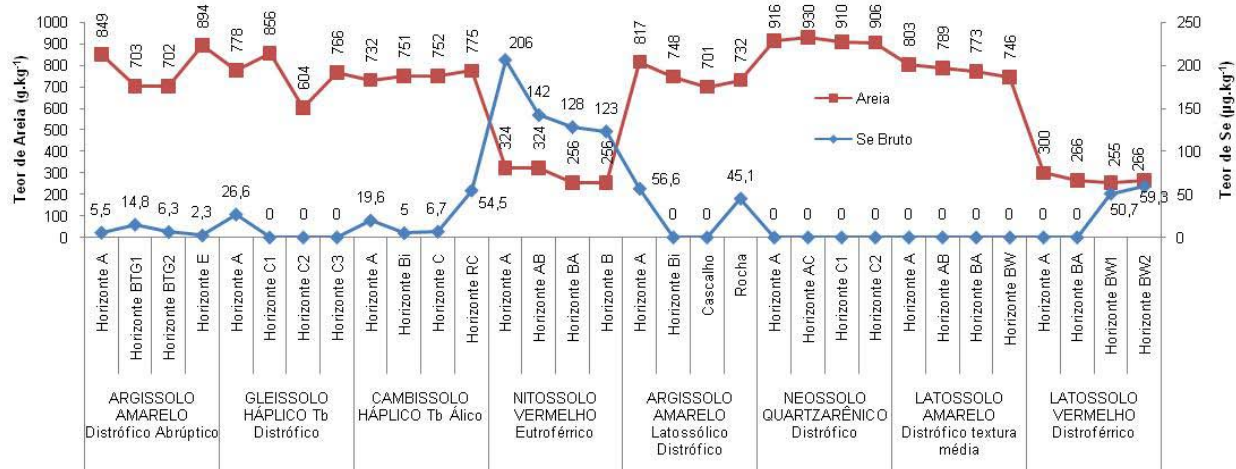




**Figura 12.** Teores de enxofre nos horizontes dos solos avaliados e seus respectivos teores de Selênio

Com base nos resultados obtidos, apesar de todos os solos apresentarem níveis considerados deficientes, os menores teores de Se foram encontrados nos solos com os maiores teores de areia (Figura 12) concordando com Rosa (1991) em que áreas de deficiência correspondem a solos com percentagens relativamente elevadas de areia e Selênio...(2002) com a afirmação de que a deficiência normalmente se encontra em solos arenosos.

As diferenças de teores de Se encontradas entre os horizontes podem estar relacionadas à ocorrência de lixiviação com movimento descendente do elemento, considerando o fato de estar normalmente na forma de ânion selenito ( $\text{SeO}_3^{-2}$ ). Segundo Sangoi et al. (2003), o tipo de solo pode ter grande influência na magnitude do processo de lixiviação, o que poderia justificar o comportamento observado nos perfis avaliados.



**Figura 13.** Teores de areia nos horizontes dos solos avaliados e seus respectivos teores de Selênio

## 4.2 Avaliações da aplicação de Selênio em gramínea e leguminosa submetidas a diferentes solos

### 4.2.1 Parâmetros químicos foliares da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Na segunda fase do experimento se observou a influencia dos níveis de Se aplicados e das épocas de avaliação para os parâmetros analisados na gramínea submetida aos diferentes solos (Tabela 7). Os níveis de Se aplicados apresentaram efeito significativo para os teores de Ca na gramínea, sendo que com base na literatura consultada não se encontrou explicação para este comportamento.

**Tabela 7.** Minerais nas plantas de *Brachiaria brizantha* submetidas a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo e ao longo do tempo

		P	S	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Se
		g.kg <sup>-1</sup>					mg.kg <sup>-1</sup>				
Doses de Se (g.ha <sup>-1</sup> )	0	0,8 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	8 <sup>ab</sup>	3,8 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	52 <sup>a</sup>	94,2 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	4,09 <sup>b</sup>
	10	0,9 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	31 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	3,7 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	94,6 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	27,39 <sup>ab</sup>
	20	0,8 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	7 <sup>b</sup>	3,9 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	93,5 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	49,05 <sup>a</sup>
Épocas de Avaliação (dias)	30	0,8 <sup>b</sup>	1,0 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	6 <sup>b</sup>	3,1 <sup>b</sup>	6 <sup>a</sup>	53 <sup>a</sup>	56 <sup>b</sup>	24 <sup>a</sup>	41,06 <sup>a</sup>
	80	0,9 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	24 <sup>b</sup>	9 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>	5 <sup>b</sup>	42 <sup>b</sup>	132 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	12,63 <sup>b</sup>

Médias acompanhadas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%

Os níveis crescentes de Se aplicados não apresentaram efeitos no teor de fósforo na planta, porém este aumentou de 0,8 para 0,9 g.kg<sup>-1</sup> do primeiro para o segundo corte ( $p < 0,0001$ ) refletindo a adubação fosfatada de plantio, porém são interpretados como teores baixos considerando a faixa adequada para a *Brachiaria brizantha* entre 0,8 e 3,0 g.kg<sup>-1</sup> por Raij et al. (1996).

Considerando os requerimentos de fósforo para nutrição de bovinos em fase de terminação, os teores obtidos na gramínea foram suficientes para suprir a exigência, que se situa entre 5 a 11 g.dia<sup>-1</sup> conforme o NRC (1996), de um animal a pasto consumindo 2,5% de seu peso vivo em massa seca de forragem.

Os baixos teores de fósforo na planta, apesar da fosfatagem realizada no plantio, podem estar relacionados ao processo de proteção ambiental da natureza, que consiste em manter baixo o *pool* de fósforo disponível para a planta por meio de fixação inorgânica e de imobilização microbiana em compostos orgânicos (STAUFFER e SULEWSKI, 2004).

O teor foliar médio de enxofre não apresentou efeito dos níveis de Se aplicados (média 1 g.kg<sup>-1</sup>), nem das épocas de avaliação sendo interpretados como teores médios considerando a faixa adequada de 0,8 a 2,5 g.kg<sup>-1</sup> (RAIJ et al., 1996). Segundo o NRC (1996), os teores obtidos não foram suficientes para suprir as exigências de bovinos de corte que é de 0,15% de enxofre na massa seca (1,5 g.kg<sup>-1</sup>).

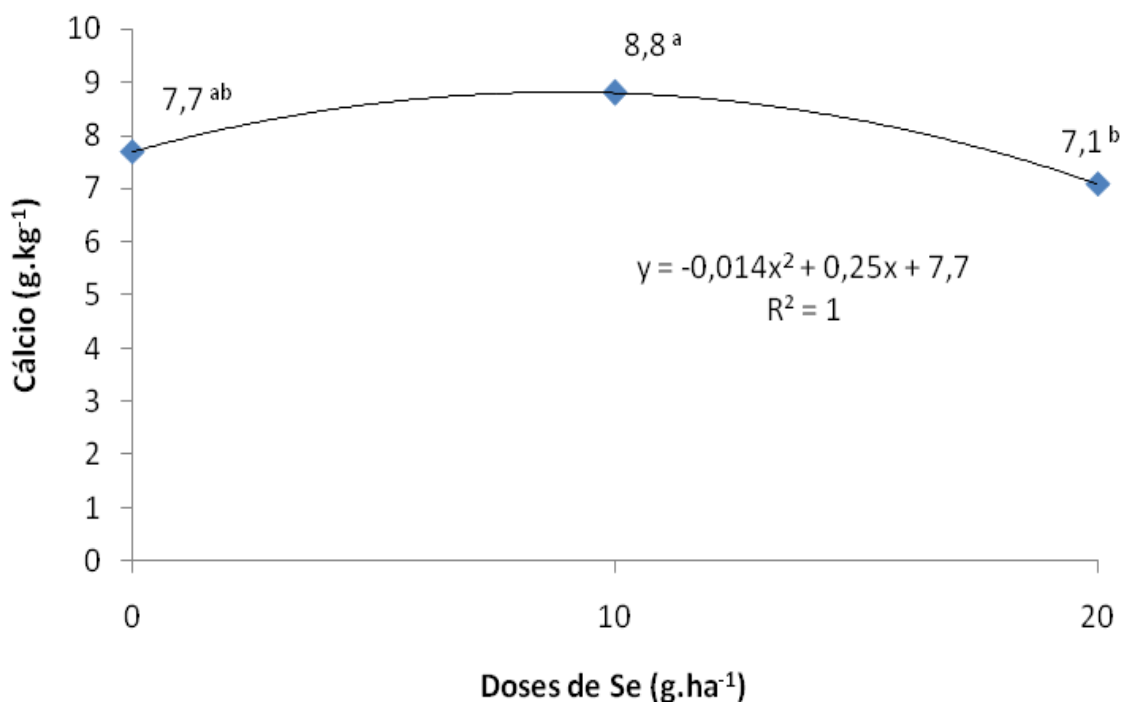
Os baixos teores são consequência da ausência do elemento na fertilização, pois o fato de competir pelos mesmos sítios de absorção que o Se (MALAVOLTA, 1980) não seria o responsável, uma vez que os níveis crescentes de Se aplicados não diferiram entre si (Tabela 7).

O teor foliar de potássio médio reduziu de 39 do primeiro corte para 24 g.kg<sup>-1</sup> no segundo corte ( $p < 0,0001$ ), mesmo com a aplicação de adubação potássica na implantação e em cobertura. Não houve efeito dos níveis de aplicação de Se, porém os teores obtidos se classificaram de ideais a altos considerando a faixa adequada entre 12 e 30 g.kg<sup>-1</sup> de potássio para o capim Braquiarião segundo Raij et al. (1996).

Apesar da redução dos teores de potássio na planta ao longo do tempo, esses teores foram maiores do que a exigência nutricional para bovinos de corte que é de 0,6% de potássio na massa seca ( $6 \text{ g.kg}^{-1}$ ), segundo NRC (1996).

O teor médio de cálcio aumentou ( $p=0,0002$ ) passando de  $6 \text{ g.kg}^{-1}$  aos 30 dias para  $9 \text{ g.kg}^{-1}$  no segundo corte. Os teores obtidos apresentaram-se acima das exigências dos bovinos de corte, que segundo o NRC (1996) é de 6 a  $14 \text{ g.dia}^{-1}$ .

Os níveis de Se aplicados apresentaram efeito ( $p=0,0560$ ) quadrático negativo com ponto máximo atingido para a dose de  $10 \text{ g.ha}^{-1}$  (Figura 13) sendo interpretados como elevados considerando a faixa adequada entre 3 a  $6 \text{ g.kg}^{-1}$  (RAIJ et al., 1996).



Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%

**Figura 14.** Teores médios de cálcio foliar em *Brachiaria brizantha* submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo

O teor foliar de magnésio médio aumentou de  $3,1 \text{ g.kg}^{-1}$  no primeiro para  $4,6 \text{ g.kg}^{-1}$  no segundo corte ( $p<0,0001$ ). Os níveis de Se aplicados não apresentaram efeitos (Tabela 7) e os teores obtidos foram adequados considerando a faixa para a gramínea entre 1,5 a  $4 \text{ g.kg}^{-1}$  (RAIJ et al., 1996). Para bovinos de corte, segundo o

NRC (1996), a gramínea é capaz de suprir a exigência desse elemento que é de 0,1% na matéria seca ( $1 \text{ g.kg}^{-1}$ ).

O teor médio de cobre reduziu ( $p=0,0095$ ) passando de 6 aos 30 dias para  $5 \text{ mg.kg}^{-1}$  na segunda e mesmo com a redução, os teores obtidos situaram-se na faixa considerada adequada para a planta, de 4 a  $12 \text{ mg.kg}^{-1}$  (RAIJ et al., 1996). Não houve efeito dos níveis crescentes de Se aplicados (Tabela 7), porém houve interação entre tratamento x tempo ( $p=0,0669$ ) em que somente a testemunha apresentou redução significativa no tempo (Tabela 8).

**Tabela 8.** Teores médios de Cobre foliar em *Brachiaria brizantha* submetidos a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo avaliados ao longo do tempo

Teores Foliares Médios de Cobre ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )		
Doses de Se ( $\text{g.ha}^{-1}$ )	Tempo	
	30 dias	80 dias
0	7 <sup>Aa</sup>	4 <sup>Ab</sup>
10	5 <sup>Aa</sup>	5 <sup>Aa</sup>
20	5 <sup>Aa</sup>	5 <sup>Aa</sup>

Médias acompanhadas de mesma letra maiúscula na coluna e médias acompanhadas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%

O teor médio de ferro foliar reduziu ( $p<0,0001$ ) do primeiro para o segundo corte de 53 para  $42 \text{ mg.kg}^{-1}$  passando de teor adequado para baixo considerando a faixa adequada entre 50 a  $250 \text{ mg.kg}^{-1}$  para a *Brachiaria brizantha* (RAIJ et al., 1996), porém não houve efeito dos níveis de Se aplicados (Tabela 7).

O teor médio de manganês foliar aumentou ao longo do tempo ( $p<0,0001$ ) passando de 56 no primeiro para  $132 \text{ mg.kg}^{-1}$  no segundo corte, porém não houve efeito dos níveis de Se aplicados (Tabela 7). Os teores obtidos estão contidos na faixa considerada adequada de 40 a  $250 \text{ mg.kg}^{-1}$  por Raij et al. (1996). Segundo Rosolem (2005), a absorção é favorecida pela interação entre manganês e potássio, o que justificaria o aumento nos teores do elemento na planta acarretado pelas adubações potássicas de plantio e cobertura.

O teor de zinco foliar não respondeu para as épocas de avaliação nem para os níveis de Se aplicados, apresentando em média  $24 \text{ mg.kg}^{-1}$  que pode ser interpretado

como teor adequado considerando a faixa 20 a 50 mg.kg<sup>-1</sup> para a *Brachiaria brizantha* segundo Raij et al. (1996).

Para os micronutrientes analisados visando os requerimentos nutricionais de bovinos de corte NRC (1996), os teores médios de ferro obtidos nos tratamentos com Se (10 e 20 g.ha<sup>-1</sup>) apresentaram-se abaixo das exigências, que se encontra no intervalo de 50 a 100 mg.kg<sup>-1</sup>. Os teores de cobre e zinco encontraram-se dentro dos intervalos requeridos que são de 4 a 10 mg.kg<sup>-1</sup> para o cobre, e de 20 a 40 mg.kg<sup>-1</sup> para o Zn, porém os teores de manganês obtidos encontraram-se acima do intervalo requerido (20 a 50 mg.kg<sup>-1</sup>).

#### 4.2.2 Parâmetros químicos foliares da *Stylosanthes capitata* cv. Campo Grande

Na segunda fase do experimento se observou a influência dos níveis de Se aplicados e das épocas de avaliação para os parâmetros analisados na leguminosa submetida aos diferentes solos (Tabela 9). Os níveis crescentes de Se apresentaram efeito significativo para os teores de cálcio, ferro e manganês, sendo que com base na literatura consultada não se encontrou explicação para este comportamento.

**Tabela 9.** Minerais nas plantas de *Stylosanthes capitata* submetidas a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo e ao longo do tempo

		P	S	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Se
		g.kg <sup>-1</sup>					mg.kg <sup>-1</sup>				
Doses de Se (g.ha <sup>-1</sup> )	0	1,2 <sup>a</sup>	1,0 <sup>b</sup>	37 <sup>a</sup>	18 <sup>b</sup>	1,8 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	56 <sup>b</sup>	60,95 <sup>ab</sup>	96 <sup>a</sup>	34,8 <sup>b</sup>
	10	1,3 <sup>a</sup>	1,2 <sup>b</sup>	37 <sup>a</sup>	19 <sup>b</sup>	1,8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	53 <sup>b</sup>	58,60 <sup>b</sup>	99 <sup>a</sup>	113,6 <sup>ab</sup>
	20	1,3 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	37 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	69 <sup>a</sup>	70,2 <sup>a</sup>	89 <sup>a</sup>	135,9 <sup>a</sup>
Épocas de Avaliação (dias)	30	1,1 <sup>b</sup>	1,1 <sup>a</sup>	45 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	66 <sup>a</sup>	46,74 <sup>b</sup>	119 <sup>a</sup>	159,8 <sup>a</sup>
	80	1,5 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	29 <sup>b</sup>	17 <sup>b</sup>	1,7 <sup>b</sup>	9 <sup>a</sup>	53 <sup>b</sup>	79,76 <sup>a</sup>	71 <sup>b</sup>	29,8 <sup>a</sup>

Médias acompanhadas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%

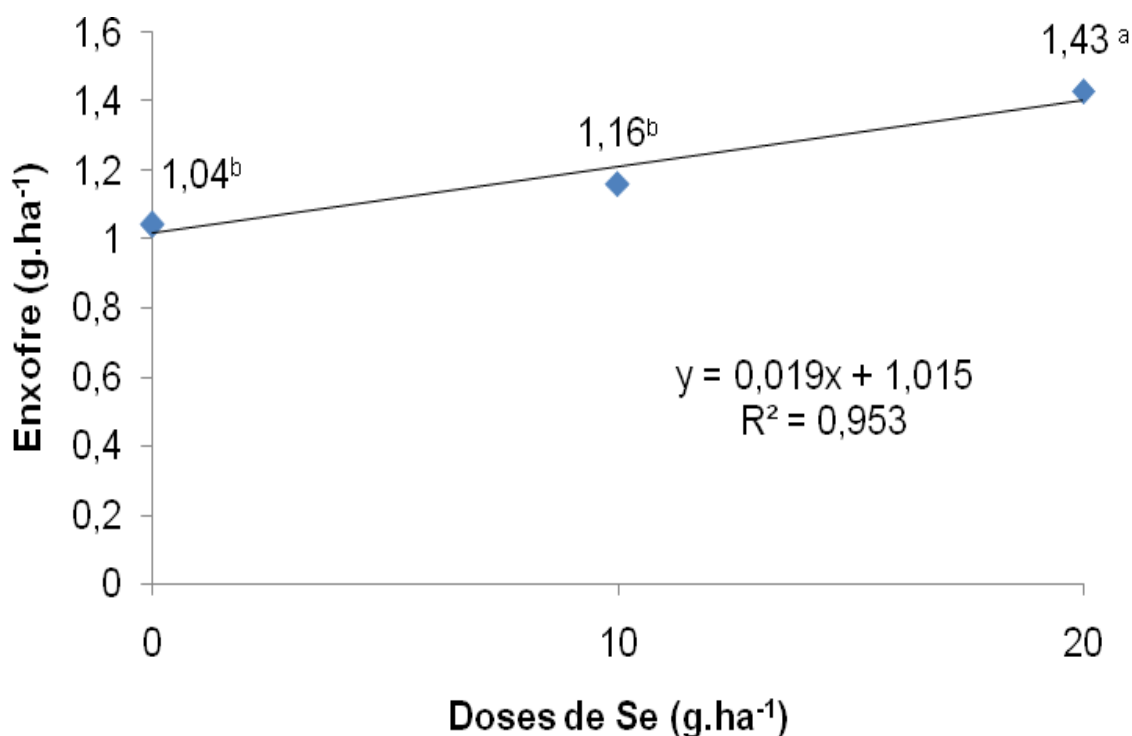
O teor médio de fósforo aumentou ao longo do tempo (p<0,0001) passando de 1,1 para 1,5 g.kg<sup>-1</sup> e não houve efeito dos níveis de Se aplicados. Os teores situam-se abaixo da faixa considerada adequada para a leguminosa por Raij et al. (1996) que é de 1,5 a 3,0 g.kg<sup>-1</sup>, porém, para os requerimentos de fósforo para nutrição de bovinos

em fase de terminação, os teores obtidos foram suficientes para suprir a exigência, que se situa entre 5 a 11 g.dia<sup>-1</sup> conforme o NRC (1996), de um animal a pasto consumindo 2,5% de seu peso vivo em massa seca de forragem.

O teor médio de enxofre foliar não apresentou efeito para as épocas de avaliação, mas houve tendência de aumento de 1,1 para 1,4 g.kg<sup>-1</sup> da primeira para a segunda época. O aumento não foi suficiente para atingir a faixa considerada adequada para a leguminosa que é de 1,5 a 3 g.kg<sup>-1</sup> segundo Raj et al. (1996) e conforme o NRC (1996), os teores obtidos não foram suficientes para suprir as exigências de bovinos de corte que é de 0,15% de enxofre na massa seca (1,5 g.kg<sup>-1</sup>).

Além dos baixos teores de S em consequência da ausência de aplicação de enxofre na fertilização, os níveis de Se aplicados ( $p=0,0001$ ) apresentaram efeito linear positivo com o S (Figura 14) contrariando as perspectivas de redução que seriam justificadas pelo fato de competir pelos mesmos sítios de absorção que o Se (MALAVOLTA, 1980).

O comportamento do enxofre condiz com os resultados de Huang et al. (2008) em trabalho com milho e concentrações de 5 e 10  $\mu\text{M}$  Se na solução na forma de selenato, em que verificou aumento no acúmulo de S em zonas de crescimento da planta em consequência do aumento da concentração de Se na solução aplicada.



Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%

**Figura 15.** Teores médios de enxofre foliar em *Stylosanthes capitata* submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo

O teor foliar de potássio médio reduziu do primeiro para o segundo corte de 45 para 29 g.kg<sup>-1</sup> ( $p < 0,0001$ ) porém, mesmo com a redução os teores são interpretados como elevados considerando a faixa adequada entre 10 a 30 g.kg<sup>-1</sup> para *Stylosanthes* conforme Raji et al. (1996), refletindo os efeitos das adubações potássicas de implantação e cobertura.

Os teores de potássio obtidos foram maiores do que a exigência nutricional para bovinos de corte que é de 0,6% de potássio na massa seca (6 g.kg<sup>-1</sup>), segundo NRC (1996).

O teor médio de cálcio apresentou efeito do tempo ( $p = 0,0080$ ) e dos níveis de Se aplicados ( $p = 0,0080$ ). Houve redução do teor médio de 21 para 17 g.kg<sup>-1</sup> ao longo do tempo e destaque do tratamento com 20 g.ha<sup>-1</sup> de Se que apresentou teor médio de 20,3 g.kg<sup>-1</sup>, enquanto a testemunha e a dosagem de 10 g.ha<sup>-1</sup> de Se não diferiram entre si com 18 e 19 g.kg<sup>-1</sup> respectivamente.



Os teores médios de cálcio obtidos encontraram-se contidos na faixa adequada que é de 5 a 20 g.kg<sup>-1</sup> para o *Stylosanthes segundo* Raij et al. (1996) e apresentaram-se acima das exigências dos bovinos de corte, que segundo o NRC (1996) é de 6 a 14 g.dia<sup>-1</sup>.

O comportamento de redução no tempo foi observado em todos os níveis de Se aplicados conforme a interação tratamento x tempo (p=0,0177) apresentada na Tabela 10, assim como destaque da dosagem de 20 g.ha<sup>-1</sup> de Se no primeiro corte.

**Tabela 10.** Teores médios de Cálcio foliar em *Stylosanthes capitata* submetidos a tratamentos com níveis de aplicação de Selênio no solo avaliados ao longo do tempo.

Teores Foliares Médios de Cálcio (g.kg <sup>-1</sup> )		
Doses de Se (g.ha <sup>-1</sup> )	Tempo	
	30 dias	80 dias
0	19 <sup>Ba</sup>	17 <sup>Ab</sup>
10	20 <sup>Ba</sup>	17 <sup>Ab</sup>
20	23 <sup>Aa</sup>	17 <sup>Ab</sup>

*Médias acompanhadas de mesma letra maiúscula na coluna e médias acompanhadas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%*

O teor médio de magnésio foliar apresentou influencia do tempo (p=0,0008), passando de 2 para 1,7 g.kg<sup>-1</sup> do primeiro para o segundo corte. Dentre os níveis de Se aplicados, não houve diferenças sendo que, os teores médios obtidos estão contidos dentro da faixa adequada para *Stylosanthes* conforme Raij et al. (1996), que é de 1,5 a 4 g.kg<sup>-1</sup>.

O teor médio de cobre não apresentou efeito a nenhum dos parâmetros avaliados, porém apresentou tendência a aumentar conforme os níveis de Se aplicados (p=0,0795) com obtenção das médias 8, 9 e 9 mg.kg<sup>-1</sup> para a testemunha e as doses 10 e 20 g.ha<sup>-1</sup> respectivamente, sendo interpretados como adequados considerando a faixa entre 6 a 12 mg.kg<sup>-1</sup> (RAIJ et al., 1996).

O teor médio de ferro foliar reduziu ao longo do tempo (p<0,0003) passando de 66 para 53 mg.kg<sup>-1</sup> e foram observados efeito da aplicação dos níveis crescentes de Se (p=0,0019) em que a maior dose (20 g.ha<sup>-1</sup> de Se) se destacou com 69 mg.kg<sup>-1</sup> enquanto a testemunha e o tratamento com 10 g.ha<sup>-1</sup> de Se apresentaram as médias 56

e 53 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente, porém os teores foram considerados adequados conforme a faixa entre 40 a 250 mg.kg<sup>-1</sup> (RAIJ et al., 1996).

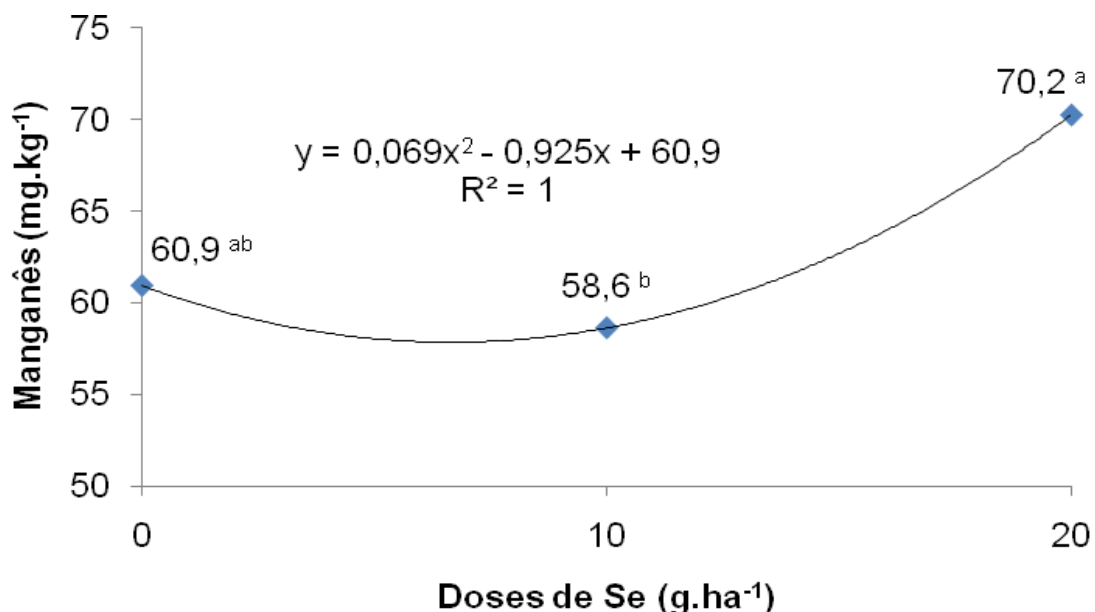
Houve efeito da interação tratamento x tempo (p=0,0049) conforme Tabela 11 em que observou-se os maiores teores foliares de ferro para os tratamentos com aplicação de Se no primeiro corte, com sua redução no tempo e ausência de alteração no teor de ferro para a testemunha. Conforme Malavolta (1980) o selenato é a forma predominante na absorção das plantas e, diferentemente do Selenito, no solo esta não se fixa ao ferro, o que pode ter possibilitado a maior absorção de ferro e Se pela leguminosa nos tratamentos com Se aplicado na forma de selenato.

**Tabela 11.** Teores médios de ferro foliar em *Stylosanthes capitata* submetidos a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo avaliados ao longo do tempo

Teores Foliares Médios de Ferro (mg.kg <sup>-1</sup> )		
Doses de Se (g.ha <sup>-1</sup> )	Tempo	
	30 dias	80 dias
0	57 <sup>Ba</sup>	56 <sup>Aa</sup>
10	59 <sup>Ba</sup>	47 <sup>Ab</sup>
20	83 <sup>Aa</sup>	54 <sup>Ab</sup>

*Médias acompanhadas de mesma letra maiúscula na coluna e médias acompanhadas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%*

O teor médio de manganês foliar aumentou no tempo (p<0,0001) passando de 47,7 no primeiro para 79,8 mg.kg<sup>-1</sup> no segundo corte, o que poderia ser explicado pelo favorecimento da interação entre manganês e potássio segundo Rosolem (2005). Os níveis de Se apresentaram efeito quadrático positivo (p=0,0253) sobre os teores de manganês conforme pode ser verificado na Figura 15.



Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%

**Figura 16.** Teores médios de manganês foliar em *Stylosanthes capitata* submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo

O teor médio de zinco reduziu ao longo do tempo ( $p < 0,001$ ) passando de 119 para 71  $\text{mg.kg}^{-1}$  e a aplicação dos níveis de Se não apresentaram efeito, no entanto, os teores foram interpretados como altos segundo a faixa considerada adequada para *Stylosanthes* por Raij et al (1996), que é de 20 a 50  $\text{mg.kg}^{-1}$ .

Para os micronutrientes analisados visando os requerimentos nutricionais de bovinos de corte NRC (1996), os teores médios de Fe e Cu encontraram-se dentro dos intervalos requeridos que é de 50 a 100  $\text{mg.kg}^{-1}$  para o teor de Fe e de 4 a 10  $\text{mg.kg}^{-1}$  para o Cu, porém, os teores de Mn e Zn obtidos encontraram-se acima dos intervalos requeridos que para o Mn é de 20 a 50  $\text{mg.kg}^{-1}$  e para o Zn é de 20 a 40  $\text{mg.kg}^{-1}$ .

#### 4.2.3 Parâmetros químicos do solo submetidos à *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Dentre os atributos químicos relacionados à fertilidade do solo, somente o P, Mn e o H+Al apresentaram efeitos para os tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo como pode ser verificado na Tabela 12.

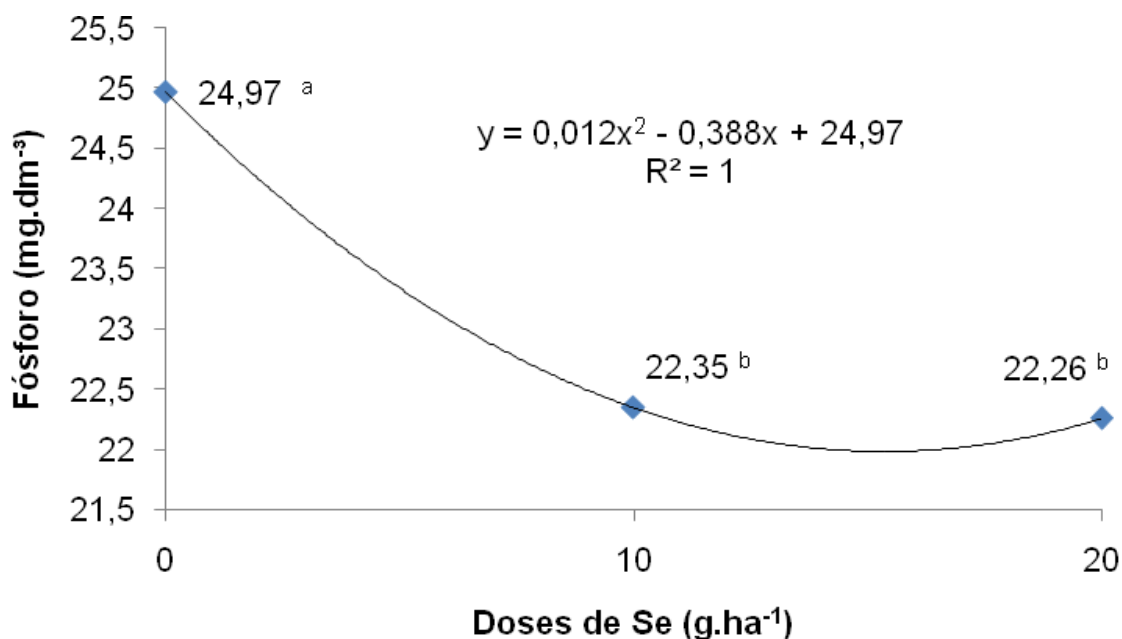
**Tabela 12.** Teores médios dos atributos químicos de fertilidade do solo submetidos à *Brachiaria brizantha* submetidos a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo

Doses de Se (g.ha <sup>-1</sup> )	pH	M.O.	P	S	K	Ca	Mg	H + Al	Al	CTC	SB	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		mmol.dm <sup>-3</sup>						%		mg.dm <sup>-3</sup>					
0	5,3 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	52 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	48 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	10,2 <sup>a</sup>	6,2 <sup>a</sup>
10	5,4 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	51 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	8,1 <sup>b</sup>	6,2 <sup>a</sup>
20	5,4 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	19 <sup>b</sup>	1 <sup>a</sup>	52 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	5,3 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	10,0 <sup>a</sup>	6,1 <sup>a</sup>

*Médias acompanhadas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%*

O pH (CaCl<sub>2</sub>) não diferiu entre os níveis de Se aplicados (Tabela 12) sendo interpretado como determinante de acidez média na camada arável por estar contido no intervalo 5,1 a 5,5 por Raij et al. (1996). O teor de matéria orgânica se encontrou dentro do intervalo de 16 a 30 g.dm<sup>-3</sup> e não revelou efeito dos níveis de Se aplicados (Tabela 12) sendo o solo classificado como de textura média (RAIJ et al. 1996).

O teor de fósforo no solo apresentou efeito dos níveis de Se aplicados (p=0,0114), porém, como pode ser verificado anteriormente, este efeito não foi o suficiente para refletir nos teores foliares. Apesar do maior teor obtido para a testemunha (Figura 16), as médias de fósforo no solo foram interpretadas como teores médios considerando o intervalo de 13 a 30 mg.dm<sup>-3</sup> para plantas perenes por Raij et al. (1996) e apresentaram ajuste quadrático positivo.



Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%

**Figura 17.** Teores médios de fósforo no solo submetido à *Brachiaria brizantha* e a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo

Os teores de enxofre no solo não apresentaram respostas para os níveis de Se aplicados (Tabela 12), porém, os teores encontrados situaram-se na faixa interpretada como média por Raji et al. (1996).

Os teores de potássio, cálcio e magnésio no solo apresentaram os mesmos valores médios para os três níveis de Se aplicados 0,6, 19 e 5 mmolc.dm<sup>-3</sup> respectivamente (Tabela 12). Os teores médios obtidos por esses elementos foram considerados por Raji et al. (1996) como muito baixos (0 – 0,7 mmolc.dm<sup>-3</sup>), altos (>7 mmolc.dm<sup>-3</sup>) e médios (5 – 8 mmolc.dm<sup>-3</sup>) respectivamente.

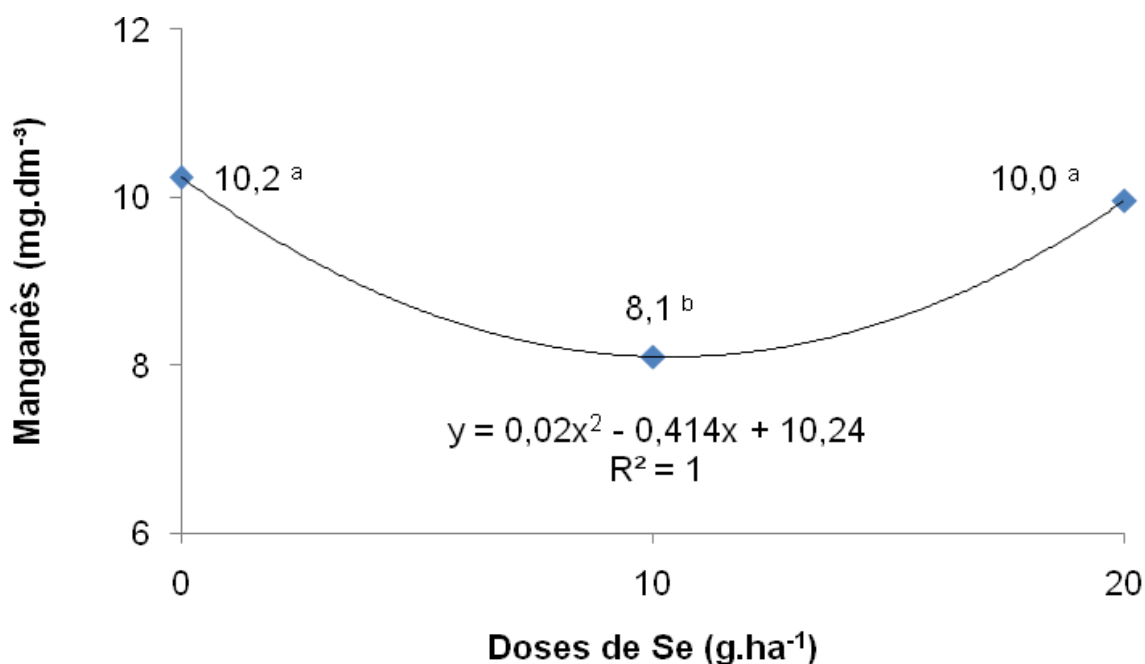
Os níveis de Se aplicados apresentaram efeitos benéficos uma vez que favoreceram a redução dos teores de H+Al (p=0,0004), que se ajustaram ao modelo quadrático negativo.

Os teores médios de alumínio, assim como a saturação por alumínio (m) não apresentaram efeitos dos níveis de Se aplicados (Tabela 12) e se situaram abaixo dos valores considerados possíveis de proporcionar condições desfavoráveis ao

desenvolvimento radicular quando comparados a interpretações de amostras de subsolo (RAIJ et al., 1996).

Os valores da capacidade de troca catiônica (CTC), da soma de bases (SB) e a saturação por bases (V) não diferiram para os níveis de Se aplicados (Tabela 12). Os valores de V apresentaram se no limite da exigência para a manutenção da *Brachiaria brizantha* que é de 50% (RAIJ et al., 1996).

Dentre os micronutrientes avaliados no solo, apenas o manganês apresentou efeito dos níveis de Se aplicados (Tabela 12), sendo que todos apresentaram teores considerados elevados exceto o boro, que apresentou teores médios (RAIJ et al., 1996). Os teores de Manganês apresentaram ajuste quadrático positivo ( $p=0,0003$ ) para os níveis de Se aplicados (Figura 17).



Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%

**Figura 18.** Teores médios de manganês no solo submetido à *Brachiaria brizantha* e a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo

#### 4.2.4 Parâmetros químicos do solo submetidos ao *Stylosanthes capitata* cv. Campo Grande

Dentre os atributos químicos relacionados à fertilidade do solo somente o fósforo, manganês e zinco apresentaram efeitos para os níveis de Se aplicados com como pode ser verificado na Tabela 13.

**Tabela 13.** Teores médios dos atributos químicos de fertilidade do solo submetidos ao *Stylosanthes capitata* submetidos a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo

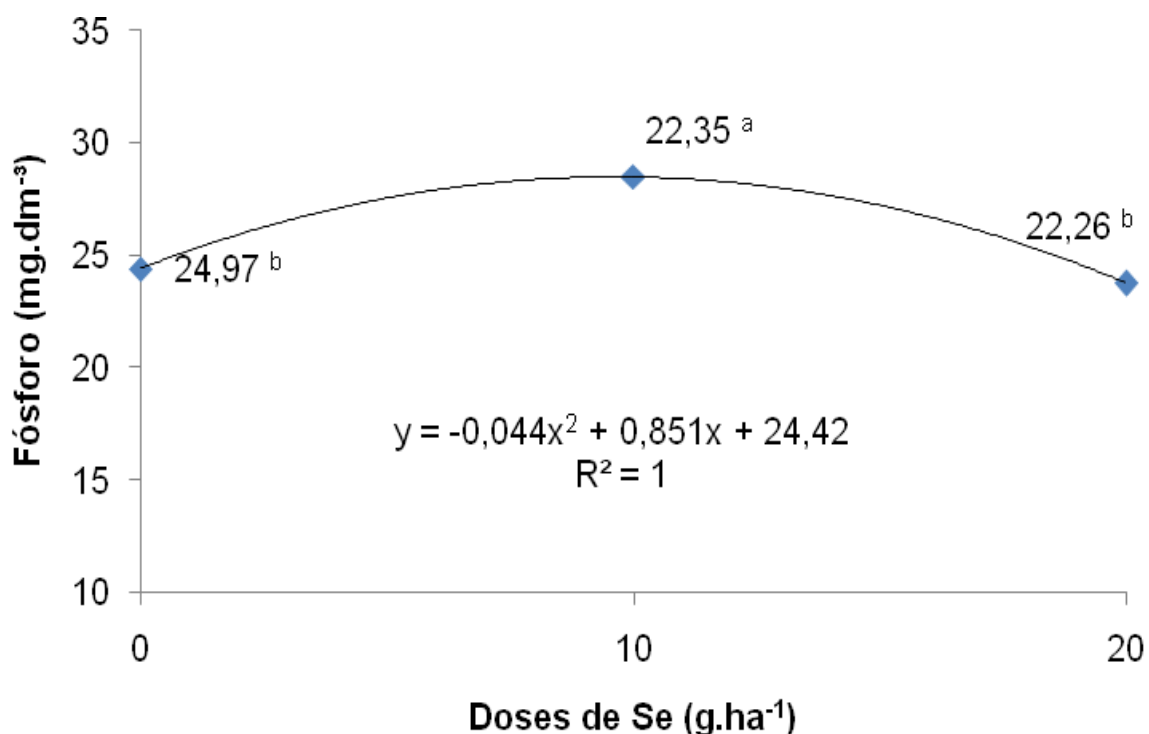
Doses de Se (g.ha <sup>-1</sup> )	pH	M.O.	P	S	K	Ca	Mg	H + Al	Al	CTC	SB	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		mmolc.dm <sup>-3</sup>						%		mg.dm <sup>-3</sup>					
0	5,2 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	24 <sup>b</sup>	6 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	57 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	51 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	9,3 <sup>ab</sup>	6,1 <sup>b</sup>
10	5,3 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	52 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	55 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	7,4 <sup>b</sup>	6,7 <sup>a</sup>
20	5,2 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	24 <sup>b</sup>	6 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	54 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	53 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	11,1 <sup>a</sup>	6,1 <sup>b</sup>

*Médias acompanhadas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%*

O pH (CaCl<sub>2</sub>) não diferiu entre os níveis de Se aplicados (Tabela 13) sendo interpretado como acidez média na camada arável, por estar contido no intervalo 5,1 a 5,5 por Raij et al. (1996). O teor de matéria orgânica variou dentro do intervalo de 16 a 30 g.dm<sup>-3</sup> e não revelou efeito dos níveis de Se aplicados (Tabela 13) sendo o solo classificado como de textura média (RAIJ et al. 1996).

O teor de fósforo no solo apresentou efeito dos níveis de Se aplicados ( $p < 0,0001$ ), porém, como pode ser verificado anteriormente, este efeito não foi o suficiente para refletir nos teores foliares, porém as médias obtidas foram interpretadas como teores médios considerando o intervalo de 13 a 30 mg.dm<sup>-3</sup> para plantas perenes por Raij et al. (1996).

Diferentemente do comportamento do solo submetido à gramínea, o teor de fósforo submetido à leguminosa apresentou ajuste quadrático negativo (Figura 18).



Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%

**Figura 19.** Teores médios de fósforo no solo submetido ao *Stylosanthes capitata* e a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo

Os teores de enxofre no solo não apresentaram respostas para os níveis de Se aplicados (Tabela 13), porém os teores encontrados situaram-se na faixa interpretada como média por Rajj et al. (1996).

Os teores de potássio, cálcio e magnésio no solo apresentaram valores médios de 2, 20 e 7 mmolc.dm<sup>-3</sup> respectivamente (Tabela 14) que foram considerados por Rajj et al. (1996) como médio (1,6 – 3,0 mmolc.dm<sup>-3</sup>), altos (>7 mmolc.dm<sup>-3</sup>) e médios (5 – 8 mmolc.dm<sup>-3</sup>) respectivamente. Os teores de H+Al não responderam para os níveis de Se aplicados (Tabela 14).

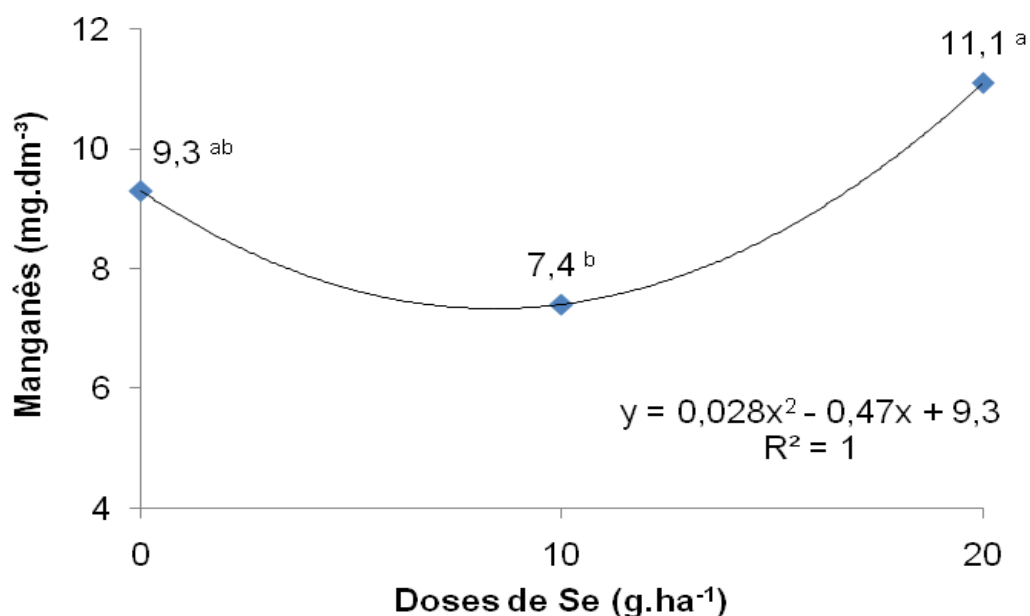
Os teores médios de Al, assim como a saturação por Al (m) não apresentaram efeitos dos níveis de Se aplicados (Tabela 14), porém se situaram abaixo dos valores considerados desfavoráveis ao desenvolvimento radicular quando comparados a interpretações de amostras de subsolo (RAIJ et al., 1996).



Os valores da capacidade de troca catiônica (CTC), da soma de bases (SB) e a saturação por bases (V) não diferiram para os níveis de Se aplicados (Tabela 14). Os valores de V apresentaram-se acima da recomendação para implantação e manutenção do *Stylosanthes capitata* que é, respectivamente, de 40 e 50% (RAIJ et al., 1996).

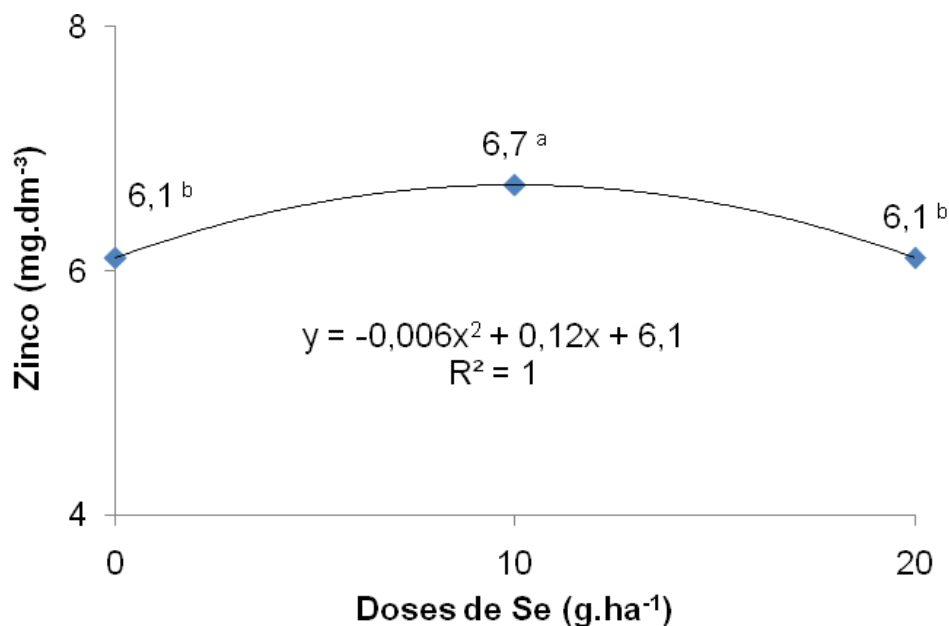
Dentre os micronutrientes avaliados no solo apenas o manganês e o zinco apresentaram efeito dos níveis de Se aplicados (Tabela 14), sendo que todos apresentaram teores considerados elevados exceto o boro, que apresentou teores baixos e médios (RAIJ et al., 1996).

Os teores de manganês, assim como para a gramínea, apresentaram ajuste quadrático positivo ( $p=0,0105$ ) para os níveis de Se aplicados (Figura 19).



Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%  
**Figura 20.** Teores médios de manganês no solo submetido ao *Stylosanthes capitata* e a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo

Para os teores médios de zinco no solo os níveis de Se aplicados apresentaram ajuste quadrático negativo ( $p=0,0003$ ) conforme verificou-se na Figura 20.



Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%  
**Figura 21.** Teores médios de zinco no solo submetido ao *Stylosanthes capitata* e a tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo

#### 4.2.5 Selênio foliar e no solo para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

O teor médio de Se foliar apresentou diferença para o tempo ( $p=0,0093$ ) passando de  $41 \mu\text{g.kg}^{-1}$  aos 30 dias para  $13 \mu\text{g.kg}^{-1}$  aos 80 dias, concordando com Zanetti (2005) em que há variação em relação à idade da planta nas gramíneas tropicais em que a composição pode alterar muito em um curto espaço de tempo e com Correia (1986) de que o teor diminui à medida que o estágio de maturação avança.

Houve diferenças entre os solos avaliados para os teores de Se foliares ( $p=0,0370$ ) e os teores no solo ( $p=0,0289$ ) e os níveis de Se aplicados apresentaram efeitos apenas nos teores de Se foliares ( $p=0,0012$ ), conforme verifica-se na Tabela 14.

**Tabela 14.** Teores médios de Se no solo e na planta para os solos e tratamentos com aplicação de níveis de Se submetidos à *Brachiaria brizantha*

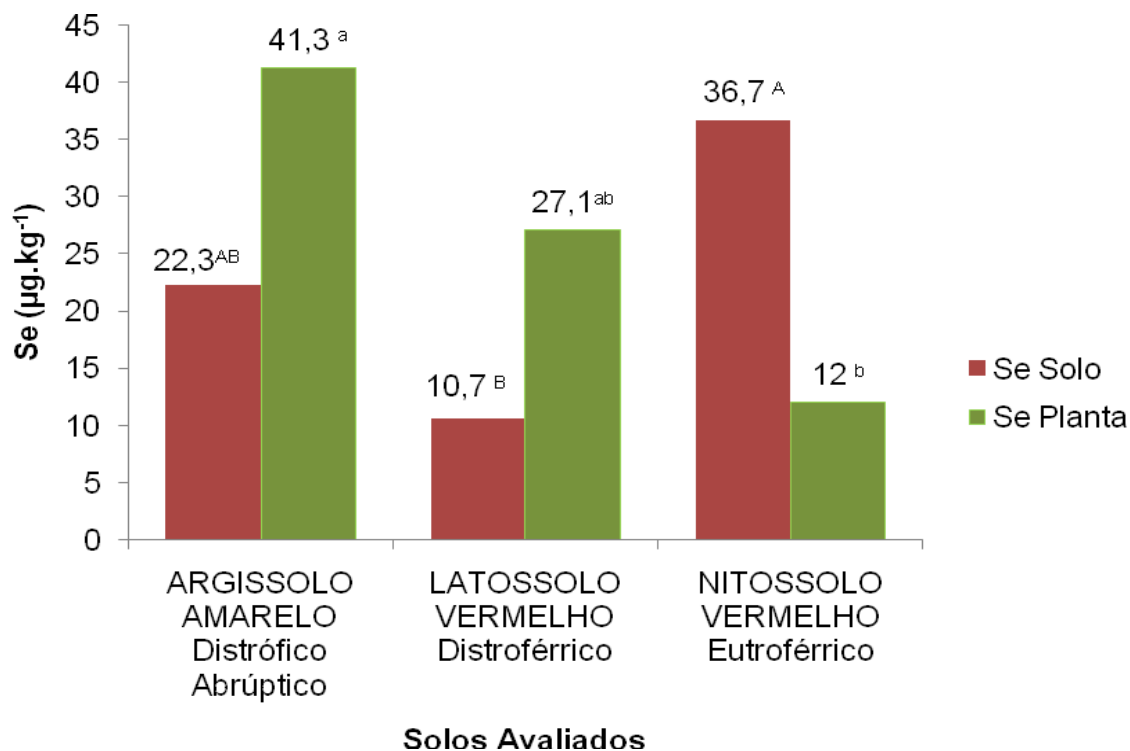
Solos	Se solo ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )	Se Foliar ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )
ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abrúptico	22,31 <sup>ab</sup>	41,34 <sup>a</sup>
LATOSSOLO VERMELHO Distroférico	10,70 <sup>b</sup>	27,14 <sup>ab</sup>
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico	36,70 <sup>a</sup>	12,06 <sup>b</sup>
Doses de Se ( $\text{g.ha}^{-1}$ )		
0	25,10 <sup>a</sup>	4,09 <sup>b</sup>
10	26,11 <sup>a</sup>	27,39 <sup>ab</sup>
20	18,50 <sup>a</sup>	49,05 <sup>a</sup>

Médias acompanhadas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%

O comportamento para os teores no solo e na planta submetidos aos diferentes solos (Figura 20) corrobora com Robberechta et al. (1981), que afirmou a dependência entre a composição estrutural e química do solo com a composição final na planta.

O comportamento do NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico contradiz a conclusão de Robberechta et al. (1981) de que há forte correlação entre o teor do solo e o da planta, assim, este solo foi responsável pelo comportamento decrescente da reta que resultou na equação linear  $y = -0,638x + 41,63$  e no baixo coeficiente de correlação ( $R^2=0,322$ ).

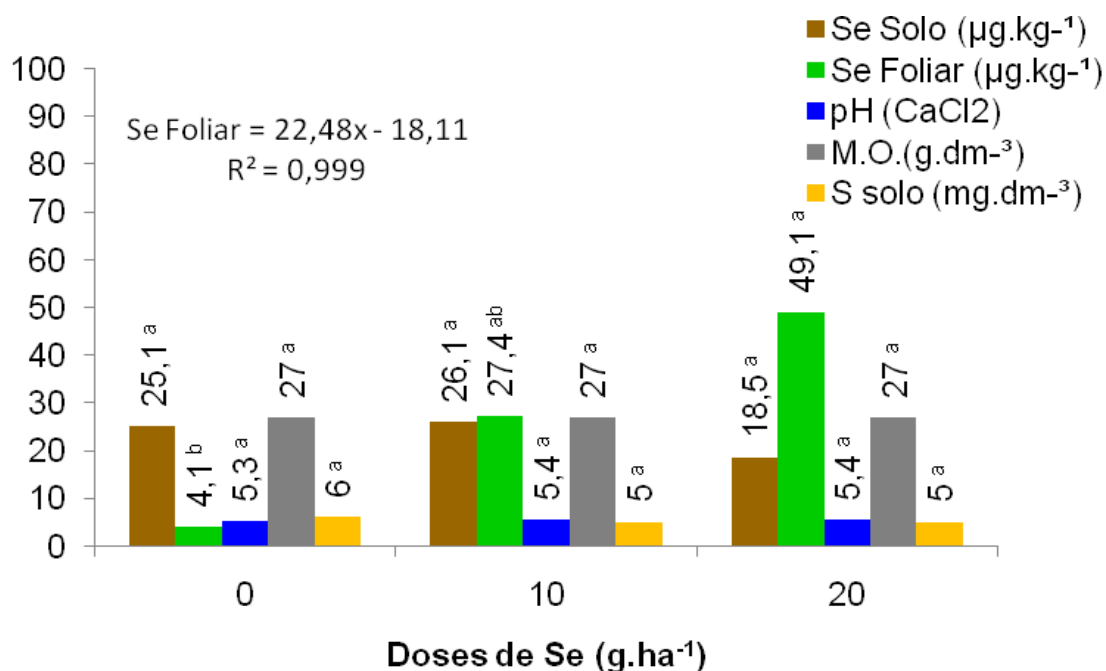
O comportamento do NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico diferiu dos demais solos caracterizado pela inversão da relação entre o teor no solo e na planta (Figura 21) que pode ser justificado pela possibilidade do elemento estar presente no solo como selenito, como afirmou Malavolta (1980) podendo estar fixado ao ferro e formar complexos com a matéria orgânica e dependendo do pH, grau de aeração e da atividade microbiana, pode estar em diversos estados de oxidação.



*Médias acompanhadas de mesma letra maiúscula no solo e mesma letra minúscula na planta não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%*

**Figura 22.** Teores médios de selênio no solo e na planta em *Brachiaria brizantha* submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo.

Os teores foliares apresentaram comportamento linear crescente para os níveis de Se aplicados (Figura 22) e os teores no solo não diferiram para os níveis de Se aplicados, mas apresentaram tendência à redução sob os mesmos valores de pH, matéria orgânica e S no solo.



Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si para cada parâmetro analisado por Tukey 10%

**Figura 23.** Teores médios de selênio no solo e na planta em *Brachiaria brizantha* submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo sob mesmos valores de pH, matéria orgânica e S no solo

Os teores de Se obtidos nos solos (Figura 22) são baixos, considerando o critério de deficiência por Millar (1983) quando contiver menos de 0,5 mg de Se por kg de solo ( $500 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ) e Selênio... (2002) quando for inferior a 0,3 ppm ( $300 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ).

Em consequência dos teores no solo, apesar do significativo aumento dos teores foliares com os níveis de Se aplicados, a forragem produzida não apresentou teores suficientes para suprir a exigência animal que é de 0,1 ppm de Se ( $100 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ) pelo National Research Council (NRC), (1996) para bovinos de corte. A partir dos teores foliares é possível concordar com Watkinson (1983) de que a dosagem de  $10 \text{ g.ha}^{-1}$  de Se é extremamente pequena, representando uma adição anual de 0,011 a  $0,017 \mu\text{g.g}^{-1}$  de Se dependendo da densidade dos solos deficientes.

Os resultados obtidos até 80 dias após a uniformização para a gramínea tropical, com aplicações de  $10$  e  $20 \text{ g.ha}^{-1}$  diferem das condições da Austrália citadas por Selênio..., (2002) em que regiões deficientes consideram a aplicação de  $3 \text{ g.ha}^{-1}$  na forma de selenato para alcançar níveis apropriados em até dois anos.

Os resultados obtidos para a gramínea demonstraram a possibilidade de suplementar o Se na dieta de animais a pasto através da aplicação de Se via fertilizante considerando a afirmação em Selênio... (2002), de que é possível elevar os níveis de Se no sangue dos animais através da elevação dos níveis de sódio e Se no capim com mais eficiência do que suplementos minerais, porém as doses avaliadas (10 e 20 g.ha<sup>1</sup>) foram insuficientes.

#### 4.2.6 Selênio foliar e no solo para *Stylosanthes capitata* Campo Grande

O teor de Se foliar médio apresentou redução no tempo (p=0,0170) passando de 160 µg.kg<sup>-1</sup> no primeiro corte a 30 µg.kg<sup>-1</sup> no segundo corte aos 80 dias após a uniformização, concordando com Correia (1986) de que o teor diminui à medida que o estágio de maturação avança.

Assim como para a gramínea, na leguminosa também se observou diferenças entre os solos avaliados para os teores de Se foliares (p=0,0010) e os teores no solo (p=0,0004) e os níveis de Se aplicados apresentaram efeitos apenas nos teores de Se foliares (p=0,0419) conforme verifica-se na Tabela 15.

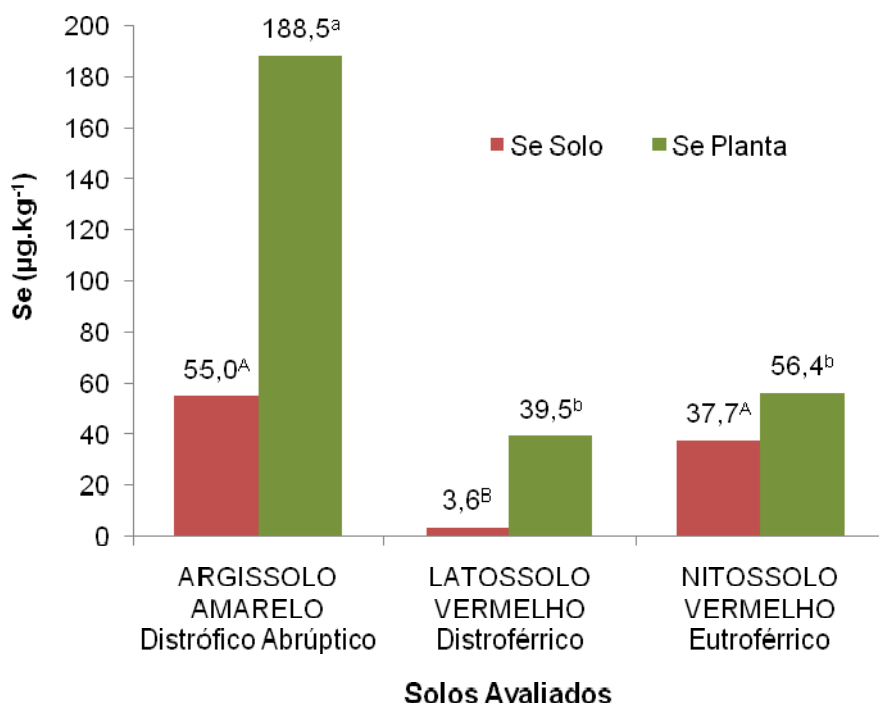
**Tabela 15.** Teores médios de Se no solo e na planta para os solos e tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo submetidos ao *Stylosanthes capitata*.

Solos	Se solo (µg.kg <sup>-1</sup> )	Se Foliar (µg.kg <sup>-1</sup> )
ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abrúptico	54,97 <sup>a</sup>	188,51 <sup>a</sup>
LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico	3,58 <sup>b</sup>	39,54 <sup>b</sup>
NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico	37,70 <sup>a</sup>	56,36 <sup>b</sup>
Doses de Se (g.ha <sup>-1</sup> )		
0	38,4 <sup>a</sup>	34,83 <sup>a</sup>
10	34,07 <sup>a</sup>	113,64 <sup>a</sup>
20	23,78 <sup>a</sup>	135,95 <sup>a</sup>

Médias acompanhadas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%

O comportamento entre os solos avaliados (Figura 23) corrobora com Robberechta et al. (1981), que afirmou a dependência entre a composição estrutural e química do solo com a composição final na planta. A conclusão de Robberechta et al. (1981) de que há forte correlação entre o teor do solo e o da planta também corrobora

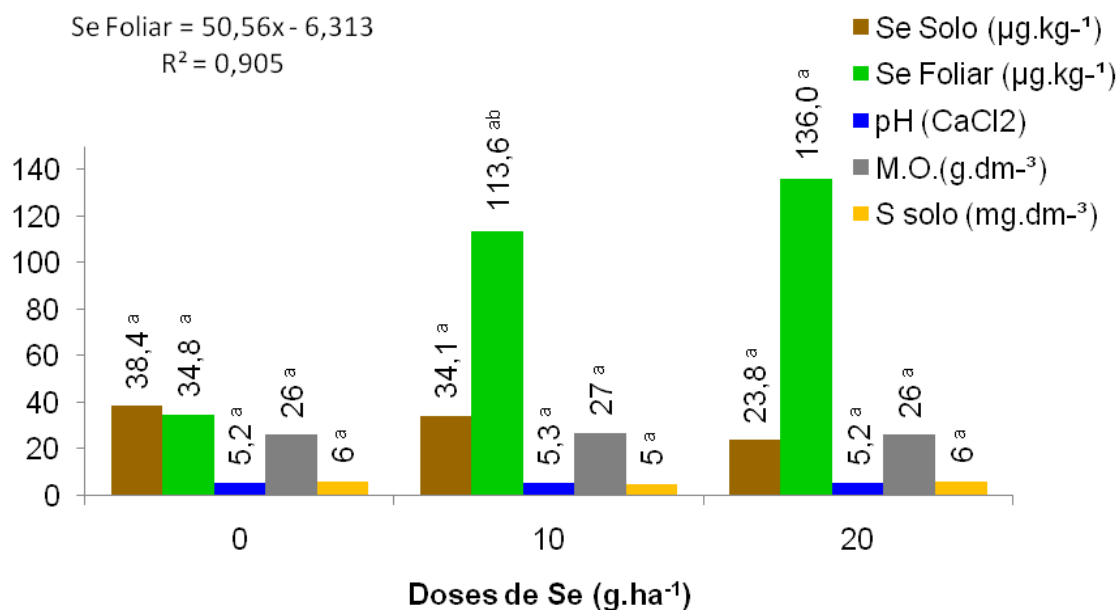
com os resultados obtidos, uma vez que a correlação nos solos avaliados foi crescente ( $y = 2,563x + 12,51$ ) e apresentou coeficiente de correlação de 0,675.



*Médias acompanhadas de mesma letra maiúscula no solo e mesma letra minúscula na planta não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%*

**Figura 24.** Teores médios de selênio no solo e na planta em *Stylosanthes capitata* submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo

Os níveis de Se aplicados apresentaram efeito nos teores foliares proporcionando comportamento linear crescente (Figura 23). Os teores no solo não diferiram para os níveis de Se aplicados (Tabela 15), mas apresentaram tendência à redução sob os mesmos valores de pH (CaCl<sub>2</sub>), matéria orgânica e S no solo.



Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si para cada parâmetro analisado por Tukey 10%

**Figura 25.** Teores médios de selênio no solo e na planta em *Stylosanthes capitata* submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo sob mesmos valores de pH, matéria orgânica e S no solo

Os teores obtidos nos solos (Figura 24) são baixos considerando o critério de deficiência por Millar (1983) quando contiver menos de 0,5 mg de Se por kg de solo (500 µg.kg<sup>-1</sup>) e Selênio...(2002) quando for inferior a 0,3 ppm (300 µg.kg<sup>-1</sup>).

Apesar dos baixos teores no solo, os teores foliares da leguminosa submetidos às doses de Se apresentaram teores suficientes para suprir o mínimo da exigência animal que é de 0,1 ppm de Se (100 µg.kg<sup>-1</sup>) pelo National Research Council (NRC), (1996). No caso da leguminosa e do curto prazo de análise, é possível discordar de Watkinson (1983) em que a dosagem de 10 g.ha<sup>-1</sup> de Se é extremamente pequena.

A diferença no teor de Se foliar entre a gramínea e a leguminosa pode ser explicado pelo maior teor de proteína bruta encontrado nesta última, considerando que o Se se encontra na forma na composição da proteína.

As diferenças na composição do material vegetal coletado também podem ter influenciado os maiores teores de Se na leguminosa, uma vez que no caso desta deve ser considerada a presença de inflorescência, caules, e até sementes e conforme Correia (1986) o acúmulo de Se é decrescente nas partes: sementes, folhas e caules.



Os resultados obtidos para a leguminosa demonstraram a possibilidade de suplementar o Se na dieta de animais a pasto através da aplicação de Se via fertilizante considerando a afirmação em Selênio... (2002), de que é possível elevar os níveis de Se no sangue dos animais através da elevação dos níveis de sódio e Se no capim com mais eficiência do que suplementos minerais.

Entre as duas plantas forrageiras também há o fato da presença de simbiose da leguminosa com as bactérias na fixação de N uma vez que Terry et al. (2000), afirmaram ser necessário mais pesquisas sobre o papel das bactérias da rizosfera na volatilização do Se pelas plantas, que volatilizam quantidades relativamente baixas de selenato ou selenito na ausência de bactérias e estas são requeridas para facilitar a absorção do selenato pela raiz.

#### **4.2.7 Parâmetros bromatológicos avaliados na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**

Considerando a produção de massa seca por vaso, houve redução no tempo ( $p < 0,0001$ ) com média de 32,3 g no primeiro para 25,8 g no segundo corte, porém não houve efeito dos níveis de Se aplicados. O teor de massa seca não respondeu para os níveis de Se aplicados e apresentou efeito no tempo ( $p < 0,0001$ ), passando de 27% de massa seca no primeiro corte para 35% no segundo corte, sendo valores próximos aos obtidos por Manella et al. (2002) com 27,7% de massa seca na época da seca.

O teor de PB apresentou resposta apenas para o tempo ( $p < 0,0001$ ) passando de 5,2 para 6,3% do primeiro para o segundo corte. Os níveis de Se aplicados não diferiram entre si resultando em 5,6, 5,6 e 6,0% para a testemunha, e as doses 10 e 20  $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$  respectivamente sendo que, Costa et al (2005) avaliando os atributos desta gramínea obtiveram 9,8 e 7% de PB para os meses de junho e julho respectivamente, atingindo até 11,98% no período das águas.

Os teores obtidos podem ser considerados baixos e, conforme admitiu Costa et al. (2005), 7% de PB deve ser considerado um valor mínimo, sendo que valores inferiores são limitantes a produção animal, porém Manella et al. (2002) apresentaram teores de 5,1 e 7,1% de PB para as épocas de seca e das águas respectivamente, apresentando resultados mais próximos dos obtidos, considerando que o experimento foi realizado entre os meses de março a junho.

A massa seca residual não apresentou diferença entre os níveis de Se aplicados apresentando média de 42,3 g, assim como as avaliações realizadas nas raízes como peso e comprimento de raiz, porém, como pode ser verificado na Tabela 16, a raiz apresentou tendência a aumentar seu comprimento em consequência das doses de Se.

**Tabela 16.** Médias de peso e comprimento de raiz de *Brachiaria brizantha* submetida a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo

Doses de Se	Peso Raiz (g)	Comprimento Raiz (cm)
0	40,21 <sup>a</sup>	33,67 <sup>a</sup>
10	36,9 <sup>a</sup>	37,25 <sup>a</sup>
20	43,25 <sup>a</sup>	39,58 <sup>a</sup>

Médias acompanhadas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 10%

#### 4.9 Parâmetros bromatológicos avaliados no *Stylosanthes capitata* cv Campo Grande

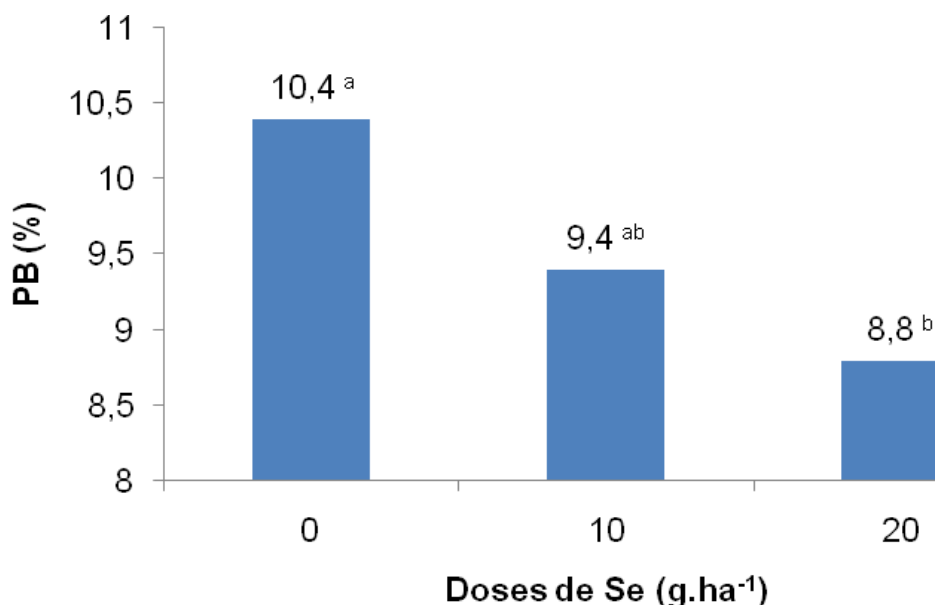
A produção de massa seca por vaso e o teor de massa seca apresentaram efeito somente para o tempo ( $p < 0,0001$ ). No entanto deve ser considerada a redução da altura de corte aos 80 dias em consequência de seu estágio reprodutivo, que reduziu seu porte e aumentou a participação de caules devido ao porte semiarbustivo.

A presença de inflorescências também favoreceu a elevação da produção média de massa seca por vaso e dos teores médios de massa seca que passaram do primeiro para o segundo corte com 8,2 g para 23,2 g e 26% para 41% respectivamente.

O teor de proteína bruta não apresentou efeito do tempo, porém respondeu para os níveis de Se aplicados ( $p = 0,0195$ ) que apresentaram comportamento linear decrescente (Figura 25) com equação  $y = -0,8x + 11,13$  ( $R^2 = 0,979$ ). Os teores apresentaram se baixos considerando a afirmação de Brandão (2008) de que esta leguminosa possui de 12 a 18% de PB.

A redução acentuada do teor de PB na leguminosa com o aumento do nível de Se pode ter explicação pela ligação deste elemento com a codificação do códon de UGA, sugerido por Hatfield et al. (1992) como responsável por cessar a síntese de proteínas, o que recomenda a realização de estudos mais aprofundados na área genética, porém a inexistência de efeito dos níveis de Se aplicados para a gramínea,

não descarta a possibilidade de alguma intervenção do elemento no processo de fixação biológica.



*Médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si por Tukey 10%*

**Figura 26.** Teores médios de proteína bruta no *Stylosanthes capitata* submetido aos tratamentos com aplicação de níveis de Selênio no solo

O valor de massa seca residual não apresentou influencia dos níveis de Se aplicados, apresentando em média 36,5% de massa seca, assim como para as avaliações realizadas nas raízes como peso e comprimento, porém, para peso de raiz houve tendência a aumentar com a elevação das doses de Se, como pode ser verificado na Tabela 17.

**Tabela 17.** Médias de peso e comprimento de raiz de *Stylosanthes capitata* submetido a tratamentos com aplicação de níveis de Se no solo

Doses de Se	Peso Raiz (g)	Comprimento Raiz (cm)
0	7,17 <sup>a</sup>	42,17 <sup>a</sup>
10	7,85 <sup>a</sup>	37,5 <sup>a</sup>
20	8,22 <sup>a</sup>	37,75 <sup>a</sup>

*Médias acompanhadas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 10%*

## 5 CONCLUSÃO

Alguns dos principais solos localizados no Estado de São Paulo apresentaram baixos teores de Se e conseqüentemente, a gramínea *Brachiaria decumbens* desenvolvida neles apresentaram teores considerados deficientes, confirmando a relação do elemento no solo e na planta.

A relação entre o teor de Se no solo e na planta é variável de solo para solo.

Os teores no solo possuem correlação negativa com os teores de areia de sua composição e quanto à planta.

A leguminosa apresenta maior capacidade em absorver o Se do solo.

As doses de Se aplicadas não alteraram os teores do elemento no solo e não foram suficientes para que a gramínea atingisse teores foliares necessários para suprir as exigências do animal, enquanto na leguminosa a dose de 10 g.ha<sup>-1</sup> já foi suficiente para que a planta atingisse o teor requerido, porém esse aumento foi acompanhado pela redução nos seus teores de proteína.

As doses não modificaram a produção de massa seca, mas alteraram a composição química das plantas com interferência nos teores de Ca na gramínea e de Ca, S, Fe e Mn na leguminosa.

O fornecimento de Se para as plantas quer gramíneas como leguminosas pode ser feito de modo eficiente através da aplicação no solo.

A fertilização do solo com doses de até 20 g.ha<sup>-1</sup> de Se em pastagens consorciadas com leguminosas pode favorecer o aumento do consumo de Se pelos animais, porém deve ser considerada a redução dos teores foliares do primeiro para o segundo corte em ambas as plantas forrageiras. Em pastagens solteiras, somente com *Brachiaria brizantha* essas doses foram baixas assegurando a necessidade de mais estudos para que seja possível a recomendação de doses eficientes sem correr riscos de intoxicação do animal, ou mesmo da planta.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. Washington, DC. 1980.

ANDRADE, C.M.S.; et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p.263-270, mar. 2004.

BRANDÃO, A. **Estilosante Campo Grande permite ganho de peso do rebanho**. 2008. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br>> Acesso em: 26 jan. 2009.

CARTES, P.; GIANFREDA, L.; MORA, M.L. Uptake of Selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenate and selenite forms. **Plant and Soil** (2005) 276:359–367

CASTEEL, S.W.; BLODGETT, D.J. Selenium. Metals and Minerals, p.214-217. In: PLUMLEE, K.H. **Clinical Veterinary Toxicology**, Missouri: Mosby Incorporation St. Louis, 2004. 477p.

COMBS JR., G.F.; COMBS, S.B. **Selenium in the environment**. In: \_\_\_\_\_. The role of selenium in nutrition. Orlando, FL (USA), Academic Press , 1986. p. 15-40.

CORREIA, A.A.D. **Bioquímica nos solos, nas pastagens e forragens**. In: \_\_\_\_\_. Lisboa: Fund. Calouste Gulbenkian, 1986. p. 240-254.

COSTA et al. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição Bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira** v. 6, n. 3, p. 187-193. 2005

DHILLON, K.S.; DHILLON, S.K. Distribution and management of seleniferous soils. **Advances-in-Agronomy**, v. 79, p. 119-184, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 1979, 80 p.

FERREIRA, K.S. et al. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, v.11, n.3, p. 172-177, Mar: 2002.

GIL et al. Selenium in bovine plasma, soil and forage measured by neutron activation analysis. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 56, n. 2, p. 264-266, 2004.

GIERUS, M. Fontes orgânicas e inorgânicas de selênio na nutrição de vacas leiteiras: digestão, absorção, metabolismo e exigências. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1212-1220, 2007.

GUPTA, U.C. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. In: FERREIRA M.E. et al. **Micronutrientes e Elementos Tóxicos em Plantas e Animais**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/ POTAFOS, 2001. cap. 2 p. 13-31.

HATFIELD, D. et al. Selenocysteyl-tRNAs recognize UGA in Beta vulgaris, a higher plant, and in Gliocladium virens, a filamentous fungus. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 184, n. 1, p. 254-259, 1992.

HINTZE, K.J. et al. Areas with high concentrations of selenium in the soil and forage produce beef with enhanced concentrations of selenium. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 1062-1067, 2001.

HUANG, Y.Z.; HU, Y.; LIU, Y.X. Interactions Between Sulfur and Selenium Uptake by Corn in Solution Culture. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p. 43-54, 2008.

LEWIS, L. D. **Nutrição clínica equina: Alimentação e cuidados**. São Paulo: Editora Rocca. 2000. p. 710.

LUCCI, C.S. et al. Selênio em bovinos leiteiros do Estado de São Paulo. II. Níveis de selênio nas forragens e concentrados. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo**, v. 21, n.1, p. 71-76, 1984.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: Pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: Andrade, R.P.; Barcellos, A.O.; Rocha, C.M.C. Eds. **Anais....** Sociedade Brasileira de Zootecnia, Brasília, DF, 1995

MALAVOLTA, E. Selênio. In: \_\_\_\_\_. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Ed. Agronômica Ceres, 1980. p. 211-212.

MALAVOLTA, E. Selênio. In: \_\_\_\_\_. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ed. Agronômica Ceres, 2006. p. 396 - 401.

MANELLA, M.Q.; LOURENÇO, A.J.; LEME, P.R. Recria de bovinos nelore em pastos de Brachiaria brizantha com suplementação protéica ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*. Desempenho animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p. 2274-2282, 2002.

MILLAR, K.R. Selenium. In: GRACE, N.D., ed. The mineral requirements of grazing ruminants. New Zealand, New Zealand Society of Animal Production, 1983. P. 38-47.

MORAES, M.F. Relação entre nutrição de plantas, qualidade de produtos agrícolas e saúde humana. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 123, p. 21-23, set. 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Subcommittee on Beef Cattle Nutrition**. Nutrient requirements of beef cattle. 7. ed. Washington, DC: National Academy Press, 1996. 242 p.

OLIVEIRA, J.B. et al. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**: Legenda expandida – Campinas: Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1999, p.64, mapa.

PAULINO, V.T. et al. Retrospectiva do uso de leguminosas forrageiras. In:\_\_\_\_\_Encontro técnico sobre leguminosas: Soluções tecnológicas para o século XXI, 2006, Nova Odessa. Nova Odessa: IZ, 2006, 1CD Rom.

PEZZAROSSA, B. et al. Absorption of selenium by *Latuca sativa* as affected by carboxymethylcellulose. **Chemosphere**, v. 67, n.2, p. 322-329, 2006.

PRADO, H. Classificação Brasileira de Solos. In:\_\_\_\_\_ **Solos do Brasil**: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo. 3. ed: Piracicaba: Helio do Prado, 2003. p.29.

RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas : Instituto Agrônômico, 1996. 285 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

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

ROBBERECHTA, H. et al. Selenium in the Belgian soils and its uptake by ray-grass. **Pedosphere**, v. 16, n. 5, p. 646-653, 1981.

ROGERS, P.A.M. et al. Selenium toxicity in farm animals: treatment and prevention. **Irish Vet J.**, v. 43, p.151-153, 1990.

ROSA, I.V. **Funções no metabolismo e consequências de carências e excessos**. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, 1991. cap.2.

ROSOLEM, C.A. **Interações do Potássio com outros íons**. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, 2005. cap. 9.

SANGOI, L. et al. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p. 65-70, 2003.

SAS Institute Inc. 2004. **SAS OnlineDoc® 9.1.3**. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SELÊNIO **Tradução condensada de "Fertilizer International"**, maio/jun 2002, por Fernando P. Cardoso. Disponível em: <<http://www.abcz.org.br>>. Acesso em: 21 ago. 2006.

SELENIUM-TELLURIUM DEVELOPMENT ASSOCIATION. **Se & Te**. Disponível em: <<http://www.stda.net/>>. Acesso em: 21 ago. 2007.

SILVA, S.C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2, 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2004. p. 347-386.

SOUZA, M.P. et al. Rate-Limiting Steps in Selenium Assimilation and Volatilization by Indian Mustard. **Plant Physiology**, v.117, p. 1487-1494, 1998.

STAUFFER, M.D.; SULEWSKI, G. Fósforo essencial para a vida. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. Piracicaba: POTAFOS . 2004. cap.1.

TAVARES, T. **Embrapa Gado de Corte lança nova leguminosa de pastagem**. Disponível em: <<http://www.cnpqc.embrapa.br>> Acesso em: 05 fev. 2009.

TERRY, N. et al. Selenium in higher plants **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 401-432, 2000.

THATCHER, W.W. Selenium source may AID heat-stressed dairy cows. **Feedstuffs Reprint**, v.78, n.42, 2006.

VERZIGNASSI, J.R.; FERNANDES, C.D. Estilosantes Campo Grande: Situação Atual e Perspectivas. n.70, maio. 2000. Disponível em: <<http://www.cnpqc.embrapa.br>>. Acesso em: 26 de mar 2007.

WATKINSON, J.H. Prevention of selenium deficiency in grazing animals by annual top-dressing of pasture with sodium selenate. **New Zealand Veterinary Journal**. n. 31, p. 78-85, 1983

WEN, T.N.; CHUAN.L.; CHEN, C.S. Ubiquity of selenium containing tRNA in plants. **Plant Science**, v. 57, p. 185-193,1988.

ZANETTI, M.A. Novas técnicas e estratégias de suplementação mineral para bovinos em pastagem. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. p. 330-336.

ZIMMER, A.H.; BARBOSA, R.A. Manejo de pastagens para a produção sustentável. In: ZOOTEC, 2005, Campo Grande. **Anais...**Campo Grande, 2005, 1CD ROM.



## 7 APÊNDICE

APÊNDICE - Caracterização dos solos através das análises pedológicas juntamente com os resultados das análises físico-químicas laboratoriais

Classificação dos solos	Morfologia				Granulometria			Resultados de Análise Química																		
	Horizontes	Prof. (cm)	cor	Estrutura, consistência e transição	Argila	Silte	Areia	pH	M.O	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Se
					g.kg <sup>-1</sup>	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	mmolc.dm <sup>-3</sup>	%	mg.dm <sup>-3</sup>	(µg.kg <sup>-1</sup> )														
Município: São Pedro - SP 22°38,366'S e 47°49,852'W <b>ARGISSOLO AMARELO Distrófico Abrupto</b>	A	0-28	10 YR 3/2	grãos simples, mais granular, fraco, macio, muito friável, não plástico e não pegajoso, abrupto e irregular	85	66	849	4,2	17,1	7	7	0,6	5	3	41	4	50	9	17	31	0,1	0,5	30	3,1	1,0	5,5
	E	28-55	10 YR 6/1	grãos simples (sem estrutura), solto, muito friável, não plástico e não pegajoso, abrupta e plana	53	53	894	4,1	11,6	6	10	0,2	3	2	24	3	29	5	18	36	0,0	0,2	14	0,3	0,3	14,8
	BAg <sub>1</sub>	55-92	10 YR 5/2 - 20% 10 YR 5/6	blocos angular a colunar, grande, moderado a fraco, muito duro, friável, plástico e pegajoso, difusa e plana	221	76	703	4,1	12,8	6	6	0,3	9	2	51	16	62	11	18	59	0,2	0,3	61	0,2	0,4	6,3
	BAg <sub>2</sub>	92-110	10 YR 5/6 - 30% 10 YR 5/1	blocos angular a colunar, grande, moderado, muito duro, plástico e pegajoso	236	62	702	3,8	10,7	6	8	0,3	3	2	47	19	52	5	10	78	0,2	0,2	24	0,3	0,2	2,3
Município: Piracicaba - SP 22°42,407' S e 47°37,438' W <b>NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico</b>	A	0-20	10 R 3/2	bloco granular, grande, forte, macio, muito friável, muito plástico e muito pegajoso, difusa e plana	449	227	324	5,6	32,8	15	12	0,7	67	16	38	-	122	84	69	-	0,7	11,3	39	79,2	0,7	206
	AB	20-54	10 R 3/2	bloco granular grande e forte a blocos pequenos, macio a ligeiramente duro, muito plástico e muito pegajoso, gradual e plana	438	238	324	5,5	25,9	7	12	0,3	46	12	30	-	88	58	66	-	0,2	8,5	23	84,9	0,3	142
	BA	54-90	10 R 3/3	bloco angular grande e forte + granular grande e forte, cerosidade forte e abundante, ligeiramente duro, muito plástico e muito pegajoso, difusa e plana	500	244	256	5,7	16,9	10	13	0,2	46	4	22	-	72	50	70	-	0,2	6,3	11	18,6	2,1	128
	Bni	90-125+	10 R 3/3	bloco angular grande e forte, cerosidade forte e abundante, ligeiramente duro, muito friável, muito plástico e muito pegajoso	606	138	256	5,6	15,2	10	16	0,2	43	3	20	-	66	46	70	-	0,2	3,7	8	5,4	0,3	123
Município: São Pedro - SP 22°38,404'S e 47°49,024'W <b>CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Álico</b>	A	0-20	7,5 YR 3/1	bloco mais granular, fraco, macio, muito friável, não plástico e não pegajoso, clara e plana	198	70	732	5,4	21,4	8	7	1,4	29	8	26	-	64	38	60	-	0,1	0,8	38	4,5	1,6	19,6
	Bi	20-50	7,5 YR 4/3 - 10% 7,5 YR 5/8	macio, muito friável, levemente plástico e levemente pegajoso, gradual e irregular	23	226	751	4,0	11,6	6	6	1,7	22	7	32	26	63	31	49	46	0,1	0,3	29	3,1	0,2	5
	C	50-75	7,5 YR 6/1 - 60% 7,5 YR 5/8	bloco angular, média, fraco, muito friável, A70, gradual e irregular	144	104	752	4,2	11,3	7	5	2,1	14	5	72	75	93	21	23	78	0,2	0,3	33	3,2	0,3	6,7
	RC	75-100	7,5 YR 7/1 - 80% 7,5 YR 5/8	bloco angular, média, fraco, macio, muito friável, não plástico e não pegajoso	124	101	775	3,9	9,7	5	6	2,5	10	4	91	86	107	16	15	84	0,1	0,3	33	6,6	0,6	54,5

Continua

Continuação

APÊNDICE - Caracterização dos solos através das análises pedológicas juntamente com os resultados das análises físico-químicas laboratoriais

Classificação dos solos	Morfologia				Granulometria			Resultados de Análise Química																		
	Horizontes	Prof. (cm)	cor	Estrutura, consistência e transição	Argila	Silte	Areia	pH	M.O	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Se
					g.kg <sup>-1</sup>			CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>			mmolc.dm <sup>-3</sup>						%	mg.dm <sup>-3</sup>						(µg.kg <sup>-1</sup> )
Município: Analândia - SP 22°04,961'S e 47°34,736'W <b>NEOSSOLO</b> <b>QUARTZARÊNICO</b> <b>Distrófico</b>	A	0-36	7,5 YR 3/1	gs + granular fraca (-----, muito friável, não plástico e não pegajosa), clara e plana	64	20	916	4,4	17,5	3	6	0,5	4	2	27	11	33	6	19	62	0,2	16,9	50	1,2	0,4	0
	AC	36-70	7,5 YR 4/3	gs (bloco S, grande, fraco), -----, muito friável, não plástico e não pegajosa, gradual e plana	59	11	930	4,2	13,4	2	7	0,4	4	2	22	8	28	6	23	55	0,4	9,8	29	0,4	0,2	0
	C1	70-120	7,5 YR 4/4	bloco S, grande, fraco, gs, difusa e plana	43	48	910	4,2	11,7	3	7	0,3	3	1	19	7	23	4	19	61	0,2	4,9	13	0,2	0,2	0
	C2	120-162	7,5 YR 4/6	bloco S, grande, fraco, gs, -----, muito friável, não plástico e não pegajosa	83	11	906	4,2	10,4	3	13	0,3	3	1	15	5	19	4	22	56	0,1	2,1	5	0,8	0,2	0
Município: Itirapina - SP 22°15,054'S e 47°52,044'W <b>GLEISSOLO HÁPLICO Tb</b> <b>Distrófico</b>	A	0-38	7,5 YR 3/1	(material de origem 1) bloco granular, grande, fraco + turfa solta, muito macio, muito friável, abrupta e plana	113	109	778	3,6	66,9	10	7	0,6	4	2	210	33	217	7	3	83	0,4	5,8	83	0,5	0,4	26,6
	Cg1	38-70	Gley1 6/N	bloco angular, grande, moderado, ----, muito friável, plástico e pegajoso, gradual e plana	116	28	856	4,0	11,4	6	8	0,2	3	2	27	10	32	5	16	65	0,1	2,4	5	0,3	0,2	0
	Cg2	70-105	Gley1 7/N	bloco angular, grande, moderado, xxxxx, ----, muito friável, plástico e pegajoso, clara e plana (mudança de material de origem 2)	161	235	604	4,2	10,5	7	6	0,2	4	2	21	10	27	6	23	63	0,1	2,3	5	0,4	0,2	0
	C3	105-130	7,5 YR 6/3	bloco angular, moderado, ----, muito friável, plástico e pegajoso	137	97	766	4,4	10,7	5	6	0,2	5	3	20	10	28	8	29	55	0,1	1,8	3	0,2	0,2	0
Município: Pirassununga - SP 21°56,630'S e 47°28,506'W <b>LATOSSOLO AMARELO</b> <b>Distrófico textura média</b>	A	0-23	10 YR 3/2	bloco angular, moderado, -----, muito friável, levemente plástico e levemente pegajoso, gradual e plana	162	35	803	5,6	20,3	8	8	7,5	13	7	13	-	40	27	68	-	0,2	5,1	14	2,9	1,2	0
	AB	23-48	10 YR 3/4	bloco angular moderado a fraco, -----, muito friável, levemente plástico e levemente pegajoso, difusa	169	42	789	5,0	15,2	3	14	1,2	5	3	17	2	26	9	35	16	0,1	4,6	12	0,2	0,2	0
	BA	48-90	10 YR 4/3	bloco angular grande e fraco, -----, muito friável, levemente plástico e levemente pegajoso e difusa	205	22	773	4,5	14,2	3	28	0,7	4	2	19	4	26	7	26	35	0,2	3,0	7	0,2	0,2	0
	BW	90-127	10 YR 4/4	bloco angular, grande e fraco, muito friável, levemente plástico e levemente pegajoso	227	27	746	4,5	12,8	3	15	0,4	3	2	17	3	22	5	24	34	0,1	1,9	3	0,2	0,2	0

## Conclusão

### APÊNDICE - Caracterização dos solos através das análises pedológicas juntamente com os resultados das análises físico-químicas laboratoriais

Classificação dos solos	Morfologia				Granulometria			Resultados de Análise Química																		
	Horizontes	Prof. (cm)	cor	Estrutura, consistência e transição	Argila	Silte	Areia	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O g.dm <sup>-3</sup>	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Se
					g.kg <sup>-1</sup>					mg.dm <sup>-3</sup>																
Município: Pirassununga - SP 21°57,768'S e 47°26,866'W <b>LATOSSOLO VERMELHO</b> <b>Distroférrico</b>	A	0-30	25 YR 3/4	bloco granular, grande, moderado a forte e difusa	549	151	300	4,7	23,2	7	15	0,3	8	3	22	4	33	11	34	28	0,2	2,3	5	2,9	0,2	0
	BA	30-65	25 YR 3/6	bloco grande, grande (xxxxxxxx), difusa (pó de café)	593	141	266	4,6	17,7	3	7	0,4	6	2	19	2	27	8	31	22	0,3	1,6	3	1,1	0,2	0
	BW1	65-110	25 YR 3/6	bloco grande e fraco e difusa (pó de café)	739	6	255	4,7	16,2	3	6	0,4	5	2	17	2	24	7	30	22	0,1	1,2	2	0,3	0,2	0
	BW2	110-170	25 YR 3/6	bloco, grande e fraco (pó de café)	632	102	266	4,5	15,2	5	7	0,5	4	2	15	2	21	6	30	22	0,2	1,3	2	0,4	0,2	0
Município: Matão - SP 21°35,278'S e 48°26,054'W <b>ARGISSOLO AMARELO</b> <b>Latossólico Distrófico</b>	A	0-35	7,5 YR 4/3	bloco angular + terra solta fraco, abrupta e plana	152	31	817	5,5	18,2	20	8	1,4	20	6	16	-	43	27	63	-	0,1	2,9	7	3,1	0,6	0
	Bt	35-60	7,5 YR 4/6	bloco angular moderado, abrupta	208	44	748	5,2	12,8	12	32	0,9	11	5	17	3	34	17	50	13	0,1	2,7	7	0,3	0,2	0
	Cascalheira	60-135			230	69	701	5,2	13,4	4	11	0,7	9	5	16	2	31	15	48	11	0,1	2,0	4	0,3	0,2	50,7
	Rocha	100-125		Arenito com grande concentração de nódulos ferruginosos	161	107	732	4,4	14,3	2	4	1,5	3	2	32	46	39	7	17	88	0,1	0,3	9	0,7	0,2	59,3