



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA**

MARCO AURÉLIO FERNANDES

**CORREÇÃO E CONDICIONAMENTO DO SOLO, COM APLICAÇÃO DE MISTURA
DE CALCÁRIO E GESSO PARA CRESCIMENTO DA *Urochloa brizantha* cv.
MARANDU**

Presidente Prudente - SP
2022



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA

MARCO AURÉLIO FERNANDES

**CORREÇÃO E CONDICIONAMENTO DO SOLO, COM APLICAÇÃO DE MISTURA
DE CALCÁRIO E GESSO PARA CRESCIMENTO DA *Urochloa brizantha* cv.
MARANDU**

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

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

633.2
F363c

Fernandes, Marco Aurélio

Correção e condicionamento do solo, com aplicação de mistura de calcário e gesso para crescimento da *Urochloa brizantha* cv. Marandu / Marco Aurélio Fernandes – Presidente Prudente, 2022.

47f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) -
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2022.

Bibliografia.

Orientador: Carlos Sérgio Tiritan

1. Veranicos. 2. Argissolo. 3. Pastagem degradada.
I. Título.

MARCO AURÉLIO FERNANDES

**CORREÇÃO E CONDICIONAMENTO DO SOLO, COM APLICAÇÃO DE MISTURA
DE CALCÁRIO E GESSO PARA CRESCIMENTO DA *Urochloa brizantha* cv.
MARANDU**

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

Presidente Prudente, 02 de março de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

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

Dr. Júlio César Thoaldo Romeiro
Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável - CDRS
Campinas-SP

DEDICATÓRIA

A Deus, que possui o passado, presente e futuro e a quem eu devo tudo na minha vida. Em especial aos meus pais, esposa e filhos que sempre estiveram ao meu lado me apoiando nos momentos difíceis, que não foram poucos durante esta jornada. Aos meus amigos e professores da UNOESTE que me motivaram e contribuíram para a concretização deste percurso da minha vida.

AGRADECIMENTOS

- Primeiro a Deus.
- A minha mãe Solaira Emília Henrique Fernandes.
- A minha esposa Daniela Cândida de Carvalho Fernandes e aos filhos Laura Carvalho Fernandes e Leonardo Carvalho Fernandes.
- Ao Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan pela orientação, colaboração e amizade durante o curso e na realização deste trabalho.
- Aos funcionários, amigos, colegas de curso e professores do Departamento de Ciência dos Solos.
- À Faculdade de Ciências Agronômicas e ao curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade da realização deste trabalho.
- Ao CNPq, pela bolsa concedida durante o curso.

RESUMO

Correção e condicionamento do solo, com aplicação de mistura de calcário e gesso para crescimento da *Urochloa brizantha* cv. Marandu

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de aplicações superficiais de corretivos com diferentes granulometrias e formulações sobre o desenvolvimento de *Urochloa brizantha* cv. Marandu e sobre a química do solo. O experimento foi instalado em casa de vegetação na Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Campus II, município de Presidente Prudente – SP. Os tratamentos do presente experimento foram realizados em vasos de polietileno com capacidade para 30 kg preenchidos com argissolo e corrigidos conforme as informações técnicas de recomendações para interpretações de análises de solo, segundo o Boletim 100. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com aplicações superficiais de corretivos: T1 - Calcário dolomítico (PRNT 91); T2 - Calcário dolomítico (PRNT 91) sobreposto com Gesso Agrícola; T3 - Corretivo Mineral Misto (PRNT 65); T4 - Corretivo Mineral Misto e Micronizado (PRNT 80) e T5 - Controle, ambos os tratamentos com 05 repetições, totalizando 25 unidades experimentais. Após o plantio da *U. brizantha* cv. Marandu, se procedeu aos 45 dias após a emergência a primeira coleta da parte aérea da forragem e mais três coletas em períodos de 30 dias, totalizando quatro cortes da parte aérea, para a realização das análises de crescimento (altura) e desenvolvimento (peso da matéria da parte aérea fresca e seca); bem como análises do tecido foliar e também foram coletadas amostras de solo para análises químicas do solo (pH, H+Al, Al, P, S, K, Ca, Mg). Concluiu-se que, a aplicação dos corretivos no solo neutralizou o Al³⁺ na camada de 0-10 cm e os corretivos que continham gesso em sua composição aumentaram significativamente os teores de enxofre na primeira amostragem de solo, enquanto os tratamentos que continham em sua formulação calcário com PRNT maior forneceram ao solo maiores quantidades de Ca e Mg, bem como elevaram o pH na camada superficial. Exceto para o Ca na quarta amostragem de folhas, nas demais épocas a análise química do tecido vegetal os tratamentos T1 e T2 apresentaram os melhores resultados quanto a nutrição mineral da forrageira *U. brizantha* cv. Marandu.

Palavras-chave: veranicos; argissolo; pastagem degradada.

ABSTRACT

Soil correction and conditioning, with application of limestone and gypsum mix for growth of *Urochloa brizantha* cv. Marandu

The objective of the present work was to evaluate the effect of superficial applications of concealers with different granulometries and formulations on the development of *Urochloa brizantha* cv. Marandu and soil chemistry. The experiment was installed in a greenhouse at University of Oeste Paulista (UNOESTE), Campus II, in the municipality of Presidente Prudente - SP. The treatments of the present experiment were carried out in polyethylene pots with a capacity of 30 kg filled with argisol and corrected according to the technical information of recommendations for interpretations of soil analyzes, according to Bulletin 100. A completely randomized experimental design was adopted, with superficial applications of corrective agents: T1 - Dolomitic limestone (PRNT 91); T2 - Dolomitic limestone (PRNT 91) overlaid with agricultural plaster; T3 - Mixed Mineral Concoaler (PRNT 65); T4 - Mixed and Micronized Mineral Concoaler (PRNT 80) and T5: Control. Both with 05 repetitions, totaling 25 experimental units. After planting *U. brizantha* cv. Marandu, the first collection of the aerial part of the forage was carried out 45 days after the emergency and three more collections in periods of 30 days, totaling four cuts of the aerial part, for the analysis of growth (height) and development (weight of the matter of the fresh and dry aerial part); as well as leaf tissue analyzes and soil samples were also collected for chemical soil analysis (pH, H + Al, Al, P, S, K, Ca, Mg). It was concluded that the application of the correctives in the soil neutralized the Al^{3+} in the layer of 0-10 cm and the correctives that contained gypsum in its composition significantly increased the sulfur contents in the first soil sampling, while the treatments that contained in its formulation limestone with higher PRNT provided the soil with higher amounts of Ca and Mg, as well as increased the pH in the surface layer. Except for Ca in the fourth leaf sampling, in the other seasons, the chemical analysis of plant tissue, treatments T1 and T2 showed the best results regarding the mineral nutrition of forage *U. brizantha* cv. Marandu.

Keywords: dry spells; tropical soil; degraded pasture.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise granulométrica de um argissolo vermelho distroférico, Presidente Prudente – SP.....	18
Tabela 2. Análise química da camada de 0-20 cm do solo utilizado nesse experimento, região do Oeste Paulista, Presidente Prudente – SP.....	20
Tabela 3. Relação Cálcio:Magnésio:Potássio (Ca:Mg:K) tida como ideal para o desenvolvimento de plantas.....	29
Tabela 4. Resultados médios dos valores de pH, teores de M.O, P, S-SO ₄ ²⁻ , Al ³⁺ , H+Al, K, Ca, Mg e relações SB, CTC, m e V%, na camada de 0 a 10 cm, aos 30 dias após a aplicação, em função de diferentes fontes de corretivos em manejo de aplicação superficial (Presidente Prudente, SP, 2019).....	31
Tabela 5. Resultados médios dos valores de pH, teores de M.O, P, S-SO ₄ ²⁻ , Al ³⁺ , H+Al, K, Ca, Mg e relações SB, CTC, m e V%, na camada de 10 a 25 cm, aos 30 dias após a aplicação, em função de diferentes fontes de corretivos em manejo de aplicação superficial (Presidente Prudente, SP, 2019).....	31
Tabela 6. Resultados médios dos valores de pH, teores de M.O, P, S-SO ₄ ²⁻ , Al ³⁺ , H+Al, K, Ca, Mg e relações SB, CTC, m e V%, na camada de 0 a 10 cm, aos 120 dias após a aplicação, em função de diferentes fontes de corretivos em manejo de aplicação superficial (Presidente Prudente, SP, 2019).....	34
Tabela 7. Resultados médios dos valores de pH, teores de M.O, P, S-SO ₄ ²⁻ , Al ³⁺ , H+Al, K, Ca, Mg e relações SB, CTC, m e V%, na camada de 10 a 25 cm, aos 120 dias após a aplicação, em função de diferentes fontes de corretivos em manejo de aplicação superficial (Presidente Prudente, SP, 2019).....	34
Tabela 8. Avaliação nutricional do tecido foliar de U. brizantha cv. Marandu em quatro épocas distintas, submetidas a diferentes fontes de corretivos de acidez aplicadas superficialmente no solo (Presidente Prudente - SP, 2019).....	37
Tabela 9. Valores médios de altura de U. Brizantha cv. Marandu (cm) submetidas a diferentes fontes de corretivos de acidez aplicados superficialmente ao solo (Presidente Prudente, SP, 2019).	39
Tabela 10. Produção total de matéria seca (MS) da forrageira U brizantha cv. Marandu, submetidas a diferentes fontes de corretivos de acidez aplicados superficialmente ao solo (Presidente Prudente, SP, 2019).....	40

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Cronograma de instalação e condução do ensaio..... 19
- Figura 2. Demonstração de como foram realizados os tratamentos de acordo com a aplicação dos corretivos, totalizando 25 vasos (parcelas experimentais). .21

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVO	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	Características químicas do solo	13
3.2	Efeitos do calcário e do gesso agrícola no solo	14
3.3	<i>Urochloa brizantha</i> cv Marandu	15
4	MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1	Localização do experimento e caracterização do solo	18
4.2	Instalação do experimento	18
4.2.1	Preenchimento dos vasos	19
4.2.2	Tratamentos e delineamento experimental.....	20
4.3	Análises da parte aérea de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu	22
4.3.1	Análises de crescimento	23
4.3.2	Análise do tecido foliar	23
4.4	Análises químicas do solo	23
4.5	Análise estatística	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1	Resultados da primeira coleta para parâmetros químicos do solo	25
5.2	Resultados da segunda coleta para parâmetros químicos do solo	32
5.3	Resultados das coletas de tecido foliar para análise nutricional	36
5.4	Parâmetros vegetativos da forrageira <i>U. brizantha</i> cv. Marandu	38
5.4.1	Altura de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu	38
5.4.2	Matéria seca de <i>U. brizantha</i> cv. Marandu	39
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
7	CONCLUSÕES	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

As regiões tropicais são conhecidas por suas elevadas temperaturas e períodos de chuvas no verão, além do clima ameno e seco no inverno. Conquanto são localidades em que se necessitam de maiores cuidados com práticas que visem a conservação do solo bem como sua reestruturação química e fertilidade.

Os solos arenosos, característicos dessas regiões são sempre tidos como ácidos, pobres em matéria orgânica, deficientes nutricionalmente e com baixo aporte produtivo. Todavia, com o decorrer dos anos, os cenários de pastagens degradadas que marcam esses solos e localidades começaram a tomar novos rumos e como que em um desbravamento vêm ganhando espaço para as novas tecnologias de manejos, como: práticas de integração lavoura-pecuária, lavoura-pecuária-floresta, plantio direto, rotação de cultura, etc., sistemas estes que exigem um olhar maior para o aporte fértil do solo e assim traz consigo técnicas de correções e adubações como fonte primordial de sucesso para suas implantações.

Entretanto, a mudança, mesmo que a passos lentos, encontra como barreiras poucos estudos e o receio dos produtores devido aos elevados custos de investimentos, além da instabilidade de produção que os solos arenosos podem fornecer se comparados a solos mais férteis, pois o mesmo, basicamente composto por grandes porções de areias, apresenta alta taxa de infiltração de água, associada com elevada taxa de lixiviação e conseqüentemente menor agregação de partículas nos coloides, o que se torna um risco em épocas de veranicos.

Assim, justifica-se o estudo deste trabalho, a associação de plantas que têm raízes profundas, gramíneas, cultivadas em solo arenoso com o fornecimento de diferentes fontes corretivas e condicionadoras de solo, como o calcário e o gesso agrícola, em granulometrias distintas, visando melhorar a disponibilidade nutricional às plantas, o que se torna fator de alta relevância em busca da obtenção de sucesso, tanto na área pecuária como agrícola, já que se esperam maiores aportes de massas para alimentação dos rebanhos e melhores estruturas no solo, propiciando aumento nas produtividades de espécies, por exemplo, graníferas, que venham a ser cultivadas nessas áreas posteriormente.

2 OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de aplicações superficiais de calcário e gesso agrícola, formulados em diferentes granulometrias e concentrações sobre o desenvolvimento de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, além do impacto sobre a química do solo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Características químicas do solo

A pesquisa vem desenvolvendo variados sistemas de manejo que têm sido introduzidos na agropecuária brasileira, buscando formas de uso sustentáveis do solo, favorecendo assim os efeitos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos (BILIBIO; CORRÊA; BORGES, 2010).

Avaliando de forma geral os fatores químicos, devemos levar em consideração a textura e o teor de matéria orgânica do solo, pois estes estão relacionados à capacidade de troca cátions (CTC), isto é, solos argilosos ou com teores altos de matéria orgânica comporta-se em sistemas conservadores por obterem uma maior capacidade tampão (BILIBIO; CORRÊA; BORGES, 2010). Em contrapartida isso pode aumentar os riscos de desequilíbrio nutricional, ultrapassando a capacidade tampão do solo, causado pelo desbalanceamento de adubação (CORRÊA, 1984).

De acordo com a influência que a matéria orgânica causa, alguns autores relatam que o revolvimento do solo proporciona uma redução da matéria orgânica com o aumento da profundidade, devido à maior aeração que favorece a mineralização da mesma (FREITAS; CASAGRANDE; DESUÓ, 2011; PORTUGAL; COSTA; COSTA, 2010). Além disso, o aumento da matéria orgânica proporciona um maior teor de CTC no solo, tendo o importante papel de reter nutrientes como potássio, cálcio, magnésio cobre, zinco, ferro e manganês (FREITAS *et al.*, 2017a).

Quando falamos sobre qualidade química devemos levar em consideração também a regulação do pH no solo, pois têm sido apontadas como fator limitante no desenvolvimento radicular e na produção das culturas, ocorrido pela redução das bases trocáveis por conta do alto teor de alumínio (Al) (NORA *et al.*, 2014). O problema é solucionado com a aplicação de calcário onde o mesmo pode obter baixa solubilidade não alterando os níveis de Al reduzindo assim o efeito positivo causado nas camadas superficiais (CAIRES *et al.*, 2006).

3.2 Efeitos do calcário e do gesso agrícola no solo

O sistema do agronegócio obteve em 2018 uma alta de 1,87% no volume de seu PIB (CEPEA, 2018). O Brasil é o país considerado na pecuária de corte como o segundo maior produtor com maior rebanho comercial, sendo o maior exportador de carne bovina (CARVALHO; ZEN, 2017). Para garantir esta alta produtividade animal em uma intensa produção pecuária, deve-se garantir uma alta produtividade e qualidade da forragem, para isso é necessário um manejo ótimo do solo, com a realização da sua correção e fornecimento de nutrientes minerais: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mo, Mn e Zn (BERNARDI; OLIVEIRA; PRIMAVESI, 2012).

Os sistemas de manejo conservacionistas vêm ganhando força em seu uso, entre as formas de manejo que evitam a degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas podemos citar o sistema agropastoril onde a pastagem aproveita os resíduos de adubação e da correção do solo deixados na lavoura, que se beneficia da palhada e condições físicas do solo proporcionado pela forragem (VILELA *et al.*, 2003).

Em grandes áreas agrícolas brasileiras o principal problema ainda hoje são os solos ácidos que proporcionam, baixa capacidade de troca catiônica, níveis tóxicos de Al, baixo teor de matéria orgânica. Além disso, os Latossolos Vermelhos normalmente são muitos intemperizados e limitam a disponibilidade de nutrientes pela alta precipitação de alumínio e ferro, dentre as possíveis soluções que podem ser desempenhadas no manejo com baixo custo é o uso da calagem, que por sua vez proporciona a correção da acidez do solo (DONAGEMMA *et al.*, 2016). Além disso a aplicação deste corretivo irá reduzir o alumínio, elevar o pH e fornecer cálcio e magnésio, estes fatores influenciam na eficiência da água no solo e na disponibilidade de nutrientes como nitrogênio, potássio e fósforo (RAIJ, 2011).

A prática da calagem superficial e/ou incorporada é um assunto bastante estudado, embora a incorporação da mesma apresente sua eficiência, ela também proporciona uma redução na camada de 0-10 cm no estoque de carbono dos macros agregados, em contrapartida a calagem superficial mantém e aumenta esse estoque, mas por outro lado restringi o crescimento radicular (YAGI *et al.*, 2014). Em sistemas de manejo sem o revolvimento do solo a correção da acidez é realizada superficialmente, isto é, o calcário não é incorporado ao solo Caires, Barth e Garbuio

(2006), limitando a sua eficiência na redução da acidez nas camadas mais profundas do perfil. Diversos estudos mencionam que a aplicação superficial de calcário proporciona eficiência em sistemas de manejo conservacionistas (CAIRES *et al.*, 2015). Portanto trabalhos como de Borges *et al.* (2018) relatam que o calcário e a gessagem aplicados em cobertura necessita de mais de 14 dias que antecedem a semeadura para que possam reagir com o solo (CONTE *et al.*, 2018), e melhorar as propriedades químicas em profundidade.

A eficiência do gesso sob os efeitos da acidez no subsolo (CAIRE *et al.*, 2003), se tornando uma alternativa para melhorar em profundidade as características químicas do solo (CONTE *et al.*, 2018). A quantidade de gesso aplicado ao solo é baseada no teor de argila, entretanto Malavolta (1992) recomenda a aplicação de gesso agrícola quando a capacidade de troca catiônica efetiva de Ca estiver a baixo de 40% e saturação de Al maior que 20%, sendo assim, para aumentar ou diminuir a taxa de gesso agrícola é necessário 1 cmolc dm⁻³ de Ca e/ou Al baseando-se em 2,5 t ha⁻¹ de gesso (CONTE *et al.*, 2018).

Autores relatam que o gesso favorece positivamente nos atributos físicos do solo como, as suas estruturas, densidade, porosidade e agregação de partículas, aumentando a condutividade hídrica e aeração do solo (ROSA JUNIOR *et al.*, 2006), uma vez que ele aumenta o teor de S e Ca em profundidade, diminuindo assim a saturação por Al e formando um par de íons AlSO₄⁺ que é absorvido pelas raízes, mas não apresenta toxicidade para a planta (VITTI; PRIORI, 2009).

O uso de insumos como o calcário e gesso fornece aumento no teor de Ca e Mg proporcionando o aumento radicular com maior acúmulo de matéria orgânica, bem como as propriedades físicas do solo (FREITAS *et al.*, 2017b). Trabalhos realizados por Souza *et al.* (2010) mostraram uma eficiência positiva do desenvolvimento das plantas quando comparadas a presença e ausência de gesso.

3.3 *Urochloa brizantha* cv Marandu

As forrageiras tropicais são expressamente utilizadas como formação de pastagem no Brasil, sendo que dentre elas as gramíneas do gênero *Brachiaria* spp. apresentam-se como as mais adotadas devido a capacidade rustica e de maior

adaptação as diversas regiões brasileiras, principalmente em locais com climas mais quentes e secos (MONTEIRO *et al.*, 1995).

No Brasil estima-se que, o gênero *Brachiaria* spp. ocupa em torno de 85% de todas as pastagens cultivadas, sendo que, a maioria são pastagens degradadas, sem nenhum tipo de manutenção e para reverter esse caso tenta-se aumentar a capacidade de suporte das pastagens com aplicações de adubos e corretivos (ANDREOTTI *et al.*, 2008).

Dentre as gramíneas cultivadas no Brasil, a *Urochloa brizantha* cv. Marandu, é a forrageira que tem umas das maiores expressividades produtivas, pois a mesma exige fertilidade mediana, podendo ser cultivado em regiões com solos mais pobres nutricionalmente, além de apresentar resistência a cigarrinha das pastagens e menor redução nutricional devido ao florescimento tardio (CABRAL *et al.*, 2016).

Ressalta-se ainda que, a *U. brizantha* possui sistema radicular vigoroso e que atinge maiores profundidades, desta forma tolera déficits hídricos e absorve maiores valores nutricionais, tendo boa rebrota (BARDUCCI *et al.*, 2009). Ainda, falando sobre essa gramínea, Alves e Filho (1996) afirmaram que ela se adapta em solos de textura arenoso bem como tolera altas saturações de alumínio, e que, uma precipitação média de 700 mm já seria eficiente para seu desenvolvimento.

Ressalta-se que, pastagens em processo de recuperação apresentam maior aporte de nutrientes em sua parte aérea e dados como o de Oliveira *et al.* (2005) apontaram que as exportações em recuperações de pastagem *U. brizantha* cv. Marandu foram de 326, 38 e 22 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, P, S.

O nitrogênio está entre os nutrientes mais utilizados na adubação de pastagem devido o incremento na produção de forragens e merece destaque, uma vez que o seu papel é fundamental tanto na constituição e formação de proteínas, bem como no processo de fotossíntese, atuante na molécula de clorofila (ALEXANDRINO; VAZ; SANTOS, 2010).

Pareado com o nitrogênio outro nutriente essencial é o enxofre (S), ambas as adubações têm estreita relação e interferem na produção e qualidade de forragem, sendo o enxofre participante ativo na síntese de aminoácidos essenciais tais como cistina e metionina, e sua deficiência promoveria então interrupção na produção de proteínas (NRC, 1989). Dados relatam que plantas forrageiras extraem até 50 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de S, assim o conhecimento das doses certas de enxofre para

ser fornecidos é primordial, não só pela alta necessidade de fornecimento bem como pelas perdas ocasionadas por lixiviação nos sistemas favorecida por correções de solo bem como por fosfatagem e irrigação (NGUYEN; GOH, 1994).

Oliveira *et al.* (2005) afirmam também que, a calagem com fertilização apropriada, associada ao manejo correto de plantas forrageiras promovem recuperação de pastagens degradadas, bem como aumentam produtividade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do experimento e caracterização do solo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Campus II, município de Presidente Prudente – SP, com coordenadas geográficas: 22°11'66" Latitude Sul e 51°45'34" Longitude Oeste de Greenwich e uma altitude de 403 m.

O solo utilizado no experimento é caracterizado segundo a classificação brasileira de solo como argissolo vermelho distroférico de textura arenosa (Tabela 1), apresentando maior acúmulo de argila no horizonte b textural (em profundidade), do que na camada superficial (EMBRAPA SOLOS, 2006).

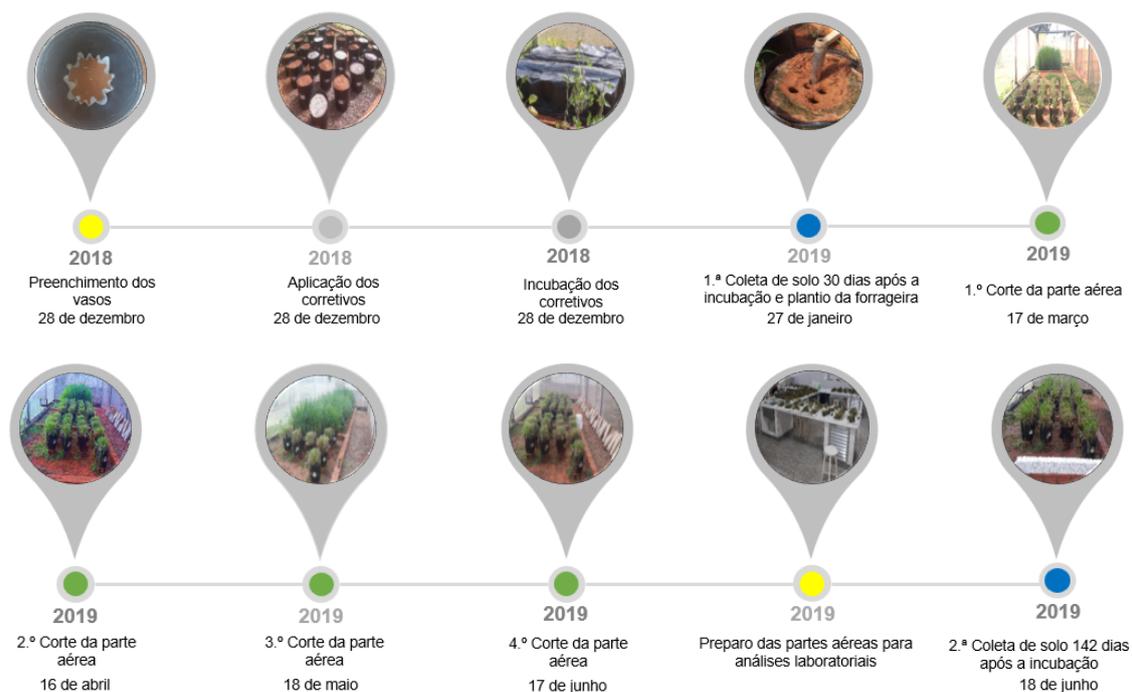
Tabela 1. Análise granulométrica de um argissolo vermelho distroférico, Presidente Prudente – SP.

Amostra	Areia total	Silte	Argila	Classe Textura
	(g Kg ⁻¹)			
(0-20cm)	882	27	91	Arenosa

4.2 Instalação do experimento

A instalação do experimento, correções do solo e adubações, bem como as demais etapas de avaliações seguiu a ordem cronológica representada na Figura 1.

Figura 1. Cronograma de instalação e condução do ensaio.



Fonte: Autor.

4.2.1 Preenchimento dos vasos

No dia 28 de dezembro de 2018 procedeu-se o preenchimento dos vasos. Os vasos eram de polietileno, com capacidade para 30 kg de solo e tiveram os fundos recobertos com pano de poliéster de 77 fios, servindo como filtro retentor de partículas.

O solo coletado foi devidamente peneirado e acondicionado nos vasos, apresentando as características químicas expostas na Tabela 02. Conquanto, foram igualmente pesados utilizando-se balança analítica para o preenchimento de cada amostra. Após o preenchimento, os vasos foram dispostos diretamente no solo, sobre uma camada de pedra brita para melhor drenagem, no interior da casa de vegetação, a qual dispunha de cobertura total com tela sombrite 50%.

Tabela 2. Análise química da camada de 0-20 cm do solo utilizado nesse experimento, região do Oeste Paulista, Presidente Prudente – SP.

Prof. (cm)	pH (CaCl ₂)	MO ^a (gdm ⁻³)	P _(resina) ---- (mg dm ⁻³) ----	S ----	Al ³⁺ -----	H ⁺ -----	K -----	Ca (mmol _c dm ⁻³)	Mg -----	SB ^b -----	CTC ^c -----	m (%)	V ^d (%)
0-20	4,5	12,6	27,1	5,8	3,2	19,6	3	14,8	3,1	20,9	40,5	13,3	51,6

^a matéria orgânica do solo; ^b soma de bases; ^c capacidade de troca de cátions; ^d saturação por bases

4.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

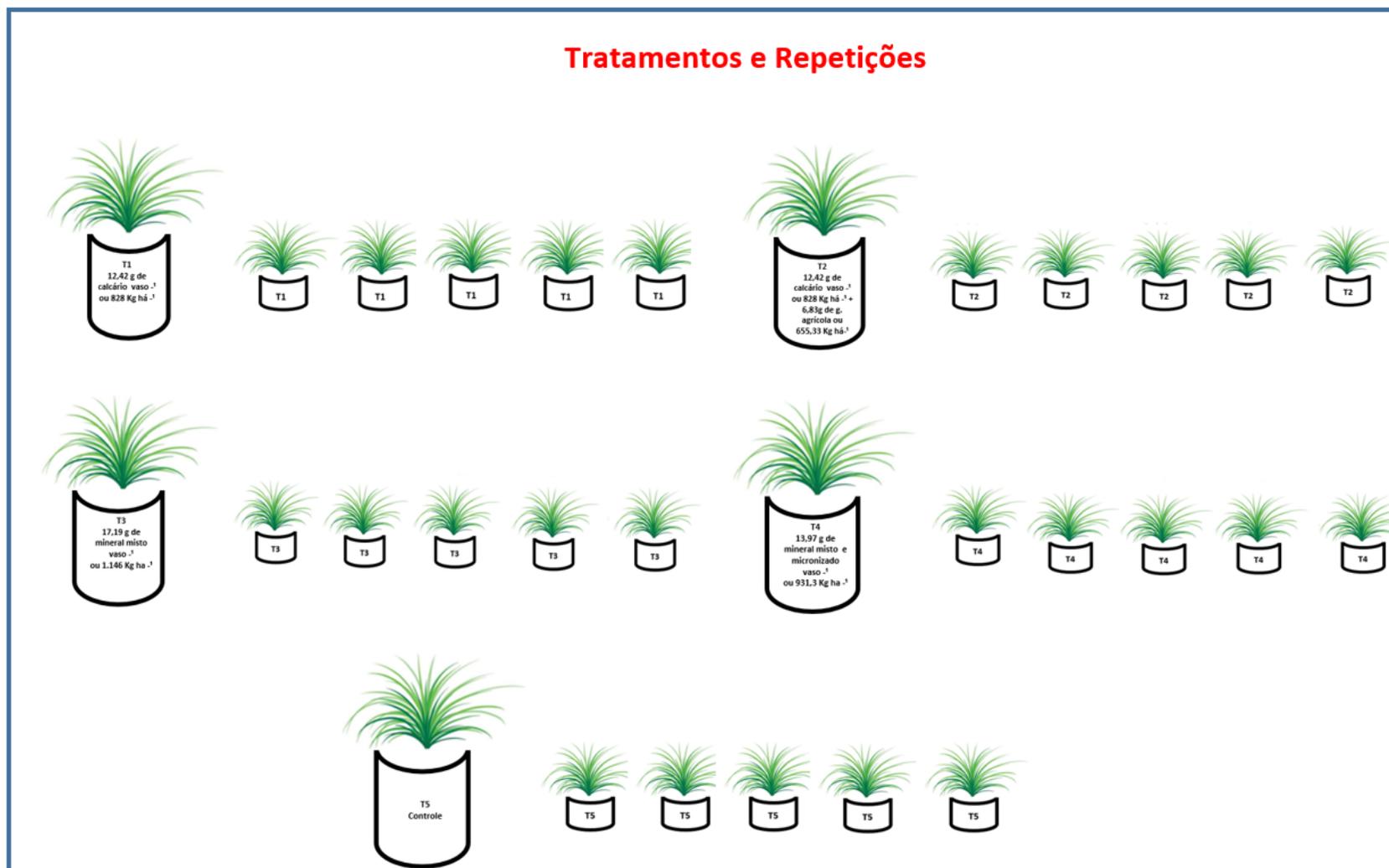
O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com aplicação superficial de corretivos (4 manejos de correção + 1 tratamento controle), ambos com 5 repetições, totalizando 25 parcelas experimentais (Figura 2).

Os tratamentos do presente experimento foram realizados em dosagens conforme as informações técnicas de recomendações para interpretações de análises de solo, segundo o Boletim 100, elevando o V% para 70.

Além dos corretivos convencionais (calcário e gesso agrícola), os tratamentos também se constituíram por misturas industriais, no qual a composição básica de cada um foram:

- **T1:** Aplicação de 12,42 g vaso⁻¹ (828 kg ha⁻¹) de Calcário Dolomítico (PRNT 91), composição: 12% de Mg e 33% de Ca;
- **T2:** Aplicação de 12,42 g vaso⁻¹ (828 kg ha⁻¹) de Calcário Dolomítico (PRNT 91), composição: 12% de Mg e 33% de Ca, sobreposto por 9,83 g vaso⁻¹ (655,3 kg ha⁻¹) de Gesso Agrícola, composição: 20% de Ca e 15% de S;
- **T3:** Aplicação de 17,19 g vaso⁻¹ (1146 kg ha⁻¹) de Corretivo Mineral Misto (PRNT 65), composição: 22% de Ca; 5% Mg e 4,5% S;
- **T4:** Aplicação de 13,97 g vaso⁻¹ (931,3 kg ha⁻¹) de Corretivo Mineral Misto e Micronizado (PRNT 80), composição: 21% de Ca; 6,5% Mg e 2,2% S.
- **T5:** Controle (apenas solo, sem aplicação de corretivo e adubação);

Figura 2. Demonstração de como foram realizados os tratamentos de acordo com a aplicação dos corretivos, totalizando 25 vasos (parcelas experimentais).



Fonte: Autor.

Seguindo o cronograma de instalação, realizados os procedimentos de preenchimentos, correções e adubações, os vasos ficaram incubados (recobertos por lona preta) em casa de vegetação por 30 dias. Decorridos os 30 dias, todos os vasos receberam uma adubação de plantio nos primeiros 2 cm de profundidade composta por 30 gramas de superfosfato triplo, o qual apresenta uma composição, de acordo com o fabricante de: 45% de P_2O_5 e até 10% de cálcio (Ca).

Realizada a adubação fosfatada de plantio, procedeu-se a semeadura, 08 sementes de *Urochloa brizantha* cv. Marandu vaso⁻¹. Decorridos 10 dias, após o plantio, foi realizado o desbaste deixando apenas 04 plantas vasos⁻¹, sendo elas as mais centrais e vigorosas.

No decorrer dos experimentos foram realizados quatro cortes para submeter a matéria da parte aérea para análises laboratoriais e mensurações de crescimento, portanto, após a realização dos cortes, imediatamente se procederam adubação de cobertura em todos os tratamentos com: 3,3 g de uréia (fornecimento de 45% de N) + 3,0 g de cloreto de potássio (fornecimento de 60% de K_2O), essa mesma adubação foi realizada no dia 13 de fevereiro de 2019, quando ocorreu a emissão do primeiro perfilhamento.

A irrigação foi realizada periodicamente e de forma manual. Levando em consideração a capacidade de preenchimento dos vasos: 30 Kg; as regas manuais eram realizadas três vezes na semana, disponibilizando 10% de água em relação ao peso total dos vasos. Ressalta-se que, a água utilizada era deionizada, isto é, isenta de partículas de sais minerais.

4.3 Análises da parte aérea de *Urochloa brizantha* cv. Marandu

Foram realizados após o estabelecimento do ciclo da cultura 04 cortes totais da parte aérea em todos os vasos de ambos os tratamentos. O primeiro corte foi realizado aos 55 dias após o plantio do capim e os outros três cortes foram realizados a cada 30 dias após o corte anterior.

4.3.1 Análises de crescimento

Nas datas em que foram realizados os cortes, antes de coletar a parte aérea, foram mensuradas as alturas de todas as plantas das unidades experimentais, sendo a altura mensurada com o auxílio de uma régua e levada em consideração a última lígula desenvolvida ($\text{Altura} = \text{cm planta}^{-1}$).

Realizadas as medidas da altura, procedeu-se a coleta total da massa fresca da parte aérea de cada planta por repetição em seus respectivos tratamentos e com o auxílio de uma balança analítica de precisão foram realizadas as pesagens das amostras para avaliar o peso de matéria fresca ($\text{Peso de Matéria Fresca (PMF)} = \text{g vaso}^{-1}$).

As amostras foram dispostas posteriormente em sacos de papel Kraft e organizadas no interior da estufa de ar forçado, a qual foi programada em temperatura de 60°C e as plantas permaneceram por tempo necessário até atingirem o peso constante nas amostras. Após a obtenção do material seco ocorreu, por fim, a pesagem da matéria seca ($\text{PMS} = \text{g vaso}^{-1}$).

4.3.2 Análise do tecido foliar

Após as pesagens de matéria seca das plantas em cada corte efetuado, foram separadas 100 gramas de cada repetição, considerando apenas o limbo foliar, sem a nervura principal, para proceder à análise de tecido foliar. As amostras do material seco foram passadas por moagem em moinho tipo Willey com peneira de malha 1 mm.

As amostras já moídas passaram por digestão sulfúrica e prosseguiram para a análise de tecido vegetal para a determinação nutricional foliar da pastagem (N total, P, K, Ca, Mg e S), obedecendo a metodologia de Malavolta *et al.* (1997), as quais foram expressas em: g kg^{-1} .

4.4 Análises químicas do solo

O monitoramento químico do solo foi realizado com a coleta de duas amostras. A primeira coleta para análise foi realizada em todos os vasos logo após o

término do período de incubação antes do plantio e a segunda coleta foi realizada no término do experimento (após o 4º corte). Ressalta-se que, ambas as coletas foram realizadas em duas profundidades: 0 – 10 e 10 – 25 cm.

As amostras de solo foram armazenadas em caixas de papel disponibilizadas pelo laboratório de análises químicas da UNOESTE e em seguida foi realizada a determinação da análise básica: pH, Matéria orgânica, P, S-SO₄⁻², Al³⁺, H + Al, K, Ca, Mg, segundo Raij *et al.* (2001), além dos cálculos de Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) além do M e V (%).

4.5 Análise estatística

Os dados foram interpretados estaticamente através da análise de variância, no qual as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados da primeira coleta para parâmetros químicos do solo

De acordo com os dados observados na Tabela 4 nota-se que a aplicação superficial de corretivos se mostrou eficiente na redução dos teores de Al^{3+} na camada de 0-10 cm na avaliação depois de transcorridos 30 dias, sendo que o tratamento T1 (calcário) e T2 (calcário+gesso) neutralizaram em até 97% o alumínio tóxico do solo em relação ao controle. Por outro lado, nota-se que todos os corretivos utilizados no presente trabalho foram ineficientes na correção da camada de 10-25 cm, e esse efeito pode ser visualizado na Tabela 5 em que os tratamentos T2, T3 e T4, todos apresentando gesso em sua formulação, diferiram estatisticamente do tratamento controle quanto à neutralização do Al^{3+} na camada de 10-25. Vale destacar que o tratamento T1 que possuía apenas calcário em sua composição não diferiu estatisticamente do tratamento controle, indicando a baixa mobilidade do produto conferida pelo íon acompanhante do corretivo em questão. Soratto e Crusciol (2008) avaliando a aplicação de calcário e gesso em superfície na instalação de um sistema de plantio direto concluíram que o calcário elevou os teores de cálcio e magnésio, bem como o pH, nas camadas superficiais enquanto o gesso elevou os teores de Ca e SO_4^{2-} e reduziu significativamente a toxidez por Al^{3+} nas camadas mais profundas do solo indicando a complementaridade desses dois corretivos de solo.

A aplicação dos corretivos de solo não influenciou significativamente na redução da acidez ativa do solo em todas as camadas amostradas na primeira época de amostragem, indicando que o período de 30 dias decorridos da aplicação dos corretivos para a primeira amostragem de solo não foi suficiente para que os efeitos neutralizantes dos corretivos pudessem ser observados na prática. Os resultados mostram que a aplicação superficial de corretivos no solo, mesmo aqueles que possuem gesso em sua constituição, não conseguem em um prazo de 30 dias, resultar nos efeitos desejados. Destaca-se que o poder relativo de neutralização total (PRNT) de corretivos é calculado levando-se em consideração um período de 90 dias, de acordo com as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), portanto, quando se aplica um corretivo ao solo

deve-se aguardar esse período supracitado considerando que haverá umidade no solo capaz de fazer com que o corretivo possa ser diluído e dissociado, expressando todo seu potencial de neutralização. Vale ressaltar que corretivos que possuem em sua composição apenas sulfato de cálcio (gesso) não possuem capacidade de neutralizar os íons H^+ presentes na solução do solo os quais são responsáveis pelo potencial hidrogênio-iônico do mesmo, mas sim neutralizar apenas o Al^{3+} que em elevadas concentrações no solo pode se tornar tóxico ao desenvolvimento vegetal no sistema agrícola (NEIS *et al.*, 2010).

Corroborando com os dados obtidos neste experimento, Castro *et al.* (2013) avaliando o efeito de doses de calcário e gesso na produção de milho aplicados com antecedência de 75, 60, 45, 30, 15 e 0 dias antes da semeadura concluíram que os melhores resultados foram alcançados quando os corretivos foram dispostos com antecedência mínima de 45 dias.

Considerando como objetivo do presente experimento avaliar o efeito de diferentes corretivos de acidez do solo, manteve-se as adubações de plantio e cobertura padrão para todos os vasos, bem como todos os demais tratamentos culturais. Desta forma, esperava-se que os nutrientes diretamente relacionados com os corretivos (Ca, Mg e/ou S) ou aqueles que apresentam relação direta com os corretivos, como por exemplo, o fósforo (P), bem como as relações SB, V% e CTC tivessem seus valores influenciados pela aplicação dos produtos.

De acordo com o descrito acima, era de se esperar que não houvesse diferenças significativas quanto ao nível de matéria orgânica, seja na camada de 0-10 cm seja na camada de 10-25 cm, principalmente decorridos apenas 30 dias após a aplicação dos corretivos e considerando ainda um experimento em vaso, dificultando a criação e manutenção dos componentes biológicos do sistema agrícola.

A aplicação de calcário, em todas as camadas amostradas, resultou na disponibilização do fósforo ao solo quando comparado aos demais tratamentos. Vale aqui destacar que mesmo o tratamento controle recebeu adubação de plantio através de superfosfato triplo, porém devido a ausência de corretivos somado ao tipo de solo escolhido para o experimento apresentar pH baixo, representativo da região de Presidente Prudente, a análise de solo refletiu a baixa disponibilidade de fósforo neste tratamento. Na camada 0-10 cm, o tratamento T1 superou estatisticamente os

demais, mostrando que a aplicação de calcário superficial se torna mais eficiente na disponibilização deste elemento às plantas quando comparado a misturas entre corretivos e o principal fator para isso refere-se à competição existente entre os sítios de adsorção dos colóides do solo por P e S, conforme relatado por Geelhoed, Riemsdijk e Findenegg (1997) em estudo sobre os efeitos do sulfato e pH na adsorção de fosfatos ao solo. Na camada 10-25 cm, todos os corretivos se mostraram eficientes na disponibilização de fósforo ao solo quando comparados à testemunha, sem diferenças estatísticas significativas entre os corretivos aplicados, indicando a importância das práticas de calagem e gessagem para disponibilização deste macronutriente primário tão importante principalmente no início de vida da forrageira, já que o fósforo é importantíssimo para a formação das raízes e conseqüentemente, para o estabelecimento inicial da planta.

Era de se esperar que corretivos contendo sulfato em sua formulação (T2, T3 e T4) elevassem os teores de enxofre no solo, principalmente em subsuperfície, fato observado no presente experimento. O tratamento que utilizou apenas calcário, apesar de diferir estatisticamente do tratamento controle, mostrou-se inferior aos tratamentos que continham sulfato de cálcio em sua composição. Para todos os demais elementos ou relações na camada de 10-25 cm, não houve interação significativa ao nível de probabilidade de 5%, portanto, a discussão a seguir ficará restrita a camada 0-10 cm. Corroborando com os resultados obtidos neste experimento, Zambrosi *et al.* (2007) estudando doses de gesso agrícola em sistema de plantio direto em seu quinto ano de condução, observaram aumentos significativos nos teores de sulfato até a camada 20-40cm de profundidade quanto maior a dose do corretivo aplicada.

A relação Ca:Mg:K e o equilíbrio entre estes íons no solo é fundamental para obtenção de altas produtividades, independente da espécie vegetal cultivada. Nesse sentido, Kopittike e Menzies (2007) realizaram extensa revisão de literatura visando determinar a referida relação para um solo considerado "ideal" e os autores, apesar de citarem algumas variáveis que podem interferir nesta relação, concluíram que a proporção de 13 (Ca): 2 (Mg): 1 (K) é a relação que traduz na maioria das situações a melhor ocupação das cargas negativas do solo para se obter elevadas produtividades. A aplicação dos corretivos de solo não influenciou os teores de K, já

os teores de cálcio e magnésio foram influenciados em conformidade com os tipos de corretivos utilizados, conforme se visualiza na Tabela 4.

Os tratamentos T1 e T2 que continham em suas composições calcário com PRNT elevado destacaram-se quanto ao fornecimento deste elemento ao solo. Analisando as concentrações dos elementos nos corretivos observa-se que o calcário utilizado apresenta 33% de Ca, enquanto os tratamentos T3 e T4 referentes às misturas minerais de corretivos possuem 22 e 21%, respectivamente. Além disso, o PRNT do calcário utilizado foi de 91% ante 65 e 80% das misturas comerciais, fato que acelera a reação no solo e explica os resultados obtidos no presente experimento. O tratamento T2 resultou nos maiores teores de Cálcio no solo e isso se explica pois além do cálcio presente no calcário soma-se o cálcio presente no gesso de rápida liberação pela elevada solubilidade do último material, disponibilizando este elemento tanto para adsorção aos colóides do solo como para a solução do solo, considerando o equilíbrio existente entre as frações trocáveis e disponíveis de cálcio.

Corroborando com os dados obtidos no experimento, Aguiar (2019) avaliando a aplicação de dois tipos de corretivos de solo, associados ou não com gesso e aplicados superficialmente ou incorporados ao solo concluiu que a mistura entre calcário e gesso incorporados ao solo promoveu os melhores resultados para pH, teores de Ca e Mg, redução nos teores de Al^{3+} e aumento da saturação por bases.

Resultado semelhante foi obtido quanto aos teores de magnésio no solo, já que os tratamentos T1 e T2 diferiram estatisticamente dos demais, bem como do tratamento controle, e a explicação recai sobre o tipo de calcário utilizado ser classificado como calcário dolomítico, ou seja, apresentar em sua composição concentração de Mg de 12%. Desta forma os resultados encontram amparo no elevado teor de magnésio presente no calcário utilizado, mantendo as parcelas destes dois tratamentos mais próxima da relação ideal Ca:Mg que é de 6:1.

Tabela 3. Relação Cálcio:Magnésio:Potássio (Ca:Mg:K) tida como ideal para o desenvolvimento de plantas.

Ano	Pesquisador	Hipótese	Cultura
1901	Loew e May	relação Ca:Mg ideal de 4 a 5, mas com prejuízo somente em relações extremas	Aveia
1916	Lipman	Não existe base para definir efeito da relação Ca/Mg	Revisão bibliográfica
1933	Moser	Não existe relação entre Ca/Mg e produtividade	
1937	Albrecht	Nodulação não depende da acidez só tem relação com concentração de Ca	Soja
1939	Albrecht	Fixação do nitrogênio não depende do pH em si, mas do suprimento do Ca.	
1945	Bear	Solo ideal: saturação de 65% de Ca, 10% Mg e 5% K	Alfafa
1948	Bear, Toth	Sugestão de solo ideal com 65% de Ca, 10% Mg e 5% K para diminuir retirada excessiva de potássio pela alfafa.	Alfafa
1959	Graham	Solo ideal: de 65 a 85% de Ca; 6 a 12% de Mg e de 2 a 5% de K	
1975	Albrecht	Crescimento das plantas não é limitado pelo pH ou acidez	Soja
1981	Baker and Amacher	Solo ideal: 60 á 80% Ca, 10 á 20% Mg, 2 á 5% K.	
1991	Kinsey and Walters	Solo ideal: 60 á 70% Ca, 10 á 20% Mg, 3 á 5% K, 1% Na, 10 á 15 H, 2á 24% de outros cátions	

Fonte: Adaptado de Kopittke e Menzies (2007).

Como as relações SB, CTC e V% relacionam-se diretamente à presença de bases no solo, e ainda, que Ca e Mg são os principais cátions em termos de quantidade que compõe a soma de bases, capacidade de troca catiônica e conseqüentemente, saturação por bases (MUNHOZ HERNANDEZ; SILVEIRA, 1998), os tratamentos T1 e T2 destacaram-se com relação aos demais no incremento destas relações fundamentais para o bom desenvolvimento de qualquer

vegetal, pois o equilíbrio entre nutrientes do solo associado com quantidades adequadas à demanda das plantas resultará em maior produtividade de *U. brizantha* cv. Marandu.

Mesmo os tratamentos T3 e T4 diferiram estatisticamente do tratamento controle, permitindo a conclusão que os solos da região de Presidente Prudente por serem naturalmente ácidos e com baixo estoque de nutrientes, requerem obrigatoriamente correção química no sentido de neutralizar a acidez provocada por H^+ e Al^{3+} , comuns nesse tipo de solo, bem como no aporte de nutrientes essenciais ao bom desenvolvimento das plantas inseridas neste sistema.

Tabela 4. Resultados médios dos valores de pH, teores de M.O, P, S-SO₄²⁻, Al³⁺, H+Al, K, Ca, Mg e relações SB, CTC, m e V%, na camada de 0 a 10 cm, aos 30 dias após a aplicação, em função de diferentes fontes de corretivos em manejo de aplicação superficial (Presidente Prudente, SP, 2019).

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	M.O (g dm ⁻³)	P ----(mg dm ⁻³) ----	S-SO ₄ ²⁻ -----	Al ³⁺ -----	H+Al -----	K -----	Ca (mmol _c dm ⁻³)	Mg -----	SB -----	CTC -----	m -----%	V -----
Calcário	4,78a	13,48a	150,36a	2,36c	0,16b	24,84b	1,05a	23,78ab	6,07a	30,91ab	55,75a	0,49c	55,34ab
Calcário + Gesso	4,88a	14,80a	124,8b	3,96a	0,12b	24,00b	1,01a	29,70a	6,15a	36,86a	60,86a	0,32c	60,75a
Mineral Misto	4,74a	14,20a	115,50b	3,16b	0,52b	28,04ab	0,91a	21,62b	2,99b	25,52b	53,56ab	2,06b	47,62b
Mineral M. Micron.	4,72a	14,98a	125,30b	3,30b	0,42b	24,98b	0,86a	26,22ab	3,52b	30,60ab	55,58a	1,42ab	55,02ab
Controle	4,24a	15,62a	79,98c	2,46c	4,86a	33,14a	1,00a	8,82c	1,08c	10,90c	44,04b	30,82a	24,86c
F	2,83 ^{ns}	1,60 ^{ns}	55,17**	31,01**	291,58**	8,26**	0,88 ^{ns}	20,33**	164,55**	26,34**	6,90**	2.228,37**	55,33**
CV (%)	7,09	9,81	6,43	8,66	22,01	10,84	19,45	17,95	9,51	15,89	9,73	8,99	8,72

Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade respectivamente; ns = não significativo (P<0,05).

Tabela 5. Resultados médios dos valores de pH, teores de M.O, P, S-SO₄²⁻, Al³⁺, H+Al, K, Ca, Mg e relações SB, CTC, m e V%, na camada de 10 a 25 cm, aos 30 dias após a aplicação, em função de diferentes fontes de corretivos em manejo de aplicação superficial (Presidente Prudente, SP, 2019).

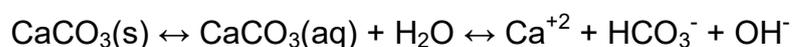
Tratamentos	pH (CaCl ₂)	M.O (g dm ⁻³)	P ----- (mg dm ⁻³) -----	S-SO ₄ ²⁻ -----	Al ³⁺ -----	H+Al -----	K -----	Ca (mmol _c dm ⁻³)	Mg -----	SB -----	CTC -----	m ----- (%) -----	V -----
Calcário	4,48a	15,32a	27,88 ^a	2,56b	2,56a	27,06a	0,68a	12,00a	1,22a	13,90a	40,96a	15,52a	33,99a
Calcário + Gesso	4,46a	14,86a	28,70 ^a	4,74a	3,06a	28,88a	0,64a	12,00a	1,32a	13,96a	42,84a	18,02a	32,82a
Mineral Misto	4,46a	15,36a	28,40 ^a	4,60a	3,24a	26,26a	0,56a	12,20a	1,12a	13,90a	40,16a	18,88a	34,79a
Mineral M. Micron.	4,46a	14,58a	28,46 ^a	4,54a	3,12a	26,60a	0,62a	11,80a	1,30a	13,72a	40,32a	18,61a	34,39a
Controle	4,54a	15,36a	17,06b	2,46b	3,30a	26,38a	0,52a	10,96a	1,18a	12,66a	39,04a	20,13a	32,67a
F	0,11 ^{ns}	0,20 ^{ns}	5,71**	17,55**	0,56 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,82 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,25 ^{ns}
CV (%)	5,20	11,95	18,15	16,41	28,67	12,82	20,71	10,25	13,65	9,25	7,04	27,36	12,57

Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade respectivamente; ns = não significativo (P<0,05).

5.2 Resultados da segunda coleta para parâmetros químicos do solo

Assim como observado por ocasião da primeira amostragem de solo, todos os corretivos testados no presente experimento apresentaram capacidade de neutralização do alumínio trocável (Al^{3+}), reduzindo significativamente os níveis deste elemento quando comparados ao tratamento controle na camada 0-10 cm. Diferentemente do observado na primeira amostragem, os corretivos que apresentavam em sua composição gesso agrícola (T2, T3 e T4) neutralizaram o Al^{3+} na camada de 10-25 cm, enquanto o T1 que refere-se ao calcário puro não diferiu estatisticamente do tratamento controle. Esses resultados corroboram com a teoria de que o íon acompanhante presente no corretivo define o grau de mobilidade e solubilidade do mesmo no solo, ou seja, o calcário por apresentar como íon acompanhante o carbonato (CO_3) possui baixa solubilidade (CAIRES *et al.*, 2006) e baixa mobilidade no solo (RHEINHEIMER *et al.*, 2000), enquanto o gesso por apresentar o sulfato (SO_4) como íon acompanhante possui solubilidade 150 vezes maior que o calcário e alta mobilidade no solo, conseguindo atingir as camadas mais profundas mesmo que aplicado em superfície como os tratamentos propostos (DIAS *et al.*, 1994)

Com relação ao pH do solo nota-se que na camada de 0-10 cm apenas o T1 diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, indicando que apenas o calcário é capaz de neutralizar o hidrogênio presente na solução do solo, elemento responsável pela acidez ativa que é medida através do potencial hidrogênio iônico (pH). Vale destacar que gesso não possui ação corretiva de pH de solo e nem fornece Mg (PRIMAVESI, 2004), mas o fornecimento de Ca e S e a neutralização do Al^{3+} (tóxico) pelo sulfato (SO_4^{2-}), promovem uma amenização das limitações químicas do solo e favorecem o crescimento radicular e parte aérea (GUELFÍ *et al.*, 2013). Para que o calcário possa se dissociar, de acordo com a equação abaixo, faz-se necessário que haja H_2O disponível no solo e quanto menor a concentração de Ca^{2+} na camada a ser corrigida, mais rápida ocorrerá a dissociação do calcário.



Sendo assim, nota-se que os corretivos que apresentam em sua constituição calcário misturado ao gesso não conseguiram elevar o pH do solo

pois conforme já mencionado, o gesso por possuir solubilidade muito mais elevada que o calcário dissocia-se primeiro, liberando íons Ca^{2+} elevando por conseguinte sua concentração no solo, fato que retardará a dissociação do calcário. Como gesso não eleva o pH do solo, nota-se que apenas o T1 foi capaz de neutralizar a acidez ativa.

Tabela 6. Resultados médios dos valores de pH, teores de M.O, P, S-SO₄²⁻, Al³⁺, H+Al, K, Ca, Mg e relações SB, CTC, m e V%, na camada de 0 a 10 cm, aos 120 dias após a aplicação, em função de diferentes fontes de corretivos em manejo de aplicação superficial (Presidente Prudente, SP, 2019).

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	M.O (g dm ⁻³)	P ---(mg dm ⁻³)---	S-SO ₄ ²⁻ -----	Al ³⁺ -----	H+Al	K	Ca (mmol _c dm ⁻³)	Mg -----	SB	CTC	m -----%	V -----
Calcário	4,48a	14,56ab	89,20a	0,52a	4,66b	30,98a	5,68a	15,90a	2,00ab	23,58a	54,56a	16,92c	43,39a
Calcário + Gesso	4,26ab	15,08a	68,00b	0,50 ^a	4,30b	34,60a	5,38a	10,32b	2,66a	18,36b	52,96a	19,24c	34,69b
Mineral Misto	4,18b	16,76a	61,48b	0,16b	4,48b	35,32a	4,42a	8,08b	2,06ab	14,56c	49,88a	28,71b	29,10b
Mineral M. Micron.	4,22b	14,02ab	78,62ab	0,12b	4,38b	34,34a	5,00a	9,98b	2,22a	17,20bc	51,54a	21,44c	33,81b
Controle	4,04b	11,40b	65,06b	0,22b	5,82a	38,02a	4,96a	3,92c	1,24b	10,12d	48,14a	38,81 ^a	23,02c
F	9,33 ^{**}	5,50 ^{**}	5,73 ^{**}	32,46 ^{**}	9,24 ^{**}	2,27 ^{ns}	1,87 ^{ns}	54,68 ^{**}	5,23 ^{**}	53,77 ^{**}	2,33 ^{ns}	38,12 ^{**}	25,28 ^{**}
CV (%)	2,76	12,94	14,56	24,73	9,72	10,79	15,29	13,58	24,70	9,01	7,18	12,69	11,24

Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade respectivamente; ns = não significativo (P<0,05).

Tabela 7. Resultados médios dos valores de pH, teores de M.O, P, S-SO₄²⁻, Al³⁺, H+Al, K, Ca, Mg e relações SB, CTC, m e V%, na camada de 10 a 25 cm, aos 120 dias após a aplicação, em função de diferentes fontes de corretivos em manejo de aplicação superficial (Presidente Prudente, SP, 2019).

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	M.O (g dm ⁻³)	P ---(mg dm ⁻³)---	S-SO ₄ ²⁻ -----	Al ³⁺ -----	H+Al	K	Ca (mmol _c dm ⁻³)	Mg -----	SB	CTC	m -----%	V -----
Calcário	4,10a	14,42ab	24,06a	0,62ab	5,08ab	35,42a	1,98a	13,32a	1,82ab	17,12a	52,54a	22,93b	33,04a
Calcário + Gesso	4,24a	15,78a	17,72b	0,68ab	4,36c	36,12a	1,72a	17,62a	2,00a	21,34a	57,46a	17,28b	37,61a
Mineral Misto	4,16a	12,66ab	17,40b	0,54ab	4,46bc	36,16a	1,68a	14,80a	1,56b	18,04a	54,20a	20,88b	39,89a
Mineral M. Micron.	4,28a	13,78ab	18,58b	0,76a	4,62bc	30,18a	1,64a	16,70a	1,86ab	20,20a	50,38a	18,43b	33,58a
Controle	4,18a	10,92b	16,30b	0,46b	5,66a	31,94a	0,78b	5,48b	0,88c	7,14b	39,08b	44,99 ^a	18,77b
F	1,46 ^{ns}	4,11 ^{**}	9,46 ^{**}	32,46 ^{**}	11,70 ^{**}	0,96 ^{ns}	22,23 ^{**}	12,52 ^{**}	22,08 ^{**}	14,14 ^{**}	8,32 ^{**}	35,45 ^{**}	6,88 ^{**}
CV (%)	3,10	14,99	11,77	24,73	7,26	18,38	13,86	22,46	13,05	19,99	10,71	17,25	21,52

Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade respectivamente; ns = não significativo (P<0,05).

A aplicação dos corretivos no presente experimento não influenciou o pH do solo na camada de 10-25 cm (Tabela 7), visto a aplicação dos corretivos terem sido feitas em superfície sem incorporação ao solo. Devido a baixa mobilidade do carbonato, conforme já discutido anteriormente, o corretivo não permeou às camadas mais profundas sendo, portanto, incapaz de corrigir o solo em subsuperfície. Aguiar (2019) avaliando os efeitos de diferentes tipos de corretivo aplicados em superfície ou incorporados ao solo, sozinhos ou acompanhados de gesso, observou que para correção do pH da camada subsuperficial do solo visando a implantação de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça foi necessária a incorporação dos corretivos em 20 cm de profundidade.

Após 120 dias da aplicação dos corretivos, observa-se que os teores de matéria orgânica aumentaram de sobremaneira, para as duas camadas de solo amostradas. Esse aumento expressivo no teor de M.O. pode ser decorrente da condição de instalação do experimento em vaso, pois as raízes da forrageira decorridos tantos dias desde sua emergência colonizam grande parte do volume de solo coletado para fins da análise química, interferindo na medida desta variável. Vale ressaltar que como todos os tratamentos diferiram estatisticamente do tratamento controle conclui-se que as melhores condições para estabelecimento das raízes foi primordial para obter os resultados descritos acima.

Comparando as Tabelas 5 e 7 referentes às amostragens na camada 10-25 cm na primeira e segunda coleta, respectivamente, nota-se que os teores de Ca, Mg e K aumentaram nominalmente na segunda coleta visto a CTC do solo ter respondido diretamente nessa mesma tendência, indicando o efeito do gesso agrícola como condicionador químico de solo em sub-superfície.

A análise do enxofre indica que em função da mobilidade do sulfato no solo promoveu acréscimos deste elemento na camada de 10-25 cm quando comparado à camada de 0-10 cm, pois os tratamentos que utilizaram as misturas comerciais de gesso agrícola tiveram melhores resultados para S na camada de 10-25 cm, enquanto os tratamentos T1 e T2 com calcário foram superiores estatisticamente na camada de 0-10 cm.

Assim como observado na primeira amostragem, não houve efeito significativo entre a aplicação dos corretivos e os teores de K encontrados no solo na camada de 0-10 cm, porém na camada de 10-25 cm todos os tratamentos

superaram a testemunha indicando que houve movimentação deste elemento no perfil do solo. Já os teores de Ca e Mg foram influenciados diretamente pela aplicação dos corretivos de solo diferindo estatisticamente do tratamento controle. Na camada de 0-10 cm o tratamento T1 superou os demais quanto ao teor de Ca no solo, pois a concentração do elemento no corretivo de 33% é maior quando comparado às misturas comerciais testadas.

5.3 Resultados das coletas de tecido foliar para análise nutricional

De acordo com os resultados observados na Tabela 8 na primeira análise do tecido foliar realizada 45 DAE, nota-se que não houve diferença estatística significativa para nenhum dos nutrientes avaliados de acordo com os corretivos aplicados. Na segunda coleta, após 75 DAE, houve diferença significativa apenas para o parâmetro P sendo os tratamentos T3 e T4, ambos representando a mistura comercial entre calcário e gesso, apresentaram resultados superiores aos demais tratamento incluindo o tratamento controle. Vale ressaltar que conforme visto nas Tabelas 4 a 6, os vasos representativos dos tratamentos acima mencionados não foram os que apresentaram os maiores resultados para o referido parâmetro, indicando que nem sempre maiores teores do nutriente no solo irão refletir maiores teores no tecido foliar da forrageira, visto existir a necessidade do equilíbrio entre elementos para boa absorção pela planta.

Decorridos 30 dias após a análise anterior, ou seja, com 105 DAE, a terceira coleta e consequente análise química do tecido foliar resultou em diferenças significativas nos teores de K e Ca. Para ambos os elementos, os melhores resultados foram visualizados através da aplicação de calcário (T1) e calcário + gesso (T2). Destaca-se que os corretivos utilizados no presente experimento nestes dois tratamentos apresentavam PRNT de 91%, ante 65 e 80% dos tratamentos T3 e T4, respectivamente. Isso indica que a disponibilização de cálcio ao solo e consequentemente às plantas ocorreu de maneira mais rápida nestes tratamentos, e lembrando que na série liotrópica o cálcio possui maior capacidade de adsorção que o potássio, este último foi liberado ao solo e absorvido pelas plantas em maior quantidade que nos demais tratamentos.

Por fim, aos 135 DAE, o único elemento que diferiu estatisticamente no tecido vegetal das plantas continuou sendo o Ca, em que a mistura calcário + gesso (T2) superou o tratamento T1 com média de 8,18 g kg⁻¹.

Exceção feita ao elemento Ca na quarta amostragem de folhas, para todas as demais épocas de análise química do tecido vegetal, bem como dos parâmetros avaliados, os tratamentos T1 e T2 apresentaram os melhores resultados quanto a nutrição mineral da forrageira *U. brizantha* cv. Marandu.

Tabela 8. Avaliação nutricional do tecido foliar de *U. brizantha* cv. Marandu em quatro épocas distintas, submetidas a diferentes fontes de corretivos de acidez aplicadas superficialmente no solo (Presidente Prudente - SP, 2019).

Tratamentos	N total	P	K	Ca	Mg	S
	----- (g Kg ⁻¹) -----					
1ª Coleta de Tecido Foliar						
Calcário	20,60a	3,98a	33,48a	7,84a	7,80a	1,58a
Calcário + Gesso	21,98a	3,82a	37,68a	7,72a	7,82a	1,76a
Mineral Misto	20,16a	3,73a	37,80a	8,70a	7,60a	1,68a
Mineral Misto Micro.	19,46a	3,89a	33,40a	8,24a	7,52a	1,50a
Controle	20,68a	3,99a	29,32a	7,40a	6,66a	1,54a
F	1,00 ^{ns}	0,59 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,82 ^{ns}	1,11 ^{ns}
CV (%)	10,02	8,26	14,90	14,85	15,74	13,99
2ª Coleta de Tecido Foliar						
Calcário	19,34a	3,60ab	25,90a	6,28a	7,08a	1,52a
Calcário + Gesso	19,88a	3,56b	27,50a	5,72a	6,40a	1,46a
Mineral Misto	18,62a	3,78a	26,76a	6,12a	5,80a	1,48a
Mineral Misto Micro.	21,00a	3,75a	26,36a	6,52a	6,66a	1,48a
Controle	18,36a	3,55b	24,18a	4,96a	5,74a	1,56a
F	1,66 ^{ns}	6,54 ^{**}	0,32 ^{ns}	2,66 ^{ns}	1,69 ^{ns}	1,60 ^{ns}
CV (%)	9,45	2,54	18,92	14,14	15,49	4,71
3ª Coleta de Tecido Foliar						
Calcário	14,02a	3,47a	34,90a	10,42ab	6,70a	1,06a
Calcário + Gesso	14,00a	3,48a	25,94ab	11,62a	6,26a	1,24a
Mineral Misto	12,70a	3,49a	21,98b	7,28bc	6,32a	1,22a
Mineral Misto Micro.	14,68a	3,51a	23,44b	6,76c	5,64a	1,20a
Controle	15,38a	3,57a	23,48b	4,92c	5,50a	1,16a
F	1,39 ^{ns}	2,30 ^{ns}	4,85 ^{**}	12,19 ^{**}	0,92 ^{ns}	1,04 ^{ns}
CV (%)	13,31	1,56	20,35	21,50	19,26	13,28
4ª Coleta de Tecido Foliar						
Calcário	19,54a	3,49a	26,50a	5,12b	2,52a	1,36a
Calcário + Gesso	19,82a	3,21a	22,46a	8,18a	3,10a	1,40a
Mineral Misto	21,16a	3,57a	24,58a	7,08ab	2,84a	1,36a
Mineral Misto Micro.	21,00a	3,52a	28,06a	6,90ab	2,78a	1,38a
Controle	20,56a	3,55a	30,52a	5,50ab	2,96a	1,34a
F	0,99 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,80 ^{ns}	3,48 ^{**}	0,49 ^{ns}	0,23 ^{ns}
CV (%)	7,88	7,91	29,48	22,76	24,43	7,70

Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade respectivamente; ns = não significativo (P<0,05).

Aguiar (2019) em estudo da nutrição mineral do capim Mombaça no Estado de Minas Gerais, submetido a diferentes tipos de corretivos associados ou não com gesso e aplicados superficialmente e a lanço, observou efeito positivos para todos os macronutrientes analisados, exceção feita ao potássio.

A *U. brizantha* cv. Xaraés, quando submetidas à aplicação de calcário dolomítico, PRNT 97%, apresentou maior acúmulo de Ca e Mg. No entanto, a maior produção de matéria seca foi verificada na ausência da calagem (TIRITAN *et al.*, 2008). A correção do pH do solo por meio da calagem é um consenso no meio científico para uma série de culturas agrícolas, porém o efeito da calagem sobre a produtividade das gramíneas forrageiras ainda não elucida um consenso no meio científico (OLIVEIRA *et al.*, 2003; PAULINO; COSTA; RODRIGUES, 2006). As possíveis explicações são baseadas nas diferentes características químicas e físicas dos solos e na tolerância variável, à acidez do solo, das principais gramíneas forrageiras (QUAGGIO, 2000; MACEDO, 2005).

5.4 Parâmetros vegetativos da forrageira *U. brizantha* cv. Marandu

5.4.1 Altura de *U. brizantha* cv. Marandu

De acordo com os resultados obtidos no presente experimento e descritos na Tabela 9, observa-se que não houve diferença estatística significativa para nenhum dos tratamentos avaliados, em nenhuma época de corte estudada. Apesar de não ter havido diferença estatística, nota-se que todos os tratamentos apresentaram resultados médios absolutos superiores ao tratamento controle, mas devido o rigor da estatística clássica, não podem ser considerados maiores. É fato que mudanças no solo requerem um tempo maior e uma sucessão de cultivos para demonstrar a eficiência e eficácia de determinado produto, seja ele qual for. Sendo assim, considerando o curto tempo decorrido entre a instalação do experimento e seu término (aproximadamente 135 DAE), pode-se inferir que um tempo maior e a continuidade no cultivo são fundamentais para atestar os efeitos benéficos dos corretivos de acidez do solo no crescimento da forrageira avaliada no experimento, já que todas as tecnologias aplicadas buscam como resultado maior crescimento da pastagem e conseqüentemente, melhor desempenho animal por área.

Tabela 9. Valores médios de altura de *U. Brizantha* cv. Marandu (cm) submetidas a diferentes fontes de corretivos de acidez aplicados superficialmente ao solo (Presidente Prudente, SP, 2019).

Tratamentos	Altura das Plantas da <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu (cm)			
	1.º Corte	2.º Corte	3.º Corte	4.º Corte
Calcário	66,80a	46,00a	43,20a	41,60a
Calcário + Gesso	62,80a	47,20a	44,40a	41,40a
Mineral Misto	65,60a	49,40a	42,00a	41,20a
Mineral Misto Micronizado	63,20a	51,20a	42,60a	43,20a
Controle	60,20a	45,20a	40,80a	40,40a
F	0,35 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,12 ^{ns}
CV (%)	15,24	8,95	12,66	16,03

Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. * e ** significativas a 5% e 1% de probabilidade respectivamente; ns = não significativo (P<0,05).

Diferente dos resultados obtidos no presente experimento, Aguiar (2019) observou diferença significativa entre a aplicação de corretivos e gesso na altura de plantas do capim Mombaça quando comparados ao tratamento controle, sem diferença dentre os tratamentos que utilizaram os corretivos, bem como quanto a forma de aplicação dos produtos. Já quando o autor analisou massa seca da parte aérea, não houve diferença significativa entre os tratamentos empregados e o controle, sem a aplicação dos corretivos.

Santana (2015) avaliou a altura de plantas de *U. brizantha* cv. Marandu submetidas à aplicação de óxidos de Ca e Mg isolados ou em consórcio com fósforo e observou os melhores resultados quando aplicadas as maiores doses de óxidos associados ao fósforo.

O pouco efeito da calagem sobre o desenvolvimento da *Urochloa brizantha* cv. Marandu concorda com os resultados da Embrapa (1985) desde o ano de seu lançamento, que atribui a esta forrageira tolerância ao alumínio e ao manganês, boa adaptação a solos pobres onde responde à adubação, embora seja também recomendável para solos de média a alta fertilidade.

5.4.2 Matéria seca de *U. brizantha* cv. Marandu

Analisando os dados da Tabela 10, nota-se que o efeito dos corretivos de acidez passaram a ser visualizados após relativo tempo decorrido da aplicação dos produtos, indicando novamente que um período maior de avaliação se faz

necessário para poder concluir a eficiência dos produtos testados na produção de matéria verde e seca de *U. brizantha* cv. Marandu.

Tabela 10. Produção total de matéria seca (MS) da forrageira *U. brizantha* cv. Marandu, submetidas a diferentes fontes de corretivos de acidez aplicados superficialmente ao solo (Presidente Prudente, SP, 2019).

Tratamentos	Massa seca da parte aérea da <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu (g vaso ⁻¹)			
	1.º Corte	2.º Corte	3.º Corte	4.º Corte
	MS	MS	MS	MS
Calcário	67,33a	41,32a	64,71a	73,64a
Calcário + Gesso	61,79a	46,27a	63,60ab	83,75a
Mineral Misto	61,15a	39,78a	56,19ab	83,22a
Mineral Misto Micronizado	62,79a	48,07a	58,50ab	84,93a
Controle	60,36a	38,3a	53,18b	67,53a
F	1,36 ^{ns}	2,01 ^{ns}	3,69 ^{**}	2,91 ^{ns}
CV (%)	8,41	14,97	9,60	12,78

Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. * e ** significativas a 5% e 1% de probabilidade respectivamente; ns = não significativo (P<0,05).

No terceiro corte, o tratamento T1 que utilizou calcário superou o tratamento controle no acúmulo de MS.

Santana *et al.* (2010) avaliando a produção e qualidade de capim braquiária em solos corrigidos com calcário e escória silicatada corroboram com os resultados obtidos neste experimento, visto não terem observado diferenças significativas tanto na altura de plantas como em matéria seca da forrageira em função da aplicação dos corretivos.

Em consonância aos resultados observados, Santana (2015) realizou medição de parâmetros vegetativos, dentre eles a matéria seca da parte aérea, concluindo que a aplicação de óxidos de Ca e Mg misturados ao superfosfato simples resultaram nos maiores valores desta variável quando comparado ao tratamento controle e utilização do corretivo sem suplementação de fósforo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalhos futuros devem levar em consideração um maior tempo de coleta dos resultados, principalmente no tocante aos efeitos da aplicação de corretivos em camadas subsuperficiais considerando a velocidade natural das reações decorrentes da utilização de corretivos do solo, em especial o calcário.

7 CONCLUSÕES

A aplicação de todos os corretivos ao solo conseguiu neutralizar o Al^{3+} na camada de 0-10 cm, tanto aos 30 como aos 120 dias após a aplicação superficial, porém não obteve o mesmo resultado para a camada 10-25 cm indicando que a incorporação por qualquer meio é recomendada no sentido de produzir uma camada mais fértil na zona radicular efetiva.

Os corretivos que continham gesso em sua composição aumentaram significativamente os teores de enxofre na primeira amostragem de solo. Já os tratamentos T1 e T2 que continham em sua formulação calcário com PRNT maior forneceram ao solo maiores quantidades de Ca e Mg, bem como elevaram o pH na camada superficial.

Exceção feita ao elemento Ca na quarta amostragem de folhas, para todas as demais épocas de análise química do tecido vegetal, bem como dos parâmetros avaliados, os tratamentos T1 e T2 apresentaram os melhores resultados quanto a nutrição mineral da forrageira U brizantha cv. *Marandu*.

Não houve diferença estatística significativa para a altura da U brizantha cv. *Marandu*, em função da aplicação de corretivos de acidez aplicados superficialmente ao solo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, V. F. **Aplicação de corretivos de acidez e condicionador do solo na implantação de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça**. 2019. 37f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2019.
- ALEXANDRINO, E.; VAZ, R. G. M. V.; SANTOS, A. C. Características da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal [online]**, v. 26, n. 6, p. 886-893, 2010.
- ALVES, S. J.; FILHO, C. V. S. Espécies forrageiras recomendadas para o Paraná. *In: Forragicultura do Paraná*. Londrina: Iapar, 1996. p.181-195.
- ANDREOTTI, M. *et al.* Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um Latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum**, v. 30, n. 6, p. 109-115, 2008.
- BARDUCCI, R. S. *et al.* Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.
- BERNARDI, A. C. C.; OLIVEIRA, P. P. A.; PRIMAVESI, O. Soil fertility of tropical intensively managed forage system for grazing cattle in Brazil. *In: WHALEN, J.K. Soil fertility improvement and integrated nutrient management - a global perspective*. Rijeka, Croatia: Intechopen, 2012. p. 37-56.
- BILIBIO, W. D.; CORRÊA, G. F.; BORGES, E. N. Atributos físicos e químicos de um Latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 817-822, 2010.
- BORGES, W. L. B. *et al.* Calagem e gessagem em sistemas sustentáveis de produção de milho no noroeste Paulista. **Nucleus**, ed. esp., 2018.
- CABRAL, C. E. A. *et al.* A. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a fertilizantes nitrogenados associados ao fosfato natural reativo. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 1, p. 66-72, 2016.
- CAIRES, E. F. *et al.* Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 87-98, 2006.
- CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUJO, F. J. Lime application in the establishment of a no-till system for grain crop production in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 89, n. 1, p. 3-12, 2006.

CAIRES, E. F. *et al.* Surface liming and nitrogen fertilization for crop grain production under no-till management in Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 66, p. 41-53, 2015.

CARVALHO, T. B.; ZEN, S. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista iPecege**, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2017.

CEPEA. **PIB agronegócio**. 2018. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/pib/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

CONTE, E. D. *et al.* Rates of Agricultural Gypsum in Soil Under No-tillage System With Surface Lime in the Southern of Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 11, 2018.

CORRÊA, G. F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do planalto de Viçosa, MG**. 1984. 87f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

DIAS, L. E. *et al.* Dinâmica de algumas formas de enxofre em colunas de solos tratados com diferentes doses de fósforo e gesso. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 18, p. 373-380, 1994.

DONAGEMMA, G. K. *et al.* Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1003-1020, 2016.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. **Brachiaria brizantha v. Marandu**. Campo Grande, 1985. 31p. (EMBRAPA/CNPQC. Documentos; 21).

EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2006.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FREITAS, L. A. *et al.* Soil physical and phenological attributes of soybean in different management systems and gypsum. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 508-515, 2017a.

FREITAS, L. *et al.* Indicadores de qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **UNIMAR CIÊNCIAS**, Marília/SP, v. 26, p. 08-25, 2017b.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; DESUÓ, I. C. Atributos químicos e físicos de solo cultivado com cana-de-açúcar próximo a fragmento florestal nativo. **Holos Environment**, v. 11, n. 2, p. 137-147, 2011.

GEELHOED, J. S.; RIEMSDIJK, W. H. V.; FINDENEGG, G. R. Effects of sulphate and pH on the plant-availability of phosphate adsorbed on goethite. **Plant and Soil**, v. 197, p. 241-249, 1997.

GUELFY, D. R. *et al.* Características estruturais e produtivas do capim marandu sob efeitos de corretivos da acidez, gesso e compactação do solo. **Interciência**, v. 38, n. 9, p. 681-687, 2013.

KOPITTKE, P. M.; MENZIES, N. W. A review of the use of the basic cation saturation ratio and the "ideal" soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 71, n. 2, p. 259-265, 2007.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p. 56-84.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas : amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo, SP : Agronômica Ceres, 1992. 124 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MONTEIRO, F. A. *et al.* Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agricola**, v. 52, n.1, p.135-141, 1995.

MUNHOZ HERNANDEZ, R. J.; SILVEIRA, R. I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia Agricola**, v. 55, n. 1, p. 79-85, 1998.

NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington, D.C.: NRC, 1989. 157p.

NEIS, L. *et al.* Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, p. 409-416, 2010.

NGUYEN, M. L.; GOH, K. M. Sulphur cycling and its implications on sulphur fertilizer requirements of grazed grassland ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 49, p. 173-206, 1994.

NORA, D. N. *et al.* Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação do gesso combinado com calcário. **Magistra**, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2014.

OLIVEIRA, P. P. A. *et al.* Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1121-1129, 2005.

OLIVEIRA, P. P. A. *et al.* Liming and fertilization to restore degraded *Brachiaria decumbens* pastures grown on an entisol. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, p. 125-131, 2003.

PAULINO, V. T.; COSTA, N. L.; RODRIGUES, A. N. A. Resposta de *Panicum maximum* cv Massai à níveis de calagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. (CD-ROM).

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 575-585, 2010.

PRIMAVESI, A. C. **Características de corretivos agrícolas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 28p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos; 37)

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

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

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: IPNI, 2011.

RHEINHEIMER, D. S. *et al.* Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. **Ciência Rural**, v. 30, p. 263-268, 2000.

ROSA JUNIOR, E. J. *et al.* Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 37-44, 2006.

SANTANA, C. S. **Produtividade e nutrição do Capim Marandu adubado com fosfatos e óxidos de cálcio e magnésio**. 2015. 31 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, 2015.

SANTANA, G. S. *et al.* Atributos químicos, produção e qualidade do capim braquiária em solos corrigidos com calcário e escória silicatada. **Revista Ceres**, v. 57, p. 377-382, 2010.

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

SOUZA, F. R. *et al.* Atributos físicos e desempenho agrônomo da cultura da soja em um Latossolo Vermelho Distroférico submetido a dois sistemas de manejos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, 2010.

TIRITAN, C. S. *et al.* Resposta à calagem da *Brachiaria brizantha* submetida a diferentes doses de adubação nitrogenada. **Colloquium Agrariae**, v. 4, n. 2, p. 18-26, 2008.

VILELA, L. *et al.* Benefícios da integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2003. p. 145-170.

VITTI, G. C.; PRIORI, J. C. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao plantio direto. **Revista Visão Agrícola**, n. 9, p. 30-34, 2009.

YAGI, R.; FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A. A incorporação de calcário em sistema plantio direto consolidado reduz o estoque de carbono em macroagregados do solo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 1962-1965, 2014.

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