



UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS
CAMPUS DE ARAUGUAÍNA
CURSO DE ZOOTECNIA

ANDRESSA DA LUZ SOUSA

**MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO SOBRE O CRESCIMENTO RADICULAR
DO CAPIM MARANDU E INTERAÇÃO COM FUNGOS MICORRÍZICOS**

ARAGUAÍNA, TO

2022

Andressa da luz Sousa

**Manejo da fertilidade do solo sobre o crescimento radicular do capim marandu e
interação com fungos micorrízicos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à UFNT –
Universidade Federal do Norte do Tocantins – Campus
Universitário de Araguaína para obtenção do Título de
Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Dr. José Geraldo Donizetti dos Santos

Araguaína, TO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

L979m Luz Sousa, Andressa da.

Manejo da fertilidade do solo sobre o crescimento radicular do capim marandu e interação com fungos micorrízicos. / Andressa da Luz Sousa. – Araguaína, TO, 2022.

33 f.

Artigo de Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Zootecnia, 2022.

Orientador: Dr. José Geraldo Donizetti dos Santos

1. Calagem. 2. Simbiose. 3. Colonização. 4. Esporulação. I. Título

CDD 636

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ANDRESSA DA LUZ SOUSA

MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO SOBRE O CRESCIMENTO RADICULAR DO
CAPIM MARANDU E INTERAÇÃO COM FUNGOS MICORRÍZICOS

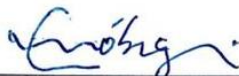
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à UFNT – Universidade Federal do Norte do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína, Curso de Zootecnia, para a obtenção do Título de Bacharel em Zootecnia e aprovado em sua forma final pelo Orientador (a) e pela Banca Examinadora.

Data de Aprovação:05/12/2022

Banca examinadora:



Prof.(a) Dr.(a) José Geraldo Donizetti dos Santos Orientador (a), UFNT



Prof.(a) Dr.(a) Elcivan Bento da Nóbrega Examinador (a), UFNT



Zootecnista João Lucas da Silva Abreu Examinador (a), UFNT

Dedico este trabalho à minha mãe, Maria Vanuza,
minha família e amigos por toda motivação ao
longo dessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por me ajudar nessa caminhada e iluminar meu caminho nos momentos difíceis, por ter me dado força e discernimento para prosseguir por esta jornada. À minha mãe, Maria Vanuza, por ter me apoiado e me incentivado para que eu chegasse até aqui, meu exemplo de vida, mulher guerreira e humilde. Aos meus colegas da UFNT, Daniel, Greicy, Jayne, Thays e Maria Leticia que estiveram sempre comigo e me ajudaram durante toda a graduação, vocês foram essências na minha trajetória. Aos professores que tive durante a graduação, que contribuíram para a minha formação, ao meu orientador Dr. José Geraldo por todo apoio. E por fim, à todas as pessoas que me ajudaram direta ou indiretamente na concretização deste trabalho.

RESUMO

O trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do manejo da fertilidade do solo, com adubação, calagem e gessagem, sobre os atributos químicos do solo, assim como sobre o crescimento radicular do capim marandu e a interação da forrageira com fungos micorrizos arbusculares (FMAs) nativos. O experimento foi conduzido na fazenda Agropastoril Frutins, localizada no município de Araguaína – TO, com início em outubro de 2021 e as amostragens realizadas em abril de 2022. O experimento foi conduzido em parcelas de 30 m² (5 x 6 m), em um delineamento em bloco casualizado - DBC, com quatro repetições. Foram sete tratamentos: Testemunha (sem correção do solo ou adubação), adubação com NPK, adubação com NPK mais calagem e mais quatro tratamentos com a combinação de adubação mais calcário com quatro doses de gesso (200, 750, 1500 e 2250 kg ha⁻¹). A calagem e a gessagem alteraram as características químicas do solo nas profundidades estudadas (0 – 20 e 20 – 40), reduziram a saturação por alumínio e elevaram o teor de Ca e pH no perfil do solo. O gesso aumentou a produção de matéria seca de raiz apenas na dose 200 kg ha⁻¹. O manejo da fertilidade de solo influenciou negativamente a colonização e esporulação dos fungos micorrizos arbusculares.

Palavras – chave: calagem, simbiose, adubação, colonização, esporulação.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of soil fertility management, with fertilization, liming and plastering, on the chemical attributes of the soil, as well as on the root growth of marandu grass and the interaction of forage with arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs) natives. The experiment was conducted at the Agropastoril Frutins farm, located in the municipality of Araguaína - TO, starting in October 2021 and the samplings carried out in April 2022. The experiment was conducted in plots of 30 m² (5 x 6 m), in a randomized block design - CBD, with four replications. There were seven treatments: Control (without soil correction or fertilization), fertilization with NPK, fertilization with NPK plus liming and four more treatments with the combination of fertilization plus lime with four doses of gypsum (200, 750, 1500 and 2250 kg ha⁻¹). Liming and plastering altered the chemical characteristics of the soil at the studied depths (0 – 20 e 20 – 40), reduced aluminum saturation and increased Ca content and pH in the soil profile. Gypsum increased root dry matter production only at the 200 kg ha⁻¹ dose. Soil fertility management negatively influenced the colonization and sporulation of arbuscular mycorrhizal fungi.

Keywords: liming, symbiosis, fertilization, colonization, sporulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Croqui da área experimental.....	18
Figura 2 - Massa seca de raiz na profundidade de 0 - 20.....	24
Figura 3 - Massa seca de raiz na profundidade de 20 - 40.....	24
Figura 4 - Massa seca total de raiz	25
Figura 5 - Colonização micorrízica.....	26
Figura 6 - Esporulação micorrízica.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do solo.....	16
Tabela 2 – Matéria orgânica e características físicas do solo.....	17
Tabela 3 - Quantidade de fertilizantes, calcário e gesso aplicada em cada tratamento.....	17
Tabela 4 - Atributos químicos do solo.....	20

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	11
2 - REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	12
2.1 - Sistema radicular Introdução.....	12
2.2 - fertilidade do solo.....	13
2.3 - Acidez do solo.....	13
2.4 - Calagem e gessagem.....	14
2.5 - Fungos micorrizos arbusculares.....	14
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
5 - CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFUCAS.....	28

1 - INTRODUÇÃO

O principal impedimento encontrado nos solos brasileiros para o desenvolvimento de raízes no subsolo é a barreira química representada pela acidez (RAIJ, 2011). Várias alterações podem ser percebidas no solo devido a acidez, que afetam direta ou indiretamente o desenvolvimento da planta, contudo, o sucesso do estabelecimento de pastagens, na maioria dos casos vai ser dependente da correção da acidez do solo (RODRIGUES et al., 2002).

Segundo Vilela et al. (2010), uma das práticas de manejo que tem a capacidade de aumentar o potencial produtivo das culturas, em função da neutralização da acidez e fornecimento de Ca e Mg, é a calagem. A correção do solo se faz com calcário. O gesso é utilizado como um importante componente, para complementar o efeito do calcário afetando as camadas mais profundas do solo, mas, não deve ser usado em substituição do calcário (RAIJ, 2011). A calagem pode diminuir os efeitos da acidez na camada superficial do solo, colaborando para melhorá-lo para as raízes. Além de eliminar a acidez do solo fornece nutrientes (Ca e Mg), aumenta a disponibilidade de outros (P, K, N, S e Mo) e promove condições favoráveis para o crescimento das plantas forrageiras, com reflexos positivos em sua composição química (COSTA et al., 2004).

Segundo Gomide & Gomide (2001) as plantas forrageiras, como leguminosas e gramíneas, são essencialmente a principal fonte para o crescimento, reprodução e à saúde dos ruminantes. Desta forma as forrageiras são de fundamental importância para eventual criação dos rebanhos. O estudo dos sistemas radiculares tem grande importância para ascender a produção da biomassa da parte aérea e a utilização pelos animais, melhorando assim a produção animal (SILVA et al., 2014).

Práticas de calagem e adubação desempenham um papel relevante para o sucesso da utilização da pastagem, objetivando a produção forrageira, eficiência de uso da forragem produzida, estabilidade da pastagem e o desempenho animal (GOMIDE & GOMIDE, 2001). De acordo com Berude et al. (2015), as práticas de manejo também exercem influência sobre a microbiota do solo em sistemas de produção agrícola, induzindo a seleção de microrganismos, de maneira positiva ou negativa, contudo solos com altas doses de fertilizantes, podem afetar a sobrevivência dos fungos nativos.

Muitos microrganismos do solo auxiliam as raízes em suas funções, deste modo a micorriza é a mais generalizada associação entre plantas e microrganismos. No presente trabalho será enfatizada as micorrizas arbusculares, devido seu papel substancial para a sustentabilidade da agricultura em regiões tropicais e sua ubiquidade. Essa associação simbiótica é vista como mutualista, pois a planta fornece ao fungo energia para seu crescimento

e manutenção enquanto o fungo proporciona a planta ampliação na capacidade de absorção de nutrientes e água (BERBARA et al., 2006).

A simbiose mutualística entre fungos micorrizos arbusculares e as plantas atuam como um complemento do sistema radicular que possibilita o aumento da superfície de absorção das raízes, aprimorando a extração de água e de íons de baixa mobilidade, como o fósforo (P), zinco (Zn) e o Cobre (Cu). Beneficiam ainda o progresso da estruturação do solo, influenciando na regeneração de áreas degradadas, diminuindo os riscos de erosão e desertificação (LAMBALIS et al., 2019). Tal processo ocorre graças ao fato de o fungo produzir estruturas denominadas hifas intra e extra radiculares, capazes de captar elementos minerais do solo (especialmente os de baixa mobilidade) e transferi-los ao ambiente radicular, onde são absorvidos.

Em solos de baixa fertilidade, a associação micorrizica proporciona um melhor aproveitamento do fertilizante fosfatado utilizado. A micorriza não substitui a adubação fosfatada, mas aumenta a eficiência de utilização pelas plantas do fósforo natural disponível, ou do adicionado ao solo pela adubação. No entanto, a contribuição micorrizica apresenta variações em função da acidez e do nível de fertilidade do solo (MIRANDA & MIRANDA, 2003).

Com base nessas informações o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento radicular do capim marandu, a interação deste com FAMs, assim como atributos químicos da fertilidade do solo, sob efeito da estratégia de manejo desta fertilidade com adubação, calagem e gessagem.

2 - REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 - Sistema radicular

O sistema radicular das plantas é grandemente influenciado pelas condições ambientais, apresentando influência no crescimento e desenvolvimento, porém, a disponibilização de nutrientes desempenha um papel essencial sobre ambos os parâmetros (JUNIOR & MONTEIRO, 2003). Para que as plantas suportem situações de estresse, como pastejo, verões e invernos intensos é crucial a formação de um sistema radicular vigoroso (ALENCAR et al., 2010).

As raízes atuam como pontos de entrada para água e nutrientes, sendo primordial para o desenvolvimento dos vegetais. Se estas raízes não alcançarem as camadas mais profundas do solo possivelmente ocorrerá limitação na absorção de água e nutrientes, desta forma, plantas cultivadas sem irrigação, necessitam de sistemas radiculares extensos para a sua produtividade. Plantas que apresentam sistemas radiculares profundos e extensos intensificam a perspectiva

de absorção de água e aumentam também o volume de utilização do solo. A água é o veículo de transferência de nutrientes e de outros elementos que são essenciais para as plantas (RAIJ, 2011).

2.2 - Fertilidade do solo

A fertilidade é definida como a habilidade de um solo para fornecer nutrientes às plantas, a presença de substâncias ou de elementos tóxicos em maiores ou menores quantidades e suas propriedades físicas. Portanto, um solo apresentando quantidades adequadas de todos os nutrientes essenciais, propriedades físicas e químicas satisfatórias e livres de materiais tóxicos em alto nível, é um solo fértil. Solos férteis são potencialmente produtivos, pois a fertilidade do solo e produtividade são características dinâmicas, podendo ser elevadas ou reduzidas ou ainda permaneceram inalteradas (MELLO et al., 1983).

A produtividade das forrageiras é dependente da interação dos fatores do solo, da planta e do clima. Em busca de aumentar a produtividade, esses fatores podem ser modificados, através do controle no manejo e correção das características naturais do solo, que podem limitar o crescimento, desenvolvimento e produção da planta (BERNARDI et al., 2015).

A baixa disponibilidade de nutrientes no solo e a elevada concentração de alumínio, normalmente são a causa da perda da potencialidade produtiva do solo. O efeito tóxico do alumínio ocorre em solos com pH abaixo de 5,5 e à medida que ocorre a redução do pH do solo a atividade do alumínio é elevada, de modo consequente os efeitos nocivos são potencializados às culturas (NOLLA & ANGHININI, 2004).

2.3 - Acidez do solo

Há algum tempo vem se demandando grande dedicação as reações químicas resultante da sensibilidade dos microrganismos vegetais ao ambiente, tal reação é uma eminente característica do solo e são identificadas como: acidez, neutralidade e alcalinidade (VITTI & PRIORI, 2009).

Em baixas condições de fertilidade natural, a acidez do solo encontra-se como principal fator que afeta o desenvolvimento do sistema radicular no subsolo, o excesso de acidez no solo provoca o não desenvolvimento das raízes nas plantas, por deficiência de cálcio ou ainda por excesso de alumínio. No entanto, quando relacionamos solo e acidez o elemento químico mais abundante é o alumínio, porém a principal fonte de íons de hidrogênio para o solo é a amônio (NH_4^+) (RAIJ, 2011).

De acordo com Santos et al. (2002), por volta de 70% dos solos cultivados no Brasil possuem alguma limitação relacionada a fertilidade. Dentre os fatores químicos que limitam de forma intensa a produção de forrageiras está a baixa disponibilidade de fósforo (P), nitrogênio (N) e a alta saturação de alumínio.

Para melhorar a acidez do solo é necessário a execução de algumas práticas corretivas, essas devem ser realizadas com o auxílio de análise de solo. A calagem é a forma mais difundida e eficaz de corrigir a acidez dos solos e fornecer nutrientes as plantas (GENAP, 2014).

2.4 - Calagem e gessagem

Um dos métodos de utilização da calagem consiste em aplicar o corretivo na superfície do solo sem a incorporação, muito comum em área de pastagem implantada ou sob plantio direto. Segundo Marques et al. (2011), esse método é contestado, pois, sabe-se que o calcário apresenta baixa solubilidade em água e baixa reatividade. Isto pode limitar a correção da acidez do subsolo, conseqüentemente limitando o crescimento radicular e a absorção de água e nutrientes pelas plantas.

Já o gesso agrícola, que pode ser um subproduto da produção de ácido fosfórico ou de origem geológica, a gipsita, contem sulfato de cálcio, tem sido uma alternativa para minimizar o problema da acidez do subsolo. Este produto é muito mais solúvel e móvel que o calcário no solo e seu efeito atinge maiores profundidades, mesmo aplicado na parte superficial do solo como produto complementar da calagem. Esse método alternativo resulta em melhor crescimento radicular e maior absorção de água e nutrientes pelas as raízes das plantas (MARQUES et al., 2011).

A correção do solo auxilia o adequado manejo de fertilizantes, o qual tem por objetivo buscar a máxima eficiência, tendo como principal preocupação melhorar as condições de disponibilidade de nutrientes no momento certo para as plantas, para que perdas por lixiviação e volatilização sejam evitadas (GENAP, 2014).

2.5 - Fungos micorrizos arbusculares

Outro processo que apresenta um importante papel para o aumento da absorção de nutrientes do solo através das raízes e para o desenvolvimento radicular das plantas é a simbiose entre as plantas e certos fungos de solo nativos. A ocorrência desta associação simbiótica acarreta na formação de estruturas conhecidas como micorrizas (SOUZA et al., 2006). As micorrizas do tipo arbuscular são um recurso biológico natural que se constitui na associação benéfica entre FMAs e as raízes da maioria das plantas superiores (MIRANDA & MIRANDA,

2003). Siqueira et al. (2002), comenta que os fungos micorrizos são encontrados em diferentes ecossistemas como florestas, desertos, dunas, savanas, campos e agrossistemas, sendo considerados habitantes comuns nos solos e colonizadores de raízes da grande maioria das plantas cultivadas e silvestres.

A interação entre fungos e plantas ocasiona intensa alteração no modo de crescimento e morfologia das porções das raízes colonizadas, fazendo com que seja possível a percepção das micorrizas. Observações microscópicas permitem a visualização da penetração dos fungos nas células corticais das raízes sem a ocorrência de danos, esse fato é o que diferencia os fungos micorrizos dos patogênicos (SOUZA et al., 2006).

As MAs apresentam três componentes, a raiz da planta hospedeira, os arbúsculos e vesículas, que são as estruturas formadas no córtex radicular e o micélio e os esporos extra radiculares (SIQUEIRA et al., 2002). Os arbúsculos são as estruturas responsáveis pelas trocas de nutrientes entre os simbioses.

As hifas intra e extra radiculares são responsáveis por iniciar nova colonização, gerar novos esporos, absorver os nutrientes e promover a agregação do solo. A rede de hifas coloniza as raízes, atuando como se fossem uma extensão do sistema radicular, desta forma a planta é beneficiada por realizar maior absorção de água e nutrientes e assim ter melhor crescimento (SIQUEIRA et al., 2002). Além disso, segundo os mesmos autores, os FMAs formam esporos assexuados responsáveis pela disseminação e ainda para sua sobrevivência como estrutura de resistência.

A contribuição exercida pela micorriza é variável em relação a acidez e ao nível de fertilidade do solo, das quantidades e espécies do FMAs contidas no solo e de quanto a cultura é dependente dessa simbiose (MIRANDA & MIRANDA, 2003). Com base nos estudos de Berude et al. (2015), as micorrizas são indispensáveis tanto para a natureza quanto para o homem, por desempenhar um papel relevante para o funcionamento e manutenção dos ecossistemas naturais e manejados. Também apresentam funções essenciais na recuperação de solos, mas, apesar de tamanha relevância as micorrizas ainda são pouco estudadas.

Os FMAs contribuem para a redução da aplicação de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, por promoverem maior absorção e utilização dos nutrientes contidos nestes compostos químicos. Além disso, intermediam a interação entre plantas em sistemas consorciados, fato que acarreta em maior viabilidade e sustentabilidade na agropecuária (SANTOS et al., 2002).

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda Agropastoril Frutins localizada no município de Araguaína – TO, com as coordenadas geográficas: latitude 7°17'32.23''S, longitude 48°7'21.35'' e altitude de 259m. Este é um experimento de longa duração e foi implantado em outubro de 2021, sendo que a primeira fase vai até abril de 2023. Os resultados apresentados neste estudo se referem a parte inicial desta primeira fase, sendo os dados coletados em abril de 2022, 6 meses após o início do estudo.

O clima da região, segundo a classificação de Koppen (1948), é tropical de verão úmido, com estação seca e chuvosa bem definidas e períodos de estiagem no inverno. Também apresenta temperaturas máximas de 40 °C e mínimas de 18 °C com umidade relativa do ar média de 76 % e precipitação anual de aproximadamente 1.828 mm.

Em relação ao solo, o mesmo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (EMBRAPA, 2013) e a forrageira utilizada foi o capim marandu (*Urochloa brizantha cv. marandu*), implantado a aproximadamente há cinco anos e manejado sob pastejo extensivo. Na tabela 1 e 2 são apresentadas as características químicas e físicas do solo da área experimental.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental, até a profundidade de 130 cm.

Profundidade	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
		mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³					----- % -----			
0-10	4.82	0.59	0.02	0.95	0.36	0.15	1.88	1.33	3.21	41.34	10.17
10-20	4.82	0.56	0.01	0.84	0.51	0.25	1.86	1.36	3.22	42.09	15.58
20-30	4.70	0.56	0.00	0.59	0.32	0.57	2.01	0.91	2.93	31.19	38.45
30-40	4.36	0.56	0.00	0.32	0.28	0.83	2.26	0.60	2.86	21.05	57.94
40-60	4.18	0.56	0.00	0.23	0.22	0.86	2.44	0.45	2.89	15.63	65.52
60-90	4.07	0.55	0.00	0.19	0.25	1.11	2.36	0.44	2.80	15.79	71.49
90-130	4.00	0.56	0.00	0.13	0.18	1.05	2.28	0.31	2.59	12.07	77.06

O experimento foi conduzido em parcelas de 30 m² (5 x 6 m), em um delineamento em blocos casualizados - DBC, com quatro repetições. Foram sete tratamentos (tabela 3), totalizado 28 parcelas. Na figura 1 é apresentado o croqui da área, com as dimensões da parcela e espaçamentos entre parcelas e blocos.

Tabela 2 – Matéria orgânica textura do solo da área experimental, até a profundidade de 130 cm.

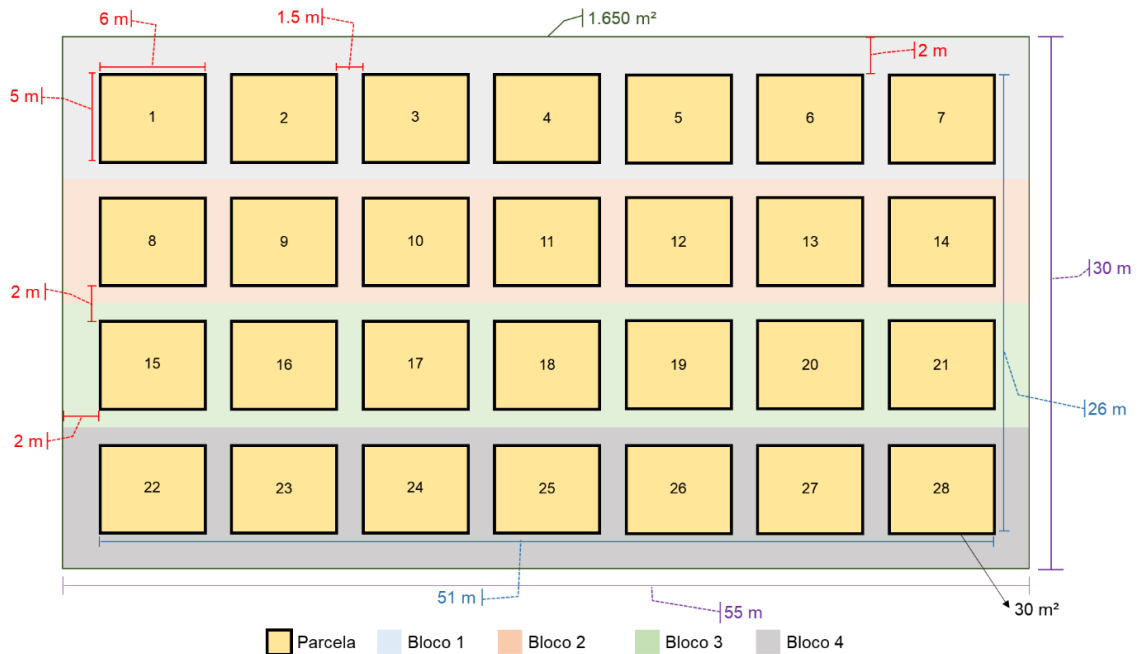
Profundidade	MO	Argila	Areia grossa	Areia fina	Silte
	g kg ⁻¹	----- % -----			
0-10	2.95	9.00	48.88	37.83	4.30
10-20	3.28	9.97	42.92	39.43	7.68
20-30	1.70	12.98	47.23	35.80	3.99
30-40	1.64	14.00	44.40	38.10	3.50
40-60	1.33	14.00	43.40	36.65	5.95
60-90	0.96	16.97	40.94	38.14	3.94
90-130	0.95	15.92	41.00	36.72	6.37

Os tratamentos foram constituídos de uma testemunha, sem correção do solo ou adubação (tratamento 1), adubação com NPK (tratamento 2), adubação com NPK mais calagem (tratamento 3) e mais quatro tratamentos com a combinação do tratamento 3 com quatro doses de gesso (tratamentos 4, 5, 6 e 7), conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de fertilizantes, calcário e gesso aplicada em cada tratamento.

Tratamento	N-P-K (kg ha ⁻¹)	Calcário (t ha ⁻¹)	Gesso (kg ha ⁻¹)
1	0	0	0
2	100-50-100	0	0
3	100-50-100	3	0
4	100-50-100	3	200
5	100-50-100	3	750
6	100-50-100	3	1500
7	100-50-100	3	2250

Figura 1 - Croqui da área experimental.



A calagem foi realizada na transição do final da estação seca para início da estação chuvosa (outubro) de 2021. Foram aplicadas $3,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico, com PRNT de 80%. A aplicação do calcário foi realizada manualmente, a lanço e individual nas unidades experimentais dos tratamentos com calcário (tabela 1).

A gessagem foi realizada logo após a aplicação do calcário, seguindo os procedimentos da calagem e a fonte utilizada foi a gipsita, a qual apresenta teores médios de 19% de Ca e 15% de S, a quantidade aplicada foi de acordo com cada tratamento (tabela 1).

As adubações foram realizadas com o objetivo de repor a baixa disponibilidade de nutrientes no solo, que totalizaram $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N, $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P e $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K. As fontes utilizadas foram a ureia (45% de N), superfosfato triplo (45% de P_2O_5) e cloreto de potássio (60% de K_2O), respectivamente.

A adubação com P foi realizada em uma única aplicação anual, sendo a mesma realizada no início da estação de chuvas (novembro de 2021). A adubação com N e K foram parceladas em duas aplicações, uma no início da estação chuvosa, junto com adução de P e a outra nos meados da estação de chuva (fevereiro de 2022), as aplicações ocorreram sempre em condição pós-corte do capim.

As amostragens de solo e raiz foram realizadas com auxílio de um trado tipo caneco seguindo a metodologia descrita em Brasil et al. (2007), na profundidade de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, em abril de 2022. Após amostragem, as raízes foram cuidadosamente lavadas em água

corrente com o objetivo de eliminar o excesso de solo aderido. Na sequência, aproximadamente meio grama de raízes finas foi submetido ao método de clarificação com KOH a 5% e posterior coloração com azul de anilina, de acordo com metodologia descrita em Colozzi-filho e Balota (1994). A porcentagem de colonização micorrízica foi determinada pelo método da placa quadriculada, em microscópio estereoscópico com aumento de até 40 x (GIOVANETT & MOSSE, 1980).

Também, na mesma camada solo de 0 - 20 cm, foi feita a contagem de esporos dos FMAs, para tal utilizando cerca de 100 cm³ de solo. A extração destes esporos foi pelo método do peneiramento úmido, seguido de centrifugação em água e também em solução de sacarose (500g dm⁻³), de acordo com metodologia descrita em Colozzi-filho e Balota (1994). Após a obtenção dos esporos, estes foram submetidos à limpeza em sonificador, com dois ciclos de 15 segundos para eliminar impurezas aderidas à parede destes esporos. A contagem dos esporos totais foi realizada em microscópio estereoscópico com aumento de até 40x.

Nas amostras de solo, na profundidade de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, também avaliou-se os atributos químicos da fertilidade do solo (MO, pH, P, K, Ca, Mg, Al e H+Al), segundo metodologia da EMBRAPA (1999).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro wilk) e à análise de variância, seguido de teste de média (t de Student) a 5% de confiança.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

As estratégias de manejo da fertilidade do solo estudadas alteram os atributos químicos do solo, principalmente na camada mais superficial de 0 - 20 cm (Tabela 04). Apenas a MO não respondeu aos tratamentos em pelos menos uma das profundidades avaliadas. Também o pH e os teores de Mg e Al não variaram entre os tratamentos na camada mais profunda de 20 – 40 cm.

O menor valor de pH foi verificado na testemunha, seguida do tratamento apenas com NPK, valores considerados de acidez elevada (MEURER, 2007). Todos os tratamentos que receberam calcário, ou seja apenas calcário ou em combinação com gesso, aumentaram o pH do solo, em relação à testemunha. Apesar de todos os tratamentos com calcários terem reduzido a acidez do solo, a níveis intermediários, estes ainda ficaram abaixo de 6,0 e podem ser considerados inadequados, apesar da correta dose de calcário, evidenciando um efeito tampão do solo (MEURER, 2007). Destaca-se ainda o fato de que, independentemente da dose, o gesso não prejudicou a ação do calcário sobre o pH, apesar de terem sido aplicados simultaneamente,

evidenciando esta estratégia como uma prática compatível e adequada do ponto de vista de manejo da fertilidade do solo (RAIJ, 2011).

Tabela 04 - Atributos do solo, em área de capim marandu (*Urochloa brizantha*), em função da correção da fertilidade do solo com calagem, gessagem e adubação de cobertura com NPK.

Tratamentos								
Profundidade	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Médias
----- MO, g dm ⁻³ -----								
0 – 20^{n.s}	1,63	1,50	1,53	1,48	1,33	1,47	1,35	1,47
20 – 40^{n.s}	0,94	1,02	0,88	0,94	1,02	0,89	1,02	0,96
----- pH -----								
0 – 20*	4,3c	4,7bc	5,2ab	5,0ab	5,2a	5,1ab	5,4a	5,0
20 – 40^{n.s}	4,2	4,4	4,3	4,2	4,3	4,5	4,5	4,3
----- P, mg dm ⁻³ -----								
0 – 20^{n.s}	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
20 – 40*	0,30a	0,30a	0,30a	0,29b	0,30a	0,30 ^a	0,30a	0,30a
----- K, cmol _c dm ⁻³ -----								
0 – 20*	0,019d	0,058a	0,040b	0,032bc	0,027cd	0,030c	0,030c	0,034
20 – 40*	0,017ab	0,026a	0,021ab	0,019ab	0,019ab	0,015b	0,021ab	0,020
----- Ca, cmol _c dm ⁻³ -----								
0 – 20*	0,63d	1,00cd	1,26ac	1,17bcd	1,45abc	1,69ab	1,81a	1,29
20 – 40*	0,33b	0,54ab	0,40ab	0,34b	0,52ab	0,72 ^a	0,72a	0,51
----- Mg, cmol _c dm ⁻³ -----								
0 – 20*	0,43abc	0,50a	0,51a	0,47a	0,45ab	0,30c	0,33bc	0,43
20 – 40^{n.s}	0,21	0,29	0,29	0,23	0,28	0,17	0,30	0,25
----- Al, cmol _c dm ⁻³ -----								
0 – 20*	0,32a	0,17bc	0,13bc	0,22ab	0,15bc	0,07c	0,18bc	0,17
20 – 40^{n.s}	0,80	0,75	0,73	0,69	0,65	0,58	0,71	0,70
----- H+Al, cmol _c dm ⁻³ -----								
0 – 20*	2,16a	1,90ab	1,28c	1,48bc	1,53bc	1,43bc	1,46bc	1,60
20 – 40*	2,45a	2,22ab	2,07ab	2,05ab	2,10ab	1,91b	2,04ab	2,13

T1= testemunha, T2= adubação com NPK, T3= NPK + calagem, T4= NPK + calagem + 200,0 kg de gesso, T5= NPK + calagem + 750,0 kg de gesso, T6= NPK + calagem + 1500,0 kg de gesso, T7= NPK + calagem + 2250,0 kg de gesso. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade. n.s.= não significativo e *= significativo a 5% de probabilidade pelo teste de t.

Este efeito do calcário apenas na camada de 0 – 20 cm do solo, pode estar associado ao fato do calcário ter sido aplicado sem incorporação, à baixa solubilidade do calcário e também a mobilidade limitada dos produtos de sua reação no solo. De acordo com Raij (2011), o calcário por ser um sal insolúvel o seu efeito direto de neutralização da acidez do solo é localizado. O fato de o gesso não ter a capacidade de elevar o pH do solo pode explicar os resultados observados para esta variável. Comportamento também observado por Pauletti et al. (2014) e Costa et al. (2007) estudando os efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no

sistema de plantio direto e atributos químicos e físicos de um Latossolo, sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem, respectivamente.

Assim como verificado para o pH, os tratamentos estudados amenizaram a acidez efetiva e potencial do solo (Al e H+Al), em relação à testemunha, principalmente na camada superficial do solo. A maioria dos tratamentos com calcário reduziram o teor de Al, assim como a adubação apenas com NPK. Mas quando se tratou da acidez potencial, o NPK apenas não teve efeito, exigindo calcário, combinado ou não com gesso, para reduzir os teores de H+Al. Efeito também mais evidente na camada superficial, assim também observado por Pauletti et al. (2014). No entanto, apesar de decorrido apenas seis meses da aplicação em superfície do calcário e gesso, já foi possível verificar a redução da acidez potencial em pelo menos um dos tratamentos com gesso, na dose equivalente a 50% da dose de calcário, ou seja 1500 Kg ha⁻¹ de gesso.

O efeito do aumento do pH na redução dos teores de Al pelas relações negativas entre ambos foi confirmado por pesquisas realizadas por Zambrosi et al. (2007), avaliando os teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. Sabe-se que o gesso é apenas um condicionador, que contribui para a diminuição do Al no solo (VALELA et al. 2010). Com a aplicação de gesso ocorre a movimentação de cátions para a subsuperfície do solo, conseqüentemente as concentrações de Ca e Mg se elevam, assim como de sulfato, diminuindo a toxidez de alumínio. Isto otimiza o ambiente do solo, permitindo ganhos na produtividade das pastagens (SOUSA et al. 2001). Resultados semelhantes, apontando decréscimo dos teores de Al, foram constatados em estudos realizados por Ferreira et al. (2013) e Valela et al. (2010).

A acidificação do solo é originada pela presença de Al trocável, isso ocorre devido a substituição de cátions trocáveis por íons H⁺ e Al, absorção de cátions básicos pelas plantas e uso de fertilizantes (RAMPIM et al.,2013). Os resultados encontrados no presente estudo corroboram com os encontrados por Soratto & Crusciol (2008), no qual estudando os atributos químicos do solo, decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado, observaram que na presença de gesso, a calagem proporcionou diminuição da acidez potencial nas camadas superficiais do solo.

O teor de bases no solo também respondeu aos tratamentos e de forma positiva, em relação à testemunha. Para o K e Mg este efeito foi mais robusto apenas na camada superficial de 0 - 20cm, já o Ca respondeu também em profundidade, principalmente quanto o gesso estava presente nos tratamentos (Tabela 1).

Para o potássio houve aumento nos teores deste nutriente, em relação à testemunha, principalmente, no tratamento que recebeu apenas NPK. Para os demais tratamentos, a maioria manteve-se maior que a testemunha, porém a combinação do NPK com calcário ou calcário + gesso, reduziu os teores do K no solo. Filho et al. (2016), estudando a influência do gesso agrícola sobre a produtividade da cultura do trigo (*triticum sativum* L.), chegaram à conclusão de que o uso de gesso não influencia na concentração dos teores de K no solo. Também relatam que o uso de gesso pode acelerar o arrasto deste nutriente para a subsuperfície do solo, porém, em nosso estudo esta afirmação não foi observada.

Para a magnésio foi observado o aumento deste nutriente nos tratamentos NPK, NPK + Calcário e NPK + Calcário + 200 Kg de gesso. O aumento do nutriente nesses tratamentos pode ser explicado pelo fato de se tratar dos tratamentos em que não foram utilizado gesso ou ainda uma pequena dose deste. Pois para os demais tratamentos, todos com doses mais elevadas de gesso, houve redução nos teores de magnésio a medida que os níveis de gesso aumentaram. Resultados desta magnitude também foram observados por Pauletti et al. (2014), sugerindo um efeito negativo de doses mais elevadas de gesso sobre este nutriente na camada mais superficial do solo, ao contrário da aplicação apenas de calcário. Foloni et al. (2008) afirmam que o excesso de gesso promove uma concentração excessiva de SO_4^- na solução do solo, podendo formar pares iônicos com cátions, a exemplo do Mg e estes podem ser translocados para camadas subsuperficiais ou indisponibilizados no solo. No entanto, este efeito é desejado quando o objetivo é melhorar a fertilidade do solo em profundidade, porém é mais evidente apenas para cálcio e pouco observado para o K e Mg (RAIJ, 2011). Segundo este mesmo autor, íons NO_3^- também podem formar par iônico com cátions e facilitar a translocação destes em profundidade no solo, o que pode ser evidenciado neste estudo ao observamos os teores de K, Mg e Ca na camada de 20-40 naqueles tratamentos que não receberam gesso.

O comportamento do Ca confirma as observações anteriormente mencionadas, principalmente em relação ao calcário e gesso, tanto na camada superficial quanto na de 20 – 40 cm de profundidade. Todos os tratamentos aumentaram o teor de Ca na camada superficial, em relação à testemunha, mesmo sem a aplicação do calcário, como o caso do tratamento apenas com NPK, no qual o Ca estava contido em pequena proporção na fonte de fósforo (supertríplo). Mas ficou evidente o efeito do aumento da dose de gesso sobre o aumento do teor de Ca no solo, já que o gesso possui cerca de 18% deste nutriente na sua composição. Outro ponto importante foi o aumento da disponibilidade deste nutriente na camada mais profunda, o qual foi dependente da presença do gesso em doses acima do dose padrão de 25% da dose do calcário. O gesso além de ocasionar a neutralização do alumínio, melhorando as condições do

ambiente para a exploração radicular, também libera no solo cálcio disponível para ser absorvido pelas plantas (AMARAL et al., 2017). Este efeito do gesso, em subsuperfície, normalmente é obtido a longo prazo, sendo comum não ocorrer no mesmo ano agrícola, no entanto doses mais elevadas de gesso podem antecipar este benefício (RAIJ, 2011), como verificado em nosso estudo.

A produção de raízes pelo capim marandu respondeu ao manejo da fertilidade do solo, tanto ao estudarmos as profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, quanto a massa seca total de raízes (Figuras 2, 3 e 4). Independentemente da profundidade, a testemunha esteve dentre os tratamentos com menor massa de raiz. Por outro lado, a testemunha não foi superior a nenhum dos demais tratamentos estudados. Apenas o tratamento Trat.04 (NPK+Calcário+200kg de gesso) aumentou a massa de raiz da forrageira, em relação à testemunha (Figuras 2, 3 e 4). Isto representou incrementos, na massa de raiz, da ordem de 40,8%, 63,6% e 45,4% nas camadas de 0 – 20 cm, 20 – 40 cm e raiz total, respectivamente. Este tratamento com menor dose de gesso, também se destacou em relação aos demais com este produto, principalmente na camada mais profunda. Este comportamento é contrastante ao acúmulo de conhecimento sobre o efeito do gesso no aprofundamento de raízes, como bem descrito por Raij (2011). Isto sugere que outros fatores foram mais determinantes para o crescimento de raízes nesta fase do estudo, que, por exemplo, o aumento do teor de Ca na camada sub-superficial apresentado na tabela 04. Também, outro fato a se destacar, que pode estar relacionado ao resultado acima descrito, foi curto período de tempo decorrido entre a aplicação do calcário e gesso e esta avaliação do experimento.

Sabe-se que em grande parte das plantas as raízes não se desenvolvem bem em solos ácidos, em consequência ao excesso de Al ou ainda por deficiência de Ca (CAIRES, 2012). De acordo com o mesmo autor, o gesso quando aplicado na superfície do solo se movimenta e alcança o subsolo, proporcionando aumento no suprimento de Ca e redução na toxicidade de Al. Realmente o Ca aumentou em subsuperfície devido a gessagem, mas o efeito sobre o alumínio ainda não foi verificado (Tabela 04) o que também pode ajudar a entender a ausência de efeito do aumento das doses de gesso sobre o crescimento radicular. O efeito do Al em níveis tóxicos sobre o desenvolvimento radicular se caracteriza pela inibição do alongamento da raiz principal, promovendo menor volume de exploração de solo pelas as plantas (GOMES, 2002). O Ca é um macronutriente secundário, o qual funciona como ativador de crescimento para as raízes e quando disponível em profundidade é essencial para estimular o crescimento radicular (BRASIL et al., 2020).

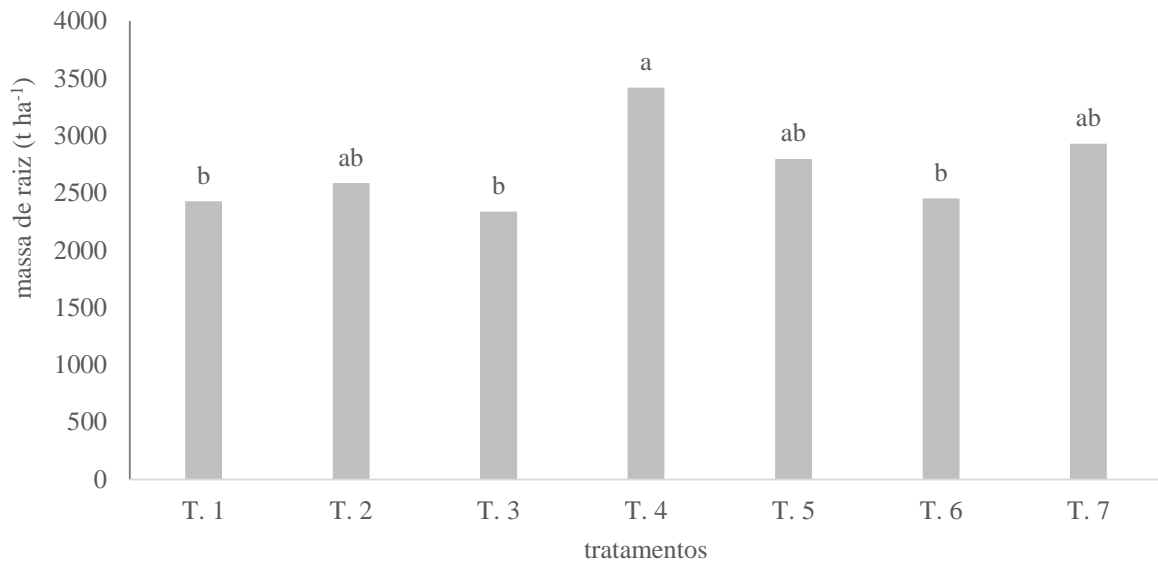


Figura 2. Massa seca de raiz na profundidade de 0 – 20, em área de capim marandu (*Urochoa brizantha*) em função da correção da fertilidade do solo. T1= testemunha, T2= adubação com NPK, T3= NPK + calagem, T4= NPK + calagem + 200,0 kg de gesso, T5= NPK + calagem + 750,0 kg de gesso, T6= NPK + calagem + 1500,0 kg de gesso, T7= NPK + calagem + 2250,0 kg de gesso. Medias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

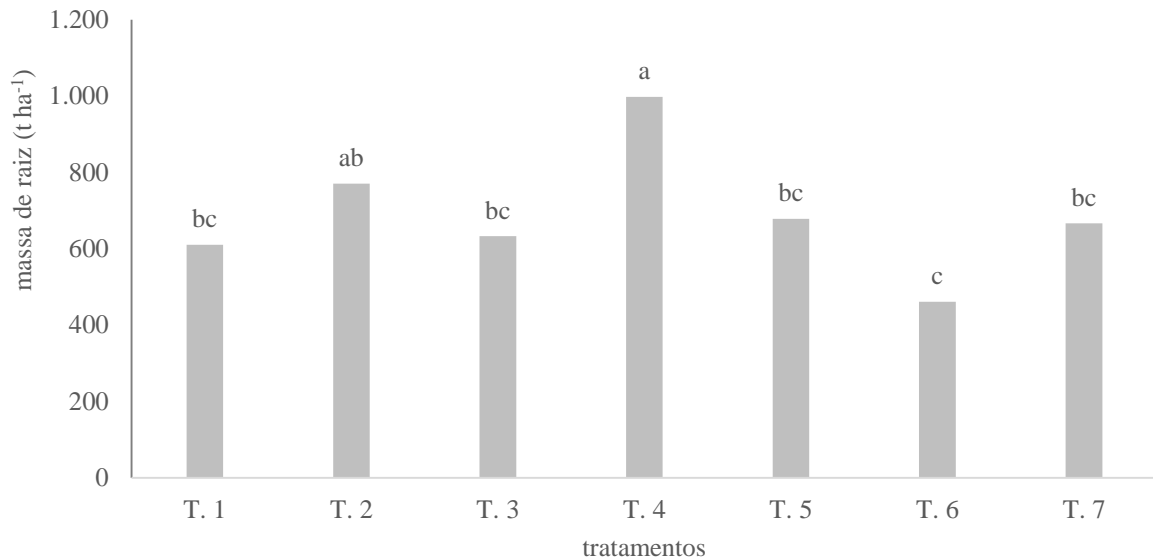


Figura 3. Massa seca de raiz na profundidade de 20 – 40, em área de capim marandu (*Urochoa brizantha*) em função da correção da fertilidade do solo. T1= testemunha, T2= adubação com NPK, T3= NPK + calagem, T4= NPK + calagem + 200,0 kg de gesso, T5= NPK + calagem + 750,0 kg de gesso, T6= NPK + calagem + 1500,0 kg de gesso, T7= NPK + calagem + 2250,0 kg de gesso. Medias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

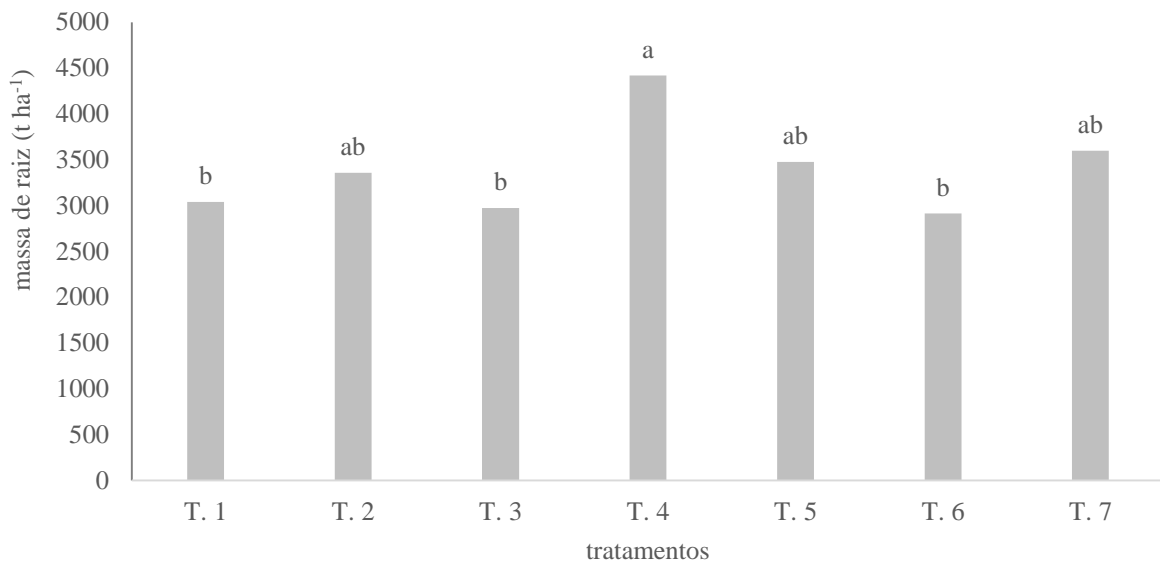


Figura 4. Massa seca total de raiz, em área de capim marandu (*Urochloa brizantha*) em função da correção da fertilidade do solo. T1= testemunha, T2= adubação com NPK, T3= NPK + calagem, T4= NPK + calagem + 200,0 kg de gesso, T5= NPK + calagem + 750,0 kg de gesso, T6= NPK + calagem + 1500,0 kg de gesso, T7= NPK + calagem + 2250,0 kg de gesso. Medias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

A colonização radicular da forrageira, pelos FMAs nativos, também foi influenciada pelo o manejo da fertilidade do solo (Figura 5). A colonização micorrízica observada no tratamento 4 foi de (21,4%), a menor taxa encontrada no presente trabalho, resultado este que foi inversamente proporcional à massa de raiz anteriormente descrita. Todos os outros tratamentos apresentaram colonização superior a 30% e equivalentes à testemunha. Cardoso et al. (1992) mostra que solos com elevada acidez, o alumínio é o principal fator antifúngico sobre a simbiose, desta maneira, o efeito da calagem sobre os FMAs geralmente é positivo. Tal fato pode explicar a menor taxa de colonização observada no tratamento 4, o qual recebeu menor dose de gesso e estimulou o maior crescimento radicular permitindo à planta uma menor dependência da simbiose com os FMAs. Cogo et al. (2020) sugerem, estudando o efeito do gesso na produtividade das raízes do cafeeiro, que o gesso agrícola proporciona um ambiente favorável para a comunidade de FMAs e aqui confirmado, porém na menor dose do produto, apenas suficiente para fornecer o nutriente enxofre para a forrageira. .

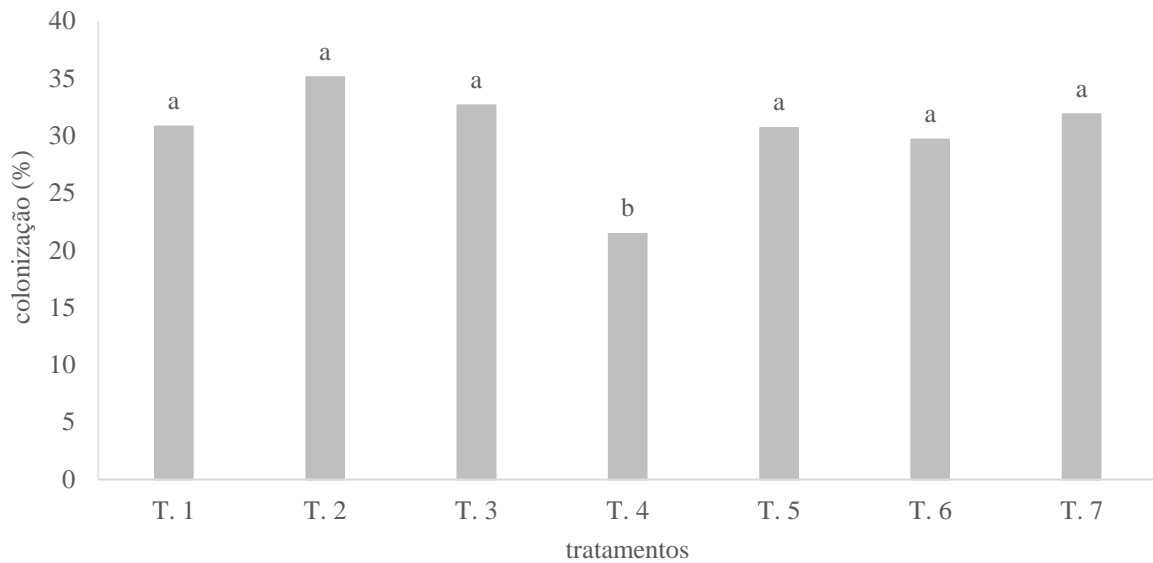


Figura 5. Colonização micorrízica do capim marandu (*Urochoa brizantha*) em função da correção da fertilidade do solo. T1= testemunha, T2= adubação com NPK, T3= NPK + calagem, T4= NPK + calagem + 200,0 kg de gesso, T5= NPK + calagem + 750,0 kg de gesso, T6= NPK + calagem + 1500,0 kg de gesso, T7= NPK + calagem + 2250,0 kg de gesso. Medias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

O manejo da fertilidade do solo influenciou a esporulação dos FMAs, nativos, associados ao capim marandu. Tanto a testemunha quanto o tratamento apenas com NPK apresentaram os maiores níveis de esporulação, seguidos pelos demais tratamentos que receberam calcário ou calcário mais gesso (Figura 6). Isso pode ser explicado pelo fato das MAs serem inibidas quando a fertilidade do solo melhora e a planta hospedeira diminui sua dependência pela simbiose, podendo ser consideradas indicadores da qualidade do solo. Isto ficou evidente pela maior esporulação na testemunha a qual pode ter sido estimulada pela não aplicação de fósforo e nitrogênio, como no demais tratamentos e também pela redução da acidez do solo quando também esteve associado o calcário como parte da estratégia de manejo.

Moreira & Siqueira (2006) mostram que o pH é um fator importante na distribuição dos FMAs e também a germinação dos esporos é inversamente proporcional a porcentagem de saturação de alumínio (v) no solo, sendo a mesma inversamente relacionada ao pH. Berbara et al. (2006) afirmam que solos apresentando alta fertilidade levam a diminuição da simbiose ou ainda da produção de hifas extra radiculares. O manejo da fertilidade do solo ocasiona redução na esporulação de FMAs, esse cenário já foi observado por Carneiro et al. (2009) em estudo dos atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado, sob diferentes sistemas de uso e manejo. Hippler & Moreira (2013), estudando a dependência micorrízica do amendoazeiro, sob efeito da adubação fosfatada, observaram que nos tratamentos sem a adição de fósforo o número de esporos foi maior que aqueles receberam 75 e 250 mg kg⁻¹ de P.

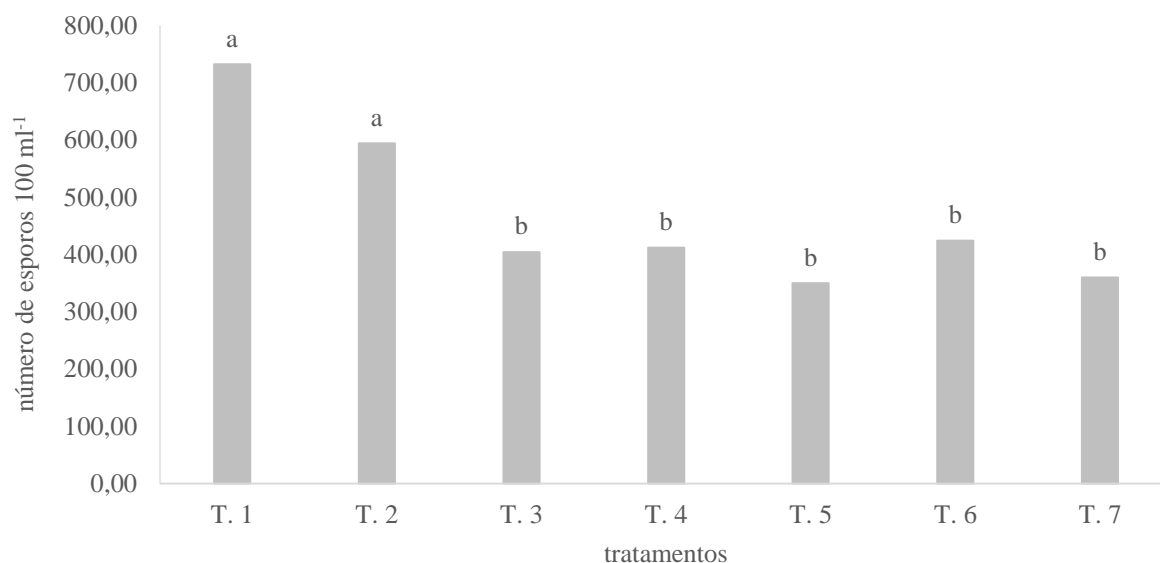


Figura 6. Esporos de fungos micorrízicos em área de capim marandu (*Urochoa brizantha*) em função da correção da fertilidade do solo. T1= testemunha, T2= adubação com NPK, T3= NPK + calagem, T4= NPK + calagem + 200,0 kg de gesso, T5= NPK + calagem + 750,0 kg de gesso, T6= NPK + calagem + 1500,0 kg de gesso, T7= NPK + calagem + 2250,0 kg de gesso. Medias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

É sabido que as MAs são favorecidas em solos que apresentam baixa fertilidade e geralmente são inibidas em solos que apresentam condições elevadas de fertilidade. Balota et al. (2011) estudando a resposta da acerola à inoculação de FMAs, em solo com diferentes níveis de fósforo, observaram diminuição na colonização micorrizica à medida que houve adição de P. Também afirmam que plantas com boa nutrição tem mecanismos para reduzir o desenvolvimento e/ou atividade dos FMAs nas raízes, com o intuito de amenizar o custo energético gasto na manutenção dos fungos. Quando as plantas apresentam teores de P abaixo do necessário para seu crescimento a taxa de colonização radicular dos fungos é elevada, em contra partida, a medida em que a concentração de P se eleva, a colonização diminui, ou seja, em níveis elevados de P os benefícios que a simbiose proporciona para a planta não são de certa maneira tão necessários e desta forma a colonização é inibida.

5 - CONCLUSÃO

As estratégias de manejo estudadas são capazes de alterar as características químicas do solo, principalmente na camada mais superficial e sob efeito da calagem e associação com gesso, ao reduzirem a saturação por alumínio e elevar os valores de pH e teor de Ca.

O gesso estimula a produção de raízes pela forrageira, porém apenas na dose 200 kg ha⁻¹ sugerindo que as doses elevadas de gesso não proporcionam um ambiente favorável para o desenvolvimento de raiz na fase inicial do processo de correção do solo.

A melhoria da fertilidade do solo, principalmente sobre efeito da calagem e gessagem influencia negativamente a colonização e esporulação dos fungos micorrizos arbusculares em associação ao capim marandu.

REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, C. A. B.; OLIVEIRA, R. A.; C, A. C.; M, C. E.; CUNHA, F. F. Comportamento do sistema radicular de capins manejados por pastejo submetidos a diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia na agricultura**, Minas Gerais, v. 18, n. 5, p. 429-437, 2010.

AMARAL, L. A.; ASCARI, J. P.; DUARTE, W. M.; MENDES, I. R. N.; SANTOS, E. S.; JULIO, O. L. L. Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas no solo. **Revista Agrarian**, Dourados, v.10, n.35, p. 31-41, 2017.

BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N. M. C. Resposta da acerola à inoculação de micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Solos e Nutrição de Plantas**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 166-175, 2011.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA H. M.A.C. Fungos Micorrizicos Arbusculares: **Muito Além da Nutrição**, Viçosa, p. 54-79, 2006.

BERNARDI, A. C. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMSU, R. Y. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília**, v. 32, n. 1/2, p. 211-227, jan./ago. 2015.

BERUDE, M. C.; ALMEIDA, D. S.; RIVA, M. M.; CABANÊZ, P. A.; AMARAL, A. A. Micorrizas e sua importância agroecológica. **Enciclopédia biosfera, centro científico conhecer**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 132-146, dez, 2015.

BRASIL, Edilson Carvalho; DO VALLE LIMA, Eduardo; DA SILVA CRAVO, Manoel. Uso de gesso na agricultura. **Embrapa Amazônia Oriental-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2020.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 1029-1040, 2001.

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

CAIRES, EDUARDO FÁVERO. Calagem e uso de gesso em Sistema Plantio Direto. **Revista Plantio Direto**, p. 38-45, março/abril de 2012.

CARDOSO, E. J. B. N.; NEVES, M. C. P. (Org.). Microbiologia Do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 1992.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S. & AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:147–157, 2009.

COGO, F. D.; SAGGIN JUNIOR, O. J.; GUIMARÃES, P. T. G.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. High rates of agricultural gypsum affect the arbuscular mycorrhiza fungal community and coffee yield. **Soil And Plant Nutrition**, Campinas, v. 79, n. 4, p. 612-622, 2020.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E.L. Micorrizas Arbusculares. In. HUNGRI, M.; ARAUJO, R.S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**, Brasília: EMBRAPA-SPI, p. 383-418, 1994.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; RODRIGUES, A. N. A.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHAES, J. A. Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia. **Embrapa Rondônia**, Porto Velho, p. 84-119, 2004.

COSTA, M. J.; JUNIOR, E. J. R.; ROSA, Y. B. C. J.; SOUZA, L. C. F.; ROSA, C. B. J. Atributos químicos e físicos de um Latossolo sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, p. 701-708, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 3 ed. ver. ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição Mineral De Plantas. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, 2006.

FERREIRA, A. O.; AMADO, T. J. C.; NORA, D. D.; KELLER, C.; BORTOLTTO, R. P. Mudança no conteúdo de carbono e cálcio em latossolo melhorado por gesso e calcário no rio grande do sul. **Ciencia del suelo**, Argentina, v. 31, n. 1, p. 1-13, 2013.

FILHO, E. S.; GASPAROTTO, F.; TANIMOTO, S.; RAMARI, T. O. I.; ZANETTI, M. A. Influência de diferentes doses de gesso agrícola sobre a produtividade da cultura do trigo (*triticum sativum* l.). **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações. v. 14, n. 2, p. 442-449, ago./dez. 2016.

FOLONI, J. S. S.; SANTOS, CRESTE, D. H.; J. E.; CÂMARA, M.; TIRITAN, C. S. Produção de matéria seca do milho e fertilidade do solo em função da gessagem em excesso. **Colloquium Agrariae**, v. 4, n.2, p. 42-51. Dez. 2008.

GENAP, HEINRICHS, R.; FILHO, C. V. S. II simpósio de adubação e manejo de pastagens. **Adubação e manejo de pastagens**, birigui - SP, ed. 1, p. 1-35, 2014.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil wet sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 235-244, Apr. 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. “An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots.” **The New Phytologist**, vol. 84, n. 3, p. 489–500, 1980.

GOMES, F. T. Nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de alfafa em resposta a doses de calcário, com diferentes relações cálcio: magnésio. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 925-930, 2002.

GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. Utilização e manejo de pastagens. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 808-825, 2001.

HIPPLER, F. W. R.; Moreira, M. Dependência micorrízica do amendoizeiro sob doses de fósforo. *Bragantia*, Campinas, v. 72, n. 2, p.184-191, 2013.

JUNIOR, J. L.; MONTEIRO, F A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, São Paulo, v. 32, n. 5, p. 1068-1075, 2003.

KÖPPEN, W. Climatologia. Pánuco. **Fondo de Cultura Económica**, p. 487, 1948.

LAMBAIS, E. O.; MEIRA, M. J. B.; MACEDO, R. S.; BAKKER, A. P. Quantificação de esporos de fungos micorrizicos arbusculares em uma topossequência de uma mata em regeneração. **Anais I CONIMAS e III CONIDIS**. Campina Grande: Realize Editora, 2019.

MARQUES, R. R.; CRUSCIOL, C. A. C.; CASTRO, G. S. A.; PERIM, L. Water-soluble nutrients in aerial plant parts of peanut and white oat as affected by lime and gypsum application. **Revista brasileira de ciência do solo, São Paulo**, v. 35 n. 2, p. 513 – 522, 2011.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. C. Fertilidade do solo. São Paulo: Nobel, 1983.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o Crescimento e o Desenvolvimento das Plantas. In: Novais, R. F.; Alvares. V.V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. (Ed). Fertilidade do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, p. 66-86. 2007.

MIRANDA, J.; MIRANDA, L. N. Contribuição da micorriza arbuscular na resposta das culturas á calagem e adubação fosfatada em solos de cerrados. **Embrapa - comunicado técnico 89**, Planaltina-DF, v. 1, p. 1-3, março, 2003.

MIRANDA, J. C. C. Cerrado: micorriza arbuscular: ocorrência e manejo. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, DF: ed. 2, 2012.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2. Ed. Lavras: editora UFLA, 2006.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 6, nº 1, p. 97 – 111, Jan./Jun. 2004.

PAULETTI, V.; PIERRI, I.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 495-505, 2014.

RAIJ, BERNARDO VAM. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. International Plant Nutrition Institute. **Informações agrônômicas**, Piracicaba, n. 135, 2011.

RAMPIM, L.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F. Fósforo e enxofre disponível, alumínio trocável e fósforo remanescente em latossolo vermelho submetido ao gesso cultivado com trigo e soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1623-1638, jul./ago. 2013.

RODRIGUES, J. F.; GUEDES, G. A. A.; FERREIRA, M. M.; EVANGELISTA, A. R. Influência da combinação calcário-gesso agrícola na produção de matéria seca do sistema radicular e da parte aérea do capim andropogon (*andropogon gayanus* kunth var. *Bisquamulatus* cv. Planaltina). **Ciência Animal Brasileira**. v. 3, n. 2, p. 1-6, jul./dez. 2002.

SANTOS, Í. P.; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; MORAIS, A. R.; SANTOS, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *brachiaria brizantha* e *arachis pintoi* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Minas Gerias, v. 31, n. 2, p. 605-616, 2002.

SILVA, G.L.S.; CARNEIRO, M. S. S; FURTADO, F. M. V., SANTOS, F. J. S.; SILVA, M. S., COSTA, N. L.; MAGALHÃES, J. A. Algumas considerações sobre o sistema radicular de plantas forrageiras. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v. 8, n. 6, ed. 255, art. 1687, 2014.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; Stürmer, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 25, p. 12-21, março/abril 2002.

SOUSA, D. M. G.; LOURIVAL, V.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. Uso de gesso, calcários e adubos para pastagens no cerrado. **Planaltina: Embrapa Cerrados**, n. 12, p.22, 2001.

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.

SOUTO, S.M.; PAULA, M.A.; FRANCO, A.A. Micorrizas vesicular arbusculares em plantas forrageiras - Aspectos agrônômicos e interações microbiológicas. **Seropédica: EMBRAPA-CNPBS**, p. 29, 1992.

SOUZA, V. C.; SILVA, R. A.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 612–618, 2006.

VILELA, L. C.; SANTOS, A. C.; BARRETO, P. M.; BRITO, S. S.; SILVA, OLIVEIRA, J. E. C.; L. B. T. Propriedades químicas de Latossolo Vermelho em função da aplicação de gessagem e calagem. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 8, n. 1, p. 19-27, 2010.

VITTI, G. C.; PRIORI, J. C. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao Plantio Direto. **Visão agrícola**, São Paulo, n. 9, p. 30-34, julho/dezembro, 2009.

ZAMBROSE, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em latossolo sob sistema plantio direto. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.3, p.487-495, 2007.