

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

IZABELA RODRIGUES SANCHES

Engenheira Agrônoma

**DESEMPENHO DE MILHO SEGUNDA SAFRA CONSORCIADO COM *Urochloa*
spp E SOJA EM SUCESSÃO EM PROFUNDIDADES DE CORREÇÃO DO SOLO
EM CONDIÇÃO DE SEQUEIRO OU IRRIGADO**

Ilha Solteira

2019

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

IZABELA RODRIGUES SANCHES

Engenheira Agrônoma

**DESEMPENHO DE MILHO SEGUNDA SAFRA CONSORCIADO COM *Urochloa*
spp E SOJA EM SUCESSÃO EM PROFUNDIDADES DE CORREÇÃO DO SOLO
EM CONDIÇÃO DE SEQUEIRO OU IRRIGADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira como parte dos
requisitos para obtenção do título de Mestre.
Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Edson Lazarini
Orientador

Ilha Solteira

2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S211d Sanches, Izabela Rodrigues.
Desempenho de milho segunda safra consorciado com *Urochloa* spp e soja em sucessão em profundidades de correção do solo em condição de sequeiro ou irrigado / Izabela Rodrigues Sanches. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019
68 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2019

Orientador: Edson Lazarini
Inclui bibliografia

1. Acidez do solo. 2. Palhada. 3. Consórcio.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Administração de Arquivo e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CEBIS - 9999



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Desempenho de milho segunda safra consorciado com *Urochloa* spp e soja em sucessão em resposta a profundidades de correção do solo em condição de sequeiro e irrigação suplementar

AUTORA: IZABELA RODRIGUES SANCHES

ORIENTADOR: EDSON LAZARINI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. EDSON LAZARINI
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Profª Drª ELISÂNGELA DUPAS
Faculdade de Ciências Agrárias / Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Ilha Solteira, 20 de dezembro de 2019

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais Eliane e Claudio, essa vitória é nossa!

OFEREÇO

Aos meus avós, meu irmão Lucas, Sabrina, Tia
Silvânia e Tio Marcelo por tudo que representam em
minha vida!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida e graças recebidas, por se fazer presente em todos os momentos, iluminando o caminho, fortalecendo minha fé e sendo meu refúgio.

À Nossa Senhora Aparecida por intercessão junto a Deus.

Aos meus pais Eliane Aparecida Rodrigues dos Santos Oliveira e Claudio Foratini de Oliveira, que nunca pouparam esforços para me apoiarem na busca por meus sonhos, sempre incentivando a seguir em frente. Agradeço pela criação, pela vida, pelo fortalecimento nos dias difíceis e por todo amor incondicional e carinho que nunca deixaram faltar. Ao meu irmão Lucas Della Libero Foratini, pela parceria e companhia.

Aos familiares, que sempre se fizeram presente, em cada palavra de amor e almoço de domingo, agradeço por tudo que fizeram e fazer por mim. Vocês estão em meu coração.

Ao meu namorado e companheiro Eduardo Augusto Pontes Pechoto que está sempre comigo, mesmo à distância, todos os dias, com um sorriso no rosto e palavras de incentivo, fé e amor, sempre nos motivando a ir atrás dos nossos sonhos. A você Du, agradeço por todo amor, zelo e carinho em todo o tempo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson Lazarini, pelo apoio, companheirismo, profissionalismo e pela confiança em mim depositada. Agradeço, por todo o ensinamento, seja técnico, científico e/ou de vida. Levarei toda experiência que me proporcionou por toda a minha caminhada!

Sinto-me honrada por ter sido sua orientada. Deus o abençoe!

À Equipe Edson pela ajuda na condução dos trabalhos, tornando tudo mais fácil e animado, em especial, Fabiana Lopes dos Santos, Lucas Parra Fenelon, Hugo Henrique Meneghette e João William Bossolani.

À minha banca do exame de qualificação Prof. Dr. Marcelo Minhoto Carvalho Teixeira Filho e Prof. Dra. Raissa Pereira Dinalli pelas considerações feitas ao trabalho. Em especial, à Raissa por todo apoio e carinho durante esta etapa.

Aos amigos que se fizeram presente nessa jornada Maria Gabriela Andrade, Thais Lana Lobo, Maria Julia Troleis, Tainá Padilha, Fernando Buzo, Cesar Buranello, Emanuele Possas, Gabriela Noronha, Lucas Garé, Otávio Pechoto, Rafaela Marega, Daniely Aragão e Letícia Zylmennith pela companhia, carinho, inestimável ajuda e por fazerem meus dias mais alegres. Em especial Gabi e Maju por todos os momentos em que estivemos juntas e por me fortalecerem todos os dias!

À Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, meu agradecimento pelas condições oferecidas e possibilidade de engrandecimento profissional.

À Fazenda de Ensino e Pesquisa e Extensão, assim como a todos os funcionários, pela concessão da área experimental e condições para a realização do trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Até aqui nos ajudou o Senhor.” (I Samuel 7:12)

RESUMO

A correção dos solos é uma prática muito importante que visa diminuir os efeitos nocivos da acidez e promover melhor desenvolvimento das plantas garantindo o potencial produtivo agrícola. Neste sentido, objetivou-se avaliar o estado nutricional e produtividade do milho (*Zea mays*) em monocultivo e/ou consorciado, desenvolvimento das raízes de *Urochloa* spp e massa seca produzida, bem como produtividade e estado nutricional da soja (*Glycine max* L. Merrill) em sucessão em função de combinações de correção química do solo sob condição de sequeiro e irrigação suplementar via pivô central em LATOSSOLO VERMELHO distrófico. O experimento foi conduzido no município de Selvíria, MS, Brasil na segunda safra/18 e safra 18/19. O delineamento estatístico foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos de correção foram dispostos nas parcelas (T (controle), gesso, calcário (0 - 0,2 m); calcário+gesso (0 - 0,2 m); calcário (0 - 0,4 m); calcário+gesso (0 - 0,4 m)), e as subparcelas foram ocupadas milho solteiro, milho consorciado com *U. ruziziensis* ou consorciado com híbrido Mulato II (híbrido de *Urochloa* spp) e soja em sucessão na safra seguinte. Os maiores comprimentos de raízes foram obtidos pela *U. ruziziensis* em área de sequeiro enquanto que em área com suplementação o híbrido Mulato II foi superior. O híbrido Mulato II apresenta maior diâmetro de raiz, sendo indicado para solos compactados. Os consórcios de milho com *Urochloa* spp produziram quantidades de palhada suficientes para início e/ou manutenção do plantio direto em região de Cerrado. O consórcio é indicado, pois não altera a produção de grãos de milho, proporciona proteção do solo na entressafra e beneficia a produtividade da soja em sucessão. Em virtude do tempo necessário para reação dos corretivos, apenas na cultura da soja foi possível obter resultados consistentes sobre adição de calcário e gesso ao solo. A aplicação de calcário para correção do solo até 0,2 m é o tratamento indicado levando em conta o custo-benefício, proporcionando resultados satisfatórios em área de sequeiro ou irrigado.

Palavras-chave: Acidez do solo. Palhada. Consórcio.

ABSTRACT

Soil correction is a very important practice to reduce the harmful effects of acidity and promote better plant development ensuring the agricultural productive potential. In this sense, the objective was to evaluate the nutritional status and yield of maize (*Zea mays*) in monoculture and / or intercropped, root behavior of *Urochloa* spp and dry mass produced, as well as productivity and nutritional status of soybean (*Glycine max* L. Merrill) in succession as a function of soil chemical correction combinations under rainfed condition and supplementary irrigation via central pivot in Oxisol. The experiment was carried out in Selvíria, MS, Brazil in the second crop/ 18 and 18/19 crop. The experimental design was in a randomized block with subdivided plots and three replicates. . Correction treatments were arranged in the plots (T (control), gypsum, lime (0 - 0.2 m), lime+gypsum (0 - 0.2 m), lime (0 - 0,4 m), lime+gypsum (0 - 0.4 m)), and the subplots were occupied single maize, maize intercropped with *U. ruziziensis* or intercropped with Mulato II hybrid (*Urochloa* spp hybrid) and soybean in succession in the next crop. The highest root lengths were obtained by *U. ruziziensis* in rainfed area while in supplemented area the hybrid Mulato II was superior. The Mulato II hybrid has a larger root diameter, being indicated for compacted soils. The maize intercropping with *Urochloa* spp produced enough straw to start and / or maintain no-tillage in the Cerrado. The intercropping of maize with grass is indicated because it does not alter the yield of corn besides providing protection of the soil in the off season, and benefits soybean in succession. Due to the time necessary for the reaction of the correctives, only in soybean culture it was possible to obtain consistent results on the addition of lime and gypsum in the soil. Liming for soil correction up to 0.2 m is the treatment recommended when taking into account the cost-benefit, providing satisfactory results in rainfed or irrigated areas.

Keywords: Soil acidity. Straw. Intercrop.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1	Acidez do solo	12
2.2	Calagem.....	13
2.3	Gessagem.....	13
2.4	Calagem associada à gessagem	14
2.5	Consórcio de milho com forrageiras	15
2.6	Soja em sucessão ao consórcio	17
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1	Amostragem e análises na cultura do milho.....	20
3.2	Amostragem e análises das forrageiras.....	21
3.3	Amostragem e análises na cultura da soja.....	21
3.4	Análise estatística.....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1	Comprimento do sistema radicular das forrageiras	23
4.2	Diâmetro médio de raiz das forrageiras.....	27
4.3	Estado nutricional da cultura do milho em área de sequeiro	28
4.4	Estado nutricional da cultura do milho em área irrigada	32
4.5	Produção de massa seca das forrageiras e grãos de milho	36
4.6	Estado nutricional da cultura da soja em área de sequeiro.....	42
4.7	Estado nutricional da cultura da soja em área irrigada.....	47
4.8	Produtividade de grãos de soja.....	53
5	CONCLUSÕES	56
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A acidez do solo é um dos fatores mais limitantes à produtividade das culturas no mundo. A correção dos solos para a produção agrícola em áreas intemperizadas é uma prática obrigatória para diminuir os efeitos nocivos da acidez e promover melhor desenvolvimento e produtividade das plantas, garantindo o potencial produtivo agrícola destas regiões (RAIJ, 2011). Entre os fatores da acidez, a toxicidade de alumínio (Al) e a deficiência de cálcio (Ca) têm sido relatadas como as mais relevantes restrições ao crescimento radicular (NATALE *et al.*, 2012).

A calagem, prática utilizada na neutralização da acidez do solo, é capaz de aumentar a disponibilidade de nutrientes, reduzir o teor de elementos tóxicos, além de elevar a saturação por bases (V%) melhorando, assim, o ambiente radicular, restaurando a capacidade produtiva dos solos agrícolas (CAIRES *et al.*, 2005; NATALE *et al.*, 2007; RAIJ, 2011).

A ação do calcário tem efeitos limitados à superfície do solo devido à sua baixa mobilidade, solubilidade e produtos obtidos à partir da reação (RAMPIM *et al.*, 2011). A melhoria das condições do solo abaixo das camadas superficiais pode ser um fator de aumento e/ou estabilidade de produtividade das culturas (COSTA, 2015). Portanto, o fornecimento de Ca^{2+} e Magnésio (Mg^{2+}) e a redução da forma livre de Al^{3+} nas camadas do subsolo têm um papel importante na produtividade das culturas em áreas afetadas pela acidez e períodos secos nas regiões de Cerrado (COSTA *et al.*, 2018).

Neste contexto, o gesso agrícola tem sido recomendado como alternativa para diminuir a atividade do Al^{3+} e aumentar o V% em camadas subsuperficiais, possibilitando o maior desenvolvimento radicular e maior exploração do solo pelas raízes (SORATTO; CRUSCIOL, 2008; SILVA *et al.*, 2015). A calagem associada ao uso de gesso proporciona aumento de fitomassa das culturas e, conseqüentemente, de palhada deixada na superfície do solo (COSTA, 2015). A proteção do solo, advinda da presença de resíduos vegetais, é importante para sua qualidade física, química e biológica, atuando tanto na proteção da superfície quanto no aporte de fitomassa proveniente da parte aérea e raízes (SOUZA *et al.*, 2014)

Plantas produtoras de grãos consorciadas com espécies de *Urochloa*, as quais possuem alta relação Carbono:Nitrogênio, resultam em decomposição lenta, o que aumenta a longevidade da cobertura do solo, possibilitando o cultivo em regiões mais

quentes com aceleradas taxas de decomposição (JAKELAITIS *et al.*, 2005; TIMOSSI; DURAN; LEITE, 2007; ROSOLEM; PIVETTA, 2017).

O sistema radicular das forrageiras pode chegar a grandes profundidades, favorecendo a tolerância à deficits hídrico e contribuindo de forma significativa para a ciclagem de nutrientes que estão nesta faixa e, geralmente, não são explorados pelas raízes do milho e da soja (CECCON *et al.*, 2013; CORREIA; LEITE; FUZITA, 2013; ALMEIDA *et al.*, 2018). Assim, as gramíneas têm bom desempenho em condições de seca nas quais a maioria das culturas de grãos ou outras culturas de cobertura não se desenvolvem bem (CASTRO *et al.*, 2015; CRUSCIOL *et al.*, 2015).

Em vista do exposto, a melhoria do solo por meio do uso de corretivos, o uso de plantas de cobertura consorciadas com a cultura de importância econômica bem como o estudo do desenvolvimento das forrageiras perante os tratamentos são de extrema importância, pois estas últimas constituem um componente importante no sistema no que diz respeito à ciclagem de nutrientes e melhorias no ambiente para a cultura subsequente.

Diante da importância da associação de culturas produtora de grãos com forrageiras e correção dos solos cultiváveis, objetivou-se avaliar o estado nutricional e produtividade do milho em monocultivo e/ou consorciado, comportamento das raízes e massa seca de parte aérea de *Urochloa ruziziensis* e híbrido Mulato II, bem como produtividade e estado nutricional da soja em sucessão em função de combinações de correção química do solo sob condição de sequeiro e irrigação suplementar via pivô central.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Acidez do solo

No Brasil, o cerrado é a principal região produtora de grãos do país, ocupando cerca de 205 milhões de hectares correspondendo a 23% do território nacional, onde grande parte dos solos dessa região são Latossolos (46%), Neossolos (15%) e Argissolos (15%). As classes Latossolos e Argissolos são solos profundos, altamente intemperizados e com baixa fertilidade natural, o que promove interferência direta na disponibilidade de nutrientes para as plantas se desenvolverem e atingirem altas produtividades (BOTTEGA *et al.*, 2012).

Os minerais coloidais encontrados na fração argila destes solos são responsáveis por importantes reações físicas e químicas dos solos, entre elas está o processo de adsorção de íons da solução do solo. Neste contexto, o fósforo (P) tem sido objeto de estudo, por ser o macronutriente que mais eleva os custos de produção e por ser limitante na produção de biomassa em solos tropicais devido sua indisponibilidade em solos intemperizados (ROLIM NETO *et al.*, 2004). Para que ocorra adequada absorção de P, crescimento e produtividade das culturas deve haver a minimização da exposição do P ao fenômeno da fixação promovido por óxidos e hidróxidos de Fe e Al (SOUSA *et al.*, 2011).

Apesar dessas características negativas, quando as limitações químicas são eliminadas pela aplicação de corretivos da acidez do solo e utilização de adequadas quantidades de fertilizantes, as produtividades das culturas obtidas nesses solos situam-se entre as maiores do mundo (SANCHEZ; SALINAS, 1981). Em condições de acidez elevada há redução da produtividade das plantas cultivadas, pois, há limitações químicas para o crescimento radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes pelas plantas (MEURER *et al.*, 2012).

Os solos podem ser naturalmente ácidos, em função do seu material de origem, ação do intemperismo constante, característica de solos tropicais ou mediante manejo inadequado dos solos, levando à perda de elementos básicos como o Potássio (K^+), Cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+}). Os solos podem ter sua acidez aumentada quando a lixiviação de bases trocáveis, das camadas superficiais para as mais profundas, está associada à retenção de cátions de maior valência, como o Al, nos sítios de troca das argilas, óxidos e hidróxidos de Ferro e Alumínio e da matéria orgânica do solo (MOS)

(MEURER *et al.*, 2012; COSTA *et al.*, 2015). Sendo assim, a prática da calagem torna-se extremamente importante no manejo da fertilidade do solo.

2.2 Calagem

A calagem é a prática mais comumente utilizada no âmbito de correção de acidez, sendo o calcário, o corretivo mais empregado. Quando em contato com a água, este corretivo libera Ca^{2+} , Mg^{2+} e CO_3^{2-} e esta é a base química, ou seja, o componente que proporciona a formação de OH^- é o CO_3^{2-} (e posteriormente o HCO_3^-). O OH^- produzido neutralizará o H^+ da solução do solo, responsável pela acidez. Dessa forma, a aplicação de calcário leva ao incremento dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} e neutralização da toxidez por Al^{3+} e Mn^{2+} pelo aumento do pH (MEURER *et al.*, 2012; CRUSCIOL *et al.*, 2013) aumentando a eficiência dos fertilizantes, resultando ainda em diminuição da capacidade de fixação do P.

Neste sentido, a aplicação de calcário favorece o desenvolvimento do sistema radicular e o melhor aproveitamento dos nutrientes refletindo em maior produtividade e rentabilidade econômica das culturas (NICOLODI; ANGHINONI; GIANELLO, 2008; SORATTO; CRUSCIOL; MELLO, 2010; CASTRO; CRUSCIOL, 2013). A calagem também pode elevar a atividade microbiana (EKENLER; TABATABAI, 2003; MIJANGOS *et al.*, 2010), promovendo em curto prazo a decomposição mais acelerada da MOS (YAO *et al.*, 2009) e em longo prazo a maior disponibilidade do íon Ca^{2+} na solução do solo.

A velocidade de solubilização do calcário, com a consequente disponibilização de Ca, Mg e neutralização da acidez, depende, além de sua granulometria, da dose aplicada, da umidade e do contato deste corretivo com o solo (GONZALES ERICO *et al.*, 1979; ALCARDE; RODELLA, 2003). Devido à baixa solubilidade, os produtos da reação do calcário com o solo têm mobilidade limitada, e a ação da calagem normalmente fica restrita às camadas superficiais do solo (CAIRES; JORIS; CHURKA, 2011).

2.3 Gessagem

Outro problema bastante comum, principalmente na região do Cerrado, é a deficiência de cálcio na subsuperfície do solo, camada de 0,2 a 0,6m, associada ou

não à toxidez de Al^{3+} . As limitações causadas pela acidez do subsolo à produtividade agrícola, devido à restrição ao crescimento radicular e à absorção de água e nutrientes pelas culturas, vem sendo amplamente divulgadas na literatura (PAVAN *et al.*, 1982; QUAGGIO, 2000; MEURER *et al.*, 2012; COSTA *et al.*, 2015).

O gesso agrícola tem sido recomendado como alternativa para manejo da acidez no subsolo, composto basicamente de sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), movimentando-se cerca de 150 vezes mais que o calcário, atuando assim, como condicionador de solo (MASCHIETTO, 2009). A alta mobilidade do gesso tem sido atribuída, além da sua maior solubilidade, à presença de um ânion estável (SO_4^{2-}). O gesso, portanto, é considerado um insumo complementar ao calcário, principalmente pelo fato do calcário apresentar baixa mobilidade no solo (CAIRES; JORIS; CHURKA, 2011)

Por apresentar uma alta mobilidade no perfil do solo, o gesso pode atingir camadas mais profundas, criando um ambiente mais favorável para o crescimento radicular, favorecendo a absorção de água e nutrientes com maior eficiência (SOUZA; LOBATO; REIN, 2006). Quando em contato com a solução do solo, este insumo pode deslocar Al^{3+} , magnésio (Mg) e potássio (K) dos complexos de troca liberando-os para a solução do solo. O anion SO_4^{2-} liberado a partir da reação do gesso, forma par iônico com o Ca^{2+} , e com isto leva o cálcio até a subsuperfície do solo e também tem a capacidade de formar AlSO_4^+ , sendo este menos tóxico às plantas (ZAMBROSI *et al.*, 2007), levando a elevação da concentração de bases com consequente favorecimento do crescimento do sistema radicular em subsuperfície.

Neste contexto, a gessagem é importante para o incremento da resistência das plantas aos déficits hídricos de curta duração, frequentes no cerrado do Brasil e nos demais países de clima tropical e subtropical. O aumento dos teores de nutrientes em profundidade tem um efeito direto na melhor nutrição das plantas e consequente aumento de produção de massa seca das culturas (ROSA JUNIOR *et al.*, 2009).

2.4 Calagem associada à gessagem

A calagem atua na camada mais superficial do solo e o gesso atua em profundidade. Assim, nunca se pode esperar da gessagem um efeito igual ao da calagem, pois normalmente o efeito é, em média, três vezes menor, mesmo onde há

resposta à aplicação. O calcário e o gesso têm reações diferentes no solo (RAIJ, 2007).

O carbonato de cálcio é um sal básico e, como tal, reage com qualquer ácido através de uma reação de neutralização. O carbonato de cálcio neutraliza a acidez do solo pela formação do sal, água e gás carbônico, ficando as cargas negativas expostas contrabalanceadas pelo Ca^{+2} . O importante no caso é o papel do íon carbonato de “receptor de prótons” ou, em outras palavras de íons de hidrogênio, que perdem seu caráter ácido ao serem incorporados em moléculas de água. Por outro lado, o gesso como sal neutro, não tem ação sobre a acidez. O ânion sulfato permanece como tal e não atua como “receptor de prótons”. Assim, o gesso não neutraliza a acidez. Dessa forma, sua reação na camada superficial do solo é tão somente a de troca de cátions (RAIJ, 2007).

A aplicação de calcário combinado com gesso se torna uma prática mais eficiente para potencialização do gesso, este fato se deve porque as reações desencadeadas pelo calcário na solução do solo elevam o pH facilitando o carregamento dos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} pelo sulfato proveniente do gesso (RAMPIM, 2011). Efeitos das aplicações de gesso sobre atributos do solo e produtividade das culturas têm sido estudados isoladamente (RAMPIM *et al.*, 2011; NAVA *et al.*, 2012) ou em combinação com aplicações de calcário (CAIRES *et al.*, 2003; CAIRES *et al.*, 2004; SORATTO; CRUSCIOL, 2008; BOSSOLANI *et al.*, 2018).

2.5 Consórcio de milho com forrageiras

O sistema de consórcio de culturas de grãos com plantas forrageiras tem por objetivo melhorar a conservação do solo e do uso da água, com formação de cobertura morta para a cultura sucessora em sistema de plantio direto, produção de grãos e/ou a produção de forragem para alimentação animal (KLUTHCOUSKI; STONE; AIDAR, 2006; CECCON *et al.*, 2013), mesmo em condições de baixa precipitação pluviométrica (FIETZ; FISCH, 2008). Nesta modalidade de cultivo, o conhecimento do comportamento das espécies na competição por água, luz e nutrientes torna-se de grande importância para o êxito da produtividade satisfatória de grãos e desenvolvimento da forrageira (PARIZ *et al.*, 2011).

A cultura do milho possui características favoráveis para o cultivo consorciado, como alto porte das plantas e altura de inserção das espigas, permitindo que a colheita

ocorra sem interferências das plantas forrageiras (ALVARENGA *et al.*, 2006). Além disso, o sistema de produção de consórcio com a cultura do milho, em geral, reduz a infestação e suprime o acúmulo de matéria seca de plantas daninhas (SEVERINO; CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2006).

O consórcio do milho com espécies de forrageiras do gênero *Urochloa* tem sido instalado no outono-inverno, com o objetivo de produzir grãos de milho e de soja em Sistema Plantio Direto, mantendo o solo permanentemente coberto (BATISTA *et al.*, 2011; CECCON *et al.*, 2005, 2007; CECCON; KURIHARA; STAUT, 2009; CONCENÇO *et al.*, 2012; SEREIA *et al.*, 2012). O consórcio em regiões com restrição hídrica e inverno seco é a forma de manejo mais eficiente quando comparada ao sistema de cultivo solteiro (LARA-CABEZAS, 2011). Em condições de milho safrinha, a irrigação em caráter complementar é uma alternativa para evitar os riscos de deficiência hídrica, mas nem sempre o uso desta prática se traduz em maior renda líquida (PEGORARE *et al.*, 2009).

Este sistema proporciona efeitos positivos tanto para a soja quanto para o milho segunda safra, cultivados em sucessão (CECCON *et al.*, 2013). Pela importância deste cultivo na sustentabilidade dos sistemas produtivos, o consórcio de milho segunda safra com espécies do gênero *Urochloa* foi incluído no Zoneamento Agrícola de Risco Climático, para as regiões Centro-Oeste e Centro-Sul.

O sucesso desses sistemas no cerrado se deve ao fato de que a palhada acumulada proporciona um ambiente favorável à recuperação ou manutenção das propriedades do solo contribuindo para a manutenção do SPD (SANTOS *et al.*, 2008). A fitomassa produzida pelo milho e *Urochloa* spp são as mais indicadas para cobertura do solo em relação à leguminosas, pois além proporcionar proteção do solo por mais tempo também atuam na reciclagem de nutrientes (CALONEGO *et al.*, 2012). Essas forrageiras, além da alta produção de matéria seca, têm grande potencial na manutenção da palha sobre o solo devido a sua relação C/N elevada (TIMOSSI *et al.*, 2007)

Dessa maneira, Richetti e Guiducci (2012) afirmam que o cultivo de milho consorciado com *U. ruziziensis*/soja proporciona melhorias no sistema de produção das propriedades, principalmente em relação à sustentabilidade ambiental e econômica das culturas. Assim, haverá redução dos riscos de perdas de lavoura por causa dos veranicos e obtenção de incrementos significativos de produtividade com as culturas cultivadas em sucessão, em especial a soja.

2.6 Soja em sucessão ao consórcio

A cultura da soja é a mais importante oleaginosa em produção sob cultivo extensivo no Brasil, e a região dos Cerrados assume importância estratégica para o seu desenvolvimento (LANA *et al.*, 2007). Segundo Lopes (2004) e Coronel (2008), o elevado teor protéico dos grãos, faz com que a cultura se torne uma importante fonte de alimento para humanos e animais, levando ao aumento do consumo e da exportação deste produto in natura e de seus derivados. A soja tem garantido posição de destaque, na agricultura brasileira, com produtividade média de grãos em torno de 3.200 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019). A grande expansão da cultura, principalmente na região de cerrado, foi possível, em parte, devido à sua capacidade de associação com bactéria fixadoras de nitrogênio, principalmente as do gênero *Bradyrhizobium* e de fixação do nitrogênio atmosférico para a sua nutrição, o que substitui a adubação nitrogenada e reduz os custos de produção (HUNGRIA *et al.*, 2009).

Áreas previamente cobertas por forrageiras, que podem ser provenientes de consórcios, favorecem o bom desempenho da cultura em sucessão, como no caso da soja que vem sendo beneficiada quando semeada após o consórcio de milho com braquiária (CORREIA; LEITE; FUZITA, 2013; CHIODEROLI *et al.*, 2012). Kluthcouski, Stone e Aidar (2003) em condições de cerrado consideraram que as principais vantagens da palhada para o SPD foram a maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando em maior conservação de água e menor variação na temperatura do solo; maior longevidade na cobertura do solo em razão da lenta decomposição de seus resíduos; controle das doenças, por ação isolante ou alelopática causada pela microflora do solo sobre os patógenos; e maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, podendo reduzir ou até mesmo tornar desnecessário o uso de herbicidas pós emergentes.

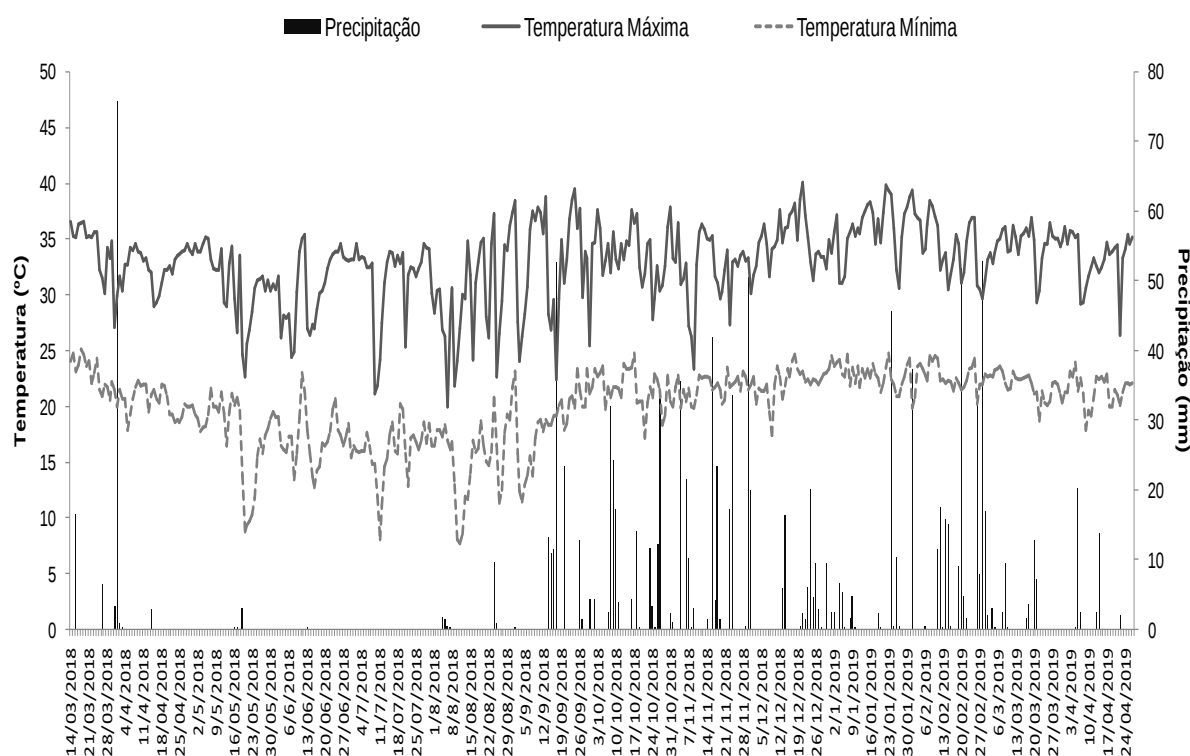
Em suma, a correção química corretivos e o incremento de palhada no sistema, pela adição de plantas de cobertura consorciadas com o milho, deverão proporcionar melhores condições no ambiente para a cultura da soja, em sucessão, durante todo o ciclo de desenvolvimento, podendo até mesmo aumentar sua produtividade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido em área experimental pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada na cidade de Selvíria - MS, situada a 20°20' de Latitude Sul e 51°24' de Longitude Oeste, com a altitude de 335m, aproximadamente.

O clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura e precipitação média anual de 25 °C e 1.313 mm, respectivamente (PORTUGAL *et al.*, 2015). Durante a condução do experimento foram coletados os dados diários referentes às temperaturas máximas, e mínimas, e precipitação pluvial, conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Dados climáticos obtidos durante o período de condução do experimento.



Nota: Dados do Canal Clima da Unesp de Ilha Solteira – Área Hidráulica e Irrigação.

Fonte: Unesp (2019).

O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 2018), mediante preparo de solo convencional com arações e gradagens, sendo a cultura anterior soja (*Glycine max* L. Merrill) nos últimos três anos agrícolas. Portanto, com o objetivo de caracterizá-lo antes da semeadura dos sistemas de produção (Fevereiro de 2018), foi efetuado um levantamento da fertilidade do solo em área total segundo metodologia proposta por Raij *et al.* (2001), na profundidade de 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização dos atributos químicos do solo da área experimental.

Camada (m)	P _{resina} mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	S-SO ₄ mg dm ⁻³	Ca	Mg	K	H+Al	SB	CTC	V %
					mmol _c dm ⁻³						
0 - 0,20	19	21	5.2	7	18	13	2,4	31	33,4	64,4	52
0,20 - 0,40	11	17	5.2	38	16	10	1,7	28	27,7	55,7	50

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O delineamento do experimento foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos variantes de correção do perfil do solo foram dispostos nas parcelas (Testemunha (controle), gesso, calcário (0 - 0,2 m); calcário e gesso (0 - 0,2 m); calcário (0 - 0,4 m); calcário e gesso (0 - 0,4 m)), e as subparcelas foram ocupadas com cultivo de milho solteiro, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* (VC 60%) ou consorciado com *Urochloa* híbrida cultivar Mulato II (CONVERT HD 364), a qual foi obtida através do cruzamento entre a *U. ruziziensis*, *U. decumbens* cv. *Basilisk* e *U. brizantha* cv. *Marandu* (VC 60%). O experimento foi desenvolvido em área de sequeiro e suplementação hídrica via pivô central. As parcelas continham 21 linhas com 7 m de comprimento havendo um espaçamento de 1 metro entre parcelas, e as subparcelas foram constituídas por 7 linhas de 7 metros de comprimento, espaçadas a cada 0,45 m.

A quantidade de calcário (85% PRNT) utilizada foi proporcional a camada de solo a ser corrigida, buscando elevar a saturação por bases a 70%. A dose de gesso utilizada foi calculada de acordo com a metodologia proposta por Souza *et al.* (2006), considerando o solo como argiloso. Aplicou-se a dose de 2200 kg ha⁻¹ de gesso independente da dose de calcário. O preparo do solo consistiu em operações como escarificação, aração e gradagem comum a todos os tratamentos. A aplicação do calcário e gesso na área foi realizada dia 14/03/2018 e após, realizou-se operações para a incorporação destes nas diferentes profundidades, conforme os tratamentos

supracitados. A área com irrigação suplementar era irrigada uma vez por semana via pivô central com uma lâmina de aproximadamente 10 mm.

A semeadura do milho ocorreu no dia 27/03/2018 e utilizou-se o híbrido 2B710 Pro, indicado para a região agroclimática em questão. A densidade de semeadura foi de 3,3 sementes m^{-1} de sulco, com espaçamento de 0,45 m entre linhas. A adubação de semeadura foi de 200 kg ha^{-1} da fórmula 08-28-16. Foram utilizados 10 kg ha^{-1} de cada forrageira, sendo estas semeadas simultaneamente ao milho utilizando a terceira caixa da semeadora, específica para tal finalidade. Desta forma, as sementes foram distribuídas a lanço, junto a disco de corte da palha e incorporadas pela movimentação do solo na linha de semeadura.

A adubação nitrogenada na área foi realizada 38 dias após a semeadura com aplicação de 100 kg ha^{-1} de uréia com base nas recomendações propostas por Raij *et al.* (2001) A adubação foi realizada manualmente e após aplicação do adubo foi realizada uma irrigação aplicando-se uma lâmina de água com aproximadamente 10 mm, para diminuir as perdas por volatilização. O manejo fitossanitário, quando necessário, foi realizado de acordo com as necessidades da cultura.

Antes da instalação da cultura da soja, e após a colheita do milho, foi realizada a dessecação das forrageiras presentes nas unidades experimentais, visando à formação de palhada para início do SPD, utilizando-se o herbicida Glyphosate + Cletodin (1,8 kg ha^{-1} do ingrediente ativo (i.a.) + 240 g ha^{-1} (ia)) e posterior manejo com triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton). A soja cv. Potência foi semeada, sobre a palhada remanescente dos consórcios, a fim de se estudar o efeito residual dos tratamentos antecedentes. Foi utilizada uma semeadora-adubadora com disco de corte de palhada para SPD, com espaçamento de 0,45 m entre linhas nos dias 05/12/18 e 18/12 nas áreas de sequeiro e irrigado, respectivamente. Utilizou-se 300 kg ha^{-1} do formulado 00-20-20. Momentos antes da semeadura da cultura, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* líquido.

3.1 Amostragem e análises na cultura do milho

O estado nutricional das plantas de milho mediante os diversos tratamentos foi avaliado, através da coletada das folhas, quando 50% ou mais das plantas estavam pendoadas. O terço médio da folha da base da espiga foi coletado e devidamente identificado, em seguida levado à estufa de circulação de ar forçado. O material seco

foi moído e acondicionado em sacos plásticos que depois de fechados e identificados foram levados para determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes, conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Na ocasião da colheita, para a determinação da produtividade de grãos, as espigas das plantas da área útil de cada subparcela (duas linhas de três metros) foram colhidas manualmente e, posteriormente, trilhadas mecanicamente, sendo os grãos obtidos pesados em balança, e a umidade, corrigida para 13% (base úmida) com os valores expressos em kg ha^{-1} .

3.2 Amostragem e análises das forrageiras

Foram realizadas amostragens do sistema radicular das forrageiras, na entrelinha do milho evitando-se touceiras, ao longo do perfil até 0,6 m com estratificação a cada 0,1 m em cada subparcela de consórcio aos 70 dias após a colheita do milho. Para a coleta, utilizou-se trado tipo sonda adaptado com diâmetro de 42,58 mm. As raízes contidas nas amostras foram submetidas à limpeza, com água corrente e peneiras, sendo armazenadas em álcool para posterior leitura no software WinRhizo®, onde foram obtidos os dados de comprimento e diâmetro médio das raízes. A distribuição do sistema radicular foi calculada pela razão entre dados de comprimento de raiz em cada camada e comprimento total de raiz, com o resultado multiplicado por 100.

Aos setenta dias após a colheita do milho, também foi realizada a amostragem de massa verde das forrageiras dos consórcios e das plantas espontâneas contidas nas subparcelas onde o milho foi cultivado solteiro. Para isso, utilizou-se uma estrutura metálica em formato de quadrado com área de 0,25 m^2 e cutelo para amostragem nas subparcelas, onde as plantas foram cortadas rentes ao solo. Após a amostragem em campo, as amostras foram colocadas em estufa a 65 °C, por 72 horas e, posteriormente, realizou-se a pesagem e cálculo de matéria seca produzida, convertendo os valores para kg ha^{-1} .

3.3 Amostragem e análises na cultura da soja

Por ocasião do florescimento da cultura da soja (R1), foi realizada a coleta da folha diagnose da cultura para avaliação do estado nutricional da cultura. O terceiro

trifólio a partir do ápice foi coletado e devidamente identificado, em seguida levado à estufa de circulação de ar forçado. O material foi moído e acondicionado em sacos plásticos que depois de fechados e identificados foram levados para determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes, conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Determinou-se a produtividade de grãos, colhendo-se as plantas da área útil da subparcela (duas linhas de três metros), as quais foram trilhadas mecanicamente e posteriormente à pesagem dos grãos, os valores foram expressos em kg ha⁻¹ corrigidos para 13% (base úmida).

3.4 Análise estatística

Os resultados foram analisados pela análise de variância (teste F). Constatada a significância, os tratamentos foram comparados pelo teste LSD a 5% utilizando o programa estatístico Agroestat®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comprimento do sistema radicular das forrageiras

O comprimento de raiz de ambas as espécies de *Urochloa* foi influenciado pela correção química do solo ao longo do perfil, com significância isolada dos fatores e interações significativas entre as forrageiras e correção do solo (Tabela 2).

Tabela 2 - Teste F e médias obtidas para comprimento de raízes de forrageiras ao longo do perfil em função das variações de correção do solo. Selvíria (MS), 2018.

TRATAMENTOS	Comprimento (km m ⁻³)					
	Sequeiro			Irrigado		
	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0,2-0,3 m	0-0,1 m	0,1-0,2 m	0,2-0,3 m
CORREÇÃO (C)						
Testemunha	11,98	8,95	5,87	8,40	5,15	3,05
Gesso	18,86	13,22	4,94	8,48	6,88	3,63
Calcário (0-0,2m)	23,26	8,39	5,67	9,27	7,02	4,93
Calcário + Gesso (0-0,2m)	29,88	15,45	6,50	12,12	6,63	3,66
Calcário (0-0,4m)	20,57	10,24	5,87	10,95	6,75	4,52
Calcário + Gesso (0-0,4m)	14,29	11,17	5,39	10,25	7,08	4,28
LSD	4,64	1,79	1,12	1,24	1,31	1,04
MODALIDADE (M)						
Mulato II	15,94	6,83	3,62	10,22	7,51	4,11
<i>U. ruziziensis</i>	23,68	15,64	7,79	9,60	5,66	3,91
LSD	2,30	4,78	0,79	0,98	1,03	0,45
	Teste F					
p valor (C)	0,0008**	0,0005**	0,1369 ^{ns}	0,0031**	0,0766 ^{ns}	0,0385*
p valor (M)	0,0002**	<0,0001**	<0,0001**	0,1884 ^{ns}	0,0045**	0,3201 ^{ns}
p valor (C x M)	0,0003**	0,0058**	0,0061**	0,0222*	0,0203*	0,0028**
Média Geral	19,80	11,23	5,70	9,90	6,58	4,01
CV. subparcela (%)	11,63	17,39	13,89	10,33	15,64	11,25

Nota: ** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Ao realizar a comparação direta das espécies empregadas nos consórcios em condição de sequeiro, sem levar em conta a correção química do solo, é possível afirmar que, de maneira geral, a *U. ruziziensis* teve destaque no comprimento de raiz nas camadas amostradas, quando comparada ao híbrido Mulato II. Em condições de suplementação hídrica, os maiores comprimentos de raízes nas estratificações realizadas, foram proporcionados pelo híbrido Mulato II quando comparado com a *U. ruziziensis*.

Os maiores valores de comprimento de raiz foram encontrados em área de sequeiro, quando comparada a área com suplementação hídrica. O maior

desenvolvimento do sistema radicular das forrageiras em área de sequeiro pode ser associado a mudanças na anatomia das raízes, como uma estratégia para enfrentar o período de veranico durante a condução do experimento (Figura 1), visto que quando submetidas às condições de baixa disponibilidade de água, as raízes tendem a crescer até alcançar as zonas mais úmidas do solo (PEZZOPANE *et al.*, 2015).

Plantas em déficit hídrico alteram anatomia, fisiologia e bioquímica, com intensidade que depende do tipo de planta e do grau de duração do déficit hídrico (ARAÚJO *et al.*, 2010). Além disso, o estresse hídrico desencadeia a síntese de ácido abscísico nas raízes onde estimula também o crescimento das raízes e a formação de raízes laterais (TAIZ *et al.*, 2017).

Os maiores comprimentos de raízes de *U. ruziziensis* na camada de 0 – 0,1 m na área de sequeiro e irrigado foram obtidos quando a aplicação do calcário ocorreu simultaneamente à do gesso até 0,2 m com média de 46,78 e 13,70 km m⁻³ de raízes nas respectivas áreas. Embora o C+G (0-0,2) tenha sido o tratamento que proporcionou maior comprimento de raiz da *U. ruziziensis* em área irrigada, este não diferiu de C (0-0,4) (Tabela 3).

Tabela 3 - Desdobramento da interação entre correção do solo (C) x modalidade de cultivo (M) para comprimento de raiz (km m⁻³) das forrageiras na camada de 0 – 0,1 m em condições de sequeiro e irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2018.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO			
	Sequeiro		Irrigado	
	<i>U. ruziziensis</i>	Mulato II	<i>U. ruziziensis</i>	Mulato II
	Comprimento de raiz (km m ⁻³)			
Testemunha	11,88 dA	12,08 cdA	6,78 cB	9,01 bA
Gesso	21,10 bcA	16,63 bcA	7,91 bcA	9,93 abA
Calcário (0-0,2m)	24,83 bA	21,69 abA	8,34 bcA	10,20 abA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	46,78 aA	12,98 cdB	13,70 aA	10,54 abB
Calcário (0-0,4m)	18,90 cA	22,25 aA	11,91 aA	9,98 abA
Calcário + Gesso (0-0,4m)	18,59 cA	9,99 dB	8,87 bB	11,64 aA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Ainda na estratificação de 0 – 0,1 m, o híbrido Mulato II em condição de sequeiro apresentou maior comprimento de raiz quando a calagem foi realizada para correção do perfil de 0 – 0,4 m, no entanto não diferiu da correção com calcário até 0,2 m. O maior comprimento de raiz do híbrido quando houve irrigação foi obtido com a aplicação de calcário associado ao gesso visando correção do solo até 0,4 m.

Na camada 0,1 – 0,2 m, em condição de sequeiro, as raízes de *U. ruziziensis* tiveram melhor desempenho quando o solo foi corrigido com calcário e gesso até 0,2 m. Na presença de irrigação os melhores resultados da espécie *U. ruziziensis* na camada de 0,1 – 0,2 m foram proporcionados pelos tratamentos C+G (0-0,2), G e C + G (0-0,4). Se tratando da forrageira Mulato II em área de sequeiro, observa-se que o tratamento que proporcionou maiores comprimentos de raiz foi quando o calcário foi aplicando visando à correção até 0,4 m seguido estatisticamente dos tratamentos C + G (0-0,4) e G. A aplicação de calcário até 0,2 m resultou no maior comprimento de raiz do híbrido na presença de irrigação (Tabela 4).

Tabela 4 - Desdobramento da interação entre correção do solo (C) x modalidade de cultivo (M) para comprimento de raiz (km m^{-3}) das forrageiras na camada de 0,1 – 0,2 m em condições de sequeiro e irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2018.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO			
	Sequeiro		Irrigado	
	U. ruziziensis	Mulato II	U. ruziziensis	Mulato II
	Comprimento de raiz (km m^{-3})			
Testemunha	12,98 cdA	4,93 bB	4,02 cA	5,94 cA
Gesso	19,36 bA	7,08 abB	6,92 aA	6,84 bcA
Calcário (0-0,2m)	11,31 dA	5,46 bB	4,35 cB	10,03 aA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	24,97 aA	5,94 bB	7,19 aA	6,07 cA
Calcário (0-0,4m)	10,17 dA	10,30 aA	4,83 bcB	8,67 abA
Calcário + Gesso (0-0,4m)	15,05 cA	7,29 abB	6,64 abA	7,51 bcA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

A *U. ruziziensis* na camada de 0,2 – 0,3 m, em área de sequeiro, apresentou a mesma tendência das estratificações anteriores, onde o maior comprimento de raiz foi obtido com o tratamento C+ G (0-0,2). Ainda em condição de sequeiro na mesma camada de solo, o híbrido Mulato II teve melhor desempenho de raízes quando o calcário foi aplicado objetivando a correção do solo até 0,4 m. Os tratamentos não diferiram na área irrigada para a forrageira *U. ruziziensis* (Tabela 5). Já para o Mulato II, os tratamentos que proporcionaram melhores resultados foram C (0-0,2) e C (0-0,4).

Em todas as camadas do perfil do solo foi possível notar que o Cálcio (Ca), fornecido através do calcário e/ou gesso, é um nutriente com papel preponderante no crescimento radicular das forrageiras, com base nos dados apresentados. Este macronutriente é importante na preservação da capacidade de absorção das raízes mediante a manutenção da integridade da membrana plasmática, aumentando o

acúmulo de nutrientes pela planta (MALAVOLTA, 2006). Fernandes (2006) atribuiu ao Ca, quando em baixos teores no solo, a possibilidade de paralisação do crescimento radicular devido à ação deste nutriente nos pontos de crescimento das raízes.

Tabela 5 - Desdobramento da interação entre correção do solo (C) x modalidade de cultivo (M) para comprimento de raiz (km m^{-3}) das forrageiras na camada de 0,2 – 0,3 m em condições de sequeiro e irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2018.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO			
	Sequeiro		Irrigado	
	U. ruziziensis	Mulato II	U. ruziziensis	Mulato II
	Comprimento de raiz (km m^{-3})			
Testemunha	7,57 bcA	4,17 abcB	4,05 aA	2,05 cB
Gesso	6,55 cA	3,32 bcdB	3,79 aA	3,47 bA
Calcário (0-0,2m)	6,88 bcA	4,45 abB	3,68 aB	6,18 aA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	10,87 aA	2,13 dB	4,03 aA	3,29 bA
Calcário (0-0,4m)	6,72 bcA	5,06 aA	3,54 aB	5,50 aA
Calcário + Gesso (0-0,4m)	8,18 bA	2,61 cdB	4,38 aA	4,18 bA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

A adição de cálcio ao solo através do calcário e/ou gesso, diminuição da acidez e a neutralização do alumínio resultam em aumento de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, com consequente exploração de maior volume de solo, aumentando a absorção de nutrientes e água, tornando as plantas mais resistentes à deficiências nutricionais e déficits hídricos (LAMBAIS, 2006). Diante do exposto, a aplicação de calcário e gesso em áreas de Cerrado é de suma importância, uma vez que os solos deste bioma possuem elevada acidez e baixas concentrações de enxofre e cálcio em condições naturais (AMARAL *et al.*, 2017).

As forrageiras do gênero *Urochloa*, em sua maioria, são conhecidas como plantas tolerantes a solos ácidos (PAULINO; TEIXEIRA, 2009), entretanto o grau de tolerância é variável entre elas, pois além das características genéticas das plantas, o solo apresenta diferentes proporções dos fatores de acidez, seja acidez ativa por presença de H^+ ou química, pela presença do alumínio na forma Al^{3+} .

O híbrido Mulato II tem boa adaptação a solos ácidos de baixa fertilidade e alto conteúdo de alumínio tóxico (ARGEL *et al.*, 2007), comum em condições tropicais. Embora não seja uma forrageira exigente, o cultivar respondeu à correção do solo

apresentando maiores valores de comprimento de raízes quando houve adição de calcário.

Em contrapartida, a *U. ruziziensis* em relação às outras espécies do gênero *Urochloa* é a mais exigente quanto à fertilidade do solo (ALVIM; BROTEL; XAVIER, 2002), corroborando com os resultados obtidos neste trabalho, onde houve melhor performance do sistema radicular da espécie quando aplicou-se o gesso associado ao calcário nas diferentes camadas.

4.2 Diâmetro médio de raiz das forrageiras

Observa-se na Tabela 6, que o diâmetro médio das raízes foi maior para o híbrido Mulato II. Considerando que os tratamentos com correção do solo não influenciaram o diâmetro médio das raízes, admite-se que essa diferença observada entre as forrageiras, é um fator inerente a espécie. O híbrido Mulato II, tanto na área de sequeiro quanto na área irrigada, apresentou maior diâmetro radicular com média de 0,52 a 0,65 mm e de 0,66 a 0,75 mm, nas respectivas áreas. Enquanto que, o maior diâmetro médio de raízes da *U. ruziziensis* foi 0,57 mm na camada de 0 – 0,10 m na área irrigada.

Tabela 6 - Teste F e médias obtidas para diâmetro médio de raízes de forrageiras ao longo do perfil em função das variações de correção do solo. Selvíria (MS), 2018.

TRATAMENTOS	Diâmetro médio (mm)					
	Sequeiro			Irrigado		
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3
CORREÇÃO (C)						
Testemunha	0,53	0,59	0,44	0,70	0,60	0,53
Gesso	0,55	0,46	0,45	0,55	0,55	0,76
Calcário (0-0,2m)	0,53	0,55	0,44	0,56	0,58	0,57
Calcário + Gesso (0-0,2m)	0,60	0,47	0,50	0,68	0,61	0,62
Calcário (0-0,4m)	0,48	0,54	0,53	0,66	0,66	0,49
Calcário + Gesso (0-0,4m)	0,61	0,63	0,36	0,52	0,69	0,59
LSD	0,19	0,22	0,11	0,15	0,17	0,34
MODALIDADE (M)						
Mulato II	0,63 a	0,65 a	0,52 a	0,66	0,75 a	0,68 a
<i>U. ruziziensis</i>	0,47 b	0,44 b	0,39 b	0,57	0,48 b	0,50 b
LSD	0,04	0,08	0,12	0,11	0,09	0,10
Teste F						
p valor (C)	0,6184 ^{ns}	0,4836 ^{ns}	0,0957 ^{ns}	0,0931 ^{ns}	0,4810 ^{ns}	0,4873 ^{ns}
p valor (M)	0,0002**	0,0008**	0,0360*	0,0851 ^{ns}	0,0004**	0,0060**
p valor (C x M)	0,0568 ^{ns}	0,1397 ^{ns}	0,6753 ^{ns}	0,0648 ^{ns}	0,1414 ^{ns}	0,1045 ^{ns}
Média Geral	0,55	0,54	0,45	0,61	0,61	0,59
CV. subparcela (%)	8,54	15,08	18,54	17,23	14,96	17,74

Nota: ** significativo $p < 0,01$; * significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

A *U. ruziziensis* apresenta raízes com menor diâmetro, os quais variaram de 0,39 a 0,47 mm na área de sequeiro e de 0,48 a 0,57 mm na área irrigada, e podem ser recomendadas para uso em solos com canais radiculares e fissuras já existentes pelo fato de serem mais finas (MÜLLER *et al.*, 2001). Já o híbrido Mulato II tem como característica raízes com maior diâmetro sendo estas mais indicadas quando o solo está com alta de compactação e deficiente em macroporos onde as raízes necessitam deformar mais o solo do que explorar fissuras, pois estas apresentam maior resistência ao encurvamento, segundo Henderson (1989).

4.3 Estado nutricional da cultura do milho em área de sequeiro

Observa-se que, em condição de sequeiro, houve efeito significativo da Modalidade de Cultivo (M) quanto aos teores de Mg e S. Os demais macronutrientes como N, P, K e Ca não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 7). De maneira geral, é possível verificar que o cultivo consorciado de milho com *Urochloa ruziziensis*

proporcionou maiores teores foliares de S e Mg quando comparados ao cultivo solteiro ou cultivo consorciado com o híbrido Mulato II.

Tabela 7 - Valores de F e médias encontradas para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura do milho nas diferentes modalidades de cultivo em função da correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2018.

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- (g kg ⁻¹) -----					
CORREÇÃO (C)						
Testemunha	20,82	2,74	17,57	5,72	3,34	3,03
Gesso	20,74	2,63	16,34	5,48	3,11	3,41
Calcário (0-0,2m)	19,98	2,71	16,62	5,53	3,30	3,25
Calcário + Gesso (0-0,2m)	20,00	2,73	16,11	5,55	3,09	3,48
Calcário (0-0,4m)	19,93	2,75	16,01	5,34	3,22	3,08
Calcário + Gesso (0-0,4m)	20,05	2,56	15,72	5,17	3,13	3,02
LSD	1,83	0,36	2,61	0,99	0,54	0,84
MODALIDADE (M)						
Milho	19,21	2,54	16,24	5,13	2,84 b	3,16 ab
Milho + Mulato II	20,56	2,72	16,28	5,65	3,27 ab	2,76 b
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	20,98	2,54	16,66	5,62	3,48 a	3,71 a
LSD	1,89	0,52	2,20	0,68	0,43	0,55
	Teste F					
p valor (C)	0,7748 ^{ns}	0,8122 ^{ns}	0,6890 ^{ns}	0,8659 ^{ns}	0,8528 ^{ns}	0,7386 ^{ns}
p valor (M)	0,1546 ^{ns}	0,5702 ^{ns}	0,9119 ^{ns}	0,2294 ^{ns}	0,0175*	0,0062**
p valor (C x M)	0,8819 ^{ns}	0,7611 ^{ns}	0,5765 ^{ns}	0,9312 ^{ns}	0,9813 ^{ns}	0,6146 ^{ns}
Média Geral	20,25	2,69	16,40	5,46	3,20	3,21
CV. subparcela (%)	13,60	14,61	14,53	15,17	13,54	14,25

Nota: ** significativo $p < 0,01$; * significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os valores obtidos de N e K foliar encontram-se abaixo da faixa considerada de suficiência para a cultura do milho. Em relação ao N, a média do macronutriente foi de 20,25 g kg⁻¹, enquanto que os teores adequados devem encontrar-se entre 27,5 e 32,5 g kg⁻¹ (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Para K, os teores desejáveis devem estar entre 17,5 e 22,5 g kg⁻¹, no entanto, a média obtida foi de 16,4 g kg⁻¹. Os teores foliares de P e Mg encontram-se dentro da faixa adequada que permite bom desenvolvimento da cultura, enquanto que os teores de Ca e S estão acima dos valores estabelecidos como adequado por Malavolta *et al.* (1997).

A ausência de resposta da correção química do solo quanto aos teores foliares de macro e micronutrientes no milho (Tabelas 7 e 8), em condição de sequeiro, é justificada pela estiagem que a cultura enfrentou durante o período de condução do experimento (Figura 1). A reatividade de um corretivo depende da sua natureza química, granulometria, e das condições de clima e solo (ARAÚJO *et al.*, 2009).

Os teores encontrados dos micronutrientes Cu, Mn e Zn, nas folhas de milho (Tabela 8), estão dentro da faixa de suficiência para a cultura do milho, sendo estas 6 a 20 mg kg⁻¹, 50-150 mg kg⁻¹ e 15 a 50 mg kg⁻¹, respectivamente (MALAVOLTA *et al.*, 1997). O teor foliar médio de Fe encontrado na cultura foi de 449,55 mg kg⁻¹, estando acima do adequado, em quantidade excessiva.

Tabela 8 - Valores de F e médias encontradas para os teores foliares de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) na cultura do milho nas diferentes modalidades de cultivo em função da correção química do solo sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2018.

TRATAMENTOS	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (mg kg ⁻¹) -----			
CORREÇÃO (C)				
Testemunha	18,77	522,66	121,00	37,55
Gesso	19,50	450,55	106,33	35,11
Calcário (0-0,2m)	14,55	408,33	99,00	33,33
Calcário + Gesso (0-0,2m)	15,22	462,66	105,55	30,55
Calcário (0-0,4m)	19,33	483,66	103,00	34,66
Calcário + Gesso (0-0,4m)	15,88	369,44	98,88	32,33
LSD	4,87	99,16	17,05	4,85
MODALIDADE (M)				
Milho	13,44 b	422,77	94,38 b	32,50
Milho + Mulato II	14,66 b	454,00	116,61 a	35,83
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	23,61 a	471,88	105,88 ab	33,44
LSD	2,59	48,78	13,33	3,38
	Teste F			
p valor (C)	0,3702 ^{ns}	0,0662 ^{ns}	0,1260 ^{ns}	0,1047 ^{ns}
p valor (M)	0,0045**	0,1314 ^{ns}	0,0081**	0,1325 ^{ns}
p valor (C x M)	0,6562 ^{ns}	0,0820 ^{ns}	0,2067 ^{ns}	0,0986 ^{ns}
Média Geral	17,24	449,55	105,62	33,92
CV. subparcela (%)	14,62	15,77	17,21	14,48

Nota: ** significativo p<0,01; *significativo 0,01<p<0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os padrões preestabelecidos de exigência nutricional do milho e de várias outras culturas no Brasil e em vários outros países estão defasados, uma vez que estas pesquisas foram conduzidas há mais de três décadas e ainda continuam como padrões em várias tabelas oficiais de recomendação (VON PINHO *et al.*, 2009). Em contrapartida, é notório que estas exigências aumentaram à medida que maiores índices de produtividade foram alcançados e híbridos cada vez mais precoces estão sendo colocados no mercado (BENDER *et al.*, 2013).

De acordo com a Tabela 8, apenas os teores foliares de Cu e Mn foram responsivos às modalidades de cultivo, onde o Cu apresentou maior teor quando o milho foi consorciado com *U. ruziziensis* (23,61 mg kg⁻¹) e o Mn por sua vez, foi obtido

em maior quantidade quando o consórcio da cultura granífera foi realizado com híbrido Mulato II (116,61 mg kg⁻¹).

A abundância de Fe no solo é alta, pelo fato de se tratar de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico. Solos de coloração avermelhada apresentam em sua constituição o mineral hematita, característico por apresentar Fe em sua composição, promovendo tal coloração ao solo (FERNANDES *et al.*, 2004). Plantas submetidas a concentrações elevadas de Fe absorvem e acumulam grandes quantidades deste elemento em seus tecidos (CHATTERJEE; GOPAL; DUBE, 2006; SIQUEIRA-SILVA *et al.*, 2012).

O nível crítico de toxicidade de Fe em plantas depende da espécie, da idade da planta e de seu estado nutricional. É de extrema importância salientar que, por ser um micronutriente, há uma estreita faixa entre o nível adequado e o tóxico para a maioria das plantas (FAQUIN, 2005). Sintomas visíveis de toxicidade e redução do crescimento foram observados em arroz e *Echinochloa crus-galli*, apresentando concentração de Fe nas folhas entre 300-500 mg kg⁻¹ (DOBERMANN; FAIRHURST, 2000).

O excesso de Fe pode causar desbalanços nutricionais nas plantas induzindo deficiência de alguns minerais essenciais (AUDEBERT; FOFANA, 2009; FAGERIA *et al.*, 2008). Grande parte das alterações nutricionais está relacionada à formação da chamada “placa de ferro” na superfície radicular (CHEN *et al.*, 2006; ST-CYR; CAMPBELL, 1996). Essas placas, constituídas de óxidos e hidróxidos de ferro, apresentam elevada capacidade para adsorver diferentes minerais (LIU *et al.*, 2008; ZHANG; ZHANG; MAO, 1999), atuando como barreira à absorção de determinados nutrientes.

O aumento da concentração de Fe na solução e, conseqüentemente, maior absorção/acúmulo deste metal no tecido vegetal, produz estresse oxidativo aumentando as concentrações de espécies reativas de oxigênio (ROS) produzido pela reação de Fenton (JUCOSKI *et al.*, 2013). Em resposta ao acúmulo de ROS nos tecidos vegetais mecanismos de defesas enzimáticos e não-enzimáticos podem ser ativados pelas plantas visando atenuar possíveis danos celulares provocados por estas espécies reativas (REDDY *et al.*, 2005; SINGH; EAPEN; D`SOUZA, 2006; GIANNAKOULA *et al.*, 2010). Altas concentrações de Fe pode provocar aumento da atividade de enzimas como dismutase do superóxido (SOD) e peroxidase (Pox) em plantas de milho (KUMAR; TEWARI; SHARMA, 2008), indicando estresse oxidativo.

4.4 Estado nutricional da cultura do milho em área irrigada

Assim como na área de sequeiro, com acréscimo do Mg, os teores foliares de N e K encontram-se abaixo da faixa indicada como adequada para a cultura do milho em área irrigada (Tabela 9). O teor foliar de P encontra-se dentro dos valores adequados para um bom desenvolvimento da cultura. Quanto aos teores de Ca e S obtidos na análise nutricional, estes são superior à faixa de suficiência, segundo Malavolta et al. (1997).

Tabela 9 - Valores de F e médias encontradas para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura do milho nas diferentes modalidades de cultivo em função da correção química do solo em área com irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2018.

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- (g kg ⁻¹) -----					
CORREÇÃO (C)						
Testemunha	22,90	3,21	15,26	3,53	2,02	1,86 d
Gesso	26,35	3,80	17,74	4,06	1,91	2,70 a
Calcário (0-0,2m)	25,65	3,08	16,08	3,84	2,17	2,44 ab
Calcário + Gesso (0-0,2m)	26,08	3,77	18,45	4,75	2,34	2,46 ab
Calcário (0-0,4m)	23,25	3,26	16,13	4,36	2,19	2,00 cd
Calcário + Gesso (0-0,4m)	24,86	3,62	16,91	4,08	2,16	2,19 bc
LSD	0,66	0,73	2,74	0,59	0,24	0,32
MODALIDADE (M)						
Milho	23,33	3,14 b	16,95 ab	3,89	2,09	2,01 b
Milho + Mulato II	24,55	3,54 a	15,62 b	3,96	1,99	2,27 ab
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	26,66	3,69 a	17,69 a	4,46	2,32	2,54 a
LSD	0,59	0,30	1,49	0,34	0,18	0,41
	Teste F					
p valor (C)	<0,0001**	0,2076 ^{ns}	0,1938 ^{ns}	0,0153*	0,0363*	0,0014**
p valor (M)	<0,0001**	0,0025**	0,0300*	0,0035**	0,0043**	0,0494*
p valor (C x M)	0,0002**	0,1937 ^{ns}	0,5296 ^{ns}	0,0271*	0,0306*	0,1442 ^{ns}
Média Geral	24,85	3,46	16,76	4,10	2,13	2,27
CV. subparcela (%)	3,49	12,6	12,7	12,1	11,3	14,57

Nota: ** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Para os teores de P e K no solo, verifica-se que apenas a modalidade de cultivo influenciou nos resultados obtidos (Tabela 9). Quanto ao P, os maiores teores foliares foram proporcionados quando o milho foi consorciado com as forrageiras, apresentando valores acima da média do experimento. Já para K, o maior teor foliar deste macronutriente foi obtido quando o milho foi consorciado com *U. ruziziensis*, seguido do cultivo de milho solteiro.

O teor foliar de S foi influenciado pelos fatores isoladamente não havendo interação significativa entre eles. Quanto à correção do solo, a aplicação de gesso proporcionou maior acúmulo S no tecido vegetal de milho, seguido da aplicação de calcário em conjunto com o gesso visando correção até 0,2 m e aplicação de cálcio na mesma camada. Em relação à modalidade de cultivo, de maneira geral, é possível verificar que o cultivo consorciado de milho com *Urochloa* spp proporcionou maiores teores foliares de S se comparados ao cultivo solteiro.

No desdobramento da interação significativa para os teores de N foliar (Tabela 10), nota-se que o maior acúmulo de N foliar é obtido quando o milho é consorciado com a *U. ruziziensis* seguido pelo consórcio com o híbrido Mulato II. As espécies de *Urochloa* liberam “braquialactona”, um inibidor biológico de nitrificação, que atua na supressão da atividade das nitrossomonas (SUBBARAO *et al.*, 2007, 2009; JONES, 2013). Devido à ação inibitória deste composto, a adubação nitrogenada em cobertura, nos consórcios, pode ter tido maior aproveitamento, reduzindo perdas e garantindo maior suprimento deste elemento para a cultura do milho.

As perdas de nitrogênio ocorrem principalmente através de vias de nitrificação e desnitrificação (GROENIGEN *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2017). Espécies de *Urochloa* devem reduzir as perdas de nitrogênio devido à lixiviação de nitrato e emissões de óxido nitroso. As gramíneas forrageiras tropicais têm suprimido nitrato lixiviado e mitigado emissões de óxido nitroso (BYRNES *et al.*, 2017; KARWAT *et al.*, 2017).

Tabela 10 - Desdobramento da interação entre correção do Solo (C) x modalidade de cultivo (M) para teor foliar de Nitrogênio (N) na cultura do milho em área com irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2018.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
	Teor de N (g kg ⁻¹)		
Testemunha	20,93 cB	26,63 aA	21,14 dB
Gesso	25,55 aB	27,05 aA	26,46 aAB
Calcário (0-0,2m)	24,78 aB	27,12 aA	25,06 bB
Calcário + Gesso (0-0,2m)	2341 bB	27,23 aA	27,61 aA
Calcário (0-0,4m)	21,98 cB	24,67 bA	23,10 cB
Calcário + Gesso (0-0,4m)	23,34 bB	27,26 aA	23,97 bcB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Ainda, devido à redução da nitrificação, predomina-se no solo o nitrogênio na forma de NH_4^+ , o qual é absorvido pelas plantas com menor consumo de ATP em função da diminuição da redução assimilatória do nitrato (SUBBARAO *et al.*, 2015).

Para o teor foliar de Ca, no tecido vegetal da cultura do milho, em área irrigada, também houve interação significativa dos fatores, sendo o desdobramento apresentado na Tabela 11. Os maiores teores foram encontrados quando o milho foi consorciado com *U. ruziziensis* seguido pelo consórcio com o híbrido Mulato II. No cultivo solteiro, o maior teor foliar de cálcio foi obtido quando houve a gessagem (G) e a calagem visando correção até 0,4m C (0-0,4). Nos consórcios com as espécies de *Urochloa*, os maiores teores de Ca foram proporcionados pela calagem até 0,2 m.

Tabela 11 - Desdobramento da interação entre correção do Solo (C) x modalidade de cultivo (M) para o teor foliar de Cálcio (Ca) na cultura do milho em área com irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2018.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
	Teor de Ca (g kg^{-1})		
Testemunha	3,18 bB	4,05 bA	3,36 bAB
Gesso	4,30 aA	4,03 bA	3,86 bA
Calcário (0-0,2m)	3,66 abA	4,18 bA	3,67 bA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	3,95 abA	4,89 abA	5,41 aA
Calcário (0-0,4m)	4,19 aB	5,27 aA	3,63 bB
Calcário + Gesso (0-0,4m)	4,05 abA	4,38 bA	3,81 bA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

De maneira geral, os teores de Ca foliar, apresentaram-se acima da faixa de suficiência para a cultura ($2,5 - 4,0 \text{ g kg}^{-1}$). O Ca é indispensável para a germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico. É componente da parede celular e também exerce importante papel na preservação das raízes e absorção iônica (MALAVOLTA, 2006; ARAÚJO *et al.*, 2009).

Assim como o Ca, o teor de Mg foliar foi influenciado pela interação entre correção do solo e modalidade de cultivo. De acordo com o desdobramento apresentado na Tabela 12, os maiores teores de Mg entre as modalidades de cultivo, também foram proporcionados pela *U. ruziziensis*, assim como para o Ca.

No desdobramento de correção química do solo dentro do consórcio com *U. ruziziensis*, os menores teores de Mg foram obtidos quando não houve adição de corretivo e quando realizou-se a gessagem. A aplicação de gesso está associada à

maior lixiviação de cátions, principalmente o Ca e o Mg para camadas mais profundas (CAIRES; JORIS; CHURKA, 2011), o que pode ter ocasionado menor absorção e consequentemente menor acúmulo de Mg no tecido foliar.

Tabela 12 - Desdobramento da interação entre correção do Solo (C) x modalidade de cultivo (M) para teor foliar de Magnésio (Mg) na cultura do milho em área com irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2018.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
	Teor de Mg (g kg ⁻¹)		
Testemunha	1,78 bB	2,26 abA	1,91 bB
Gesso	2,00 abA	1,92 bA	1,83 bA
Calcário (0-0,2m)	2,11 abA	2,42 aA	1,99 bA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	2,14 abB	2,38 aAB	2,62 aA
Calcário (0-0,4m)	2,22 aA	2,62 aA	1,74 bB
Calcário + Gesso (0-0,4m)	2,30 aAB	2,34 abA	1,85 bB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

De maneira geral, o milho teve maior acúmulo de macronutrientes nas folhas, em condição de sequeiro, quando foi consorciado com *U. ruziziensis* demonstrando que esta forrageira tem influência positiva na absorção de nutrientes da cultura graminífera quando em consórcio (Tabela 7).

Em relação aos teores de micronutrientes, ainda que a adição de corretivos ao solo, a priori, podem promover uma frente de correção agressiva, fazendo com que o pH do solo na camada mais superficial se eleve acima da faixa considerada ótima, promovendo diminuição da concentração de micronutrientes biodisponíveis na solução do solo (HARMSSEN; VLEK, 1985; CAIRES *et al.*, 2006), neste caso, o período decorrido da aplicação dos corretivos até a coleta foliar pode ter sido curto, não refletindo nos teores foliares de micronutrientes do milho em área irrigada (Tabela 13).

Tabela 13 - Valores de F e médias encontradas para os teores foliares de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) na cultura do milho nas diferentes modalidades de cultivo em função da correção química do solo em área com irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2018.

TRATAMENTOS	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (mg kg ⁻¹) -----			
CORREÇÃO (C)				
Testemunha	17,33	199,16	70,16 ab	28,50
Gesso	22,83	227,33	65,83 b	27,83
Calcário (0-0,2m)	26,11	199,66	60,33 b	28,33
Calcário + Gesso (0-0,2m)	22,66	230,83	76,77 a	33,50
Calcário (0-0,4m)	20,83	215,33	60,83 b	28,33
Calcário + Gesso (0-0,4m)	18,00	202,16	63,16 b	28,50
LSD	2,96	31,74	10,13	5,69
MODALIDADE (M)				
Milho	18,00 c	192,91 b	64,58	26,33 b
Milho + Mulato II	25,38 a	222,00 a	67,30	30,91 a
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	20,50 b	222,33 a	66,66	30,25 a
LSD	2,02	13,88	4,46	3,12
	Teste F			
p valor (C)	0,0541 ^{ns}	0,1096 ^{ns}	0,0327*	0,2980 ^{ns}
p valor (M)	<0,0001**	0,0002*	0,4341 ^{ns}	0,0120*
p valor (C x M)	0,0624 ^{ns}	0,0587 ^{ns}	0,1024 ^{ns}	0,0547 ^{ns}
Média Geral	21,29	212,41	66,18	29,16
CV. subparcela (%)	13,82	9,49	9,81	15,14

Nota: ** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os teores foliares dos micronutrientes Fe, Mn e Zn encontram-se dentro da faixa adequada para o desenvolvimento da cultura, enquanto que o teor de Cu obtido está acima da faixa de suficiência proposta por Malavolta et al. (1997). A modalidade influenciou nos teores de Cu, Fe e Zn, onde o cultivo do milho solteiro foi inferior aos demais para todos os micronutrientes. Para Cu foliar, o maior teor obtido foi quando o consórcio foi realizado com o híbrido Mulato II. Em relação a Fe e Zn, os consórcios com diferentes forrageiras não diferiram entre si, diferindo apenas do cultivo solteiro.

4.5 Produção de massa seca das forrageiras e grãos de milho

A produção de massa seca das plantas de cobertura (MSPC) foi influenciada pela interação entre as modalidades de cultivo e correção do solo tanto na área de sequeiro, quanto na área irrigada. Em relação à produtividade de grãos de milho (PROD), em área de sequeiro houve interação significativa dos fatores, enquanto que na área irrigada, apenas a correção do solo influenciou nos resultados obtidos (Tabela 14).

Tabela 14 - Teste F e médias obtidas para produção de massa seca de plantas de cobertura (MSPC) e produtividade de grãos de milho (PROD) e nas diferentes modalidades de cultivo em função da correção química do solo. Selvíria (MS), 2018.

TRATAMENTOS	MSPC		PROD	
	----- Mg ha ⁻¹ -----		----- Mg ha ⁻¹ -----	
CORREÇÃO (C)	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado
Testemunha	5,03	11,2	2,64	4,48 c
Gesso	5,58	10,9	2,99	4,93 bc
Calcário (0-0,2m)	6,08	10,0	2,51	4,82 bc
Calcário + Gesso (0-0,2m)	5,34	9,15	3,06	5,73 a
Calcário (0-0,4m)	5,78	8,88	3,32	5,07 bc
Calcário + Gesso (0-0,4m)	5,41	8,33	2,50	5,29 ab
LSD	0,61	1,22	0,40	0,59
MODALIDADE (M)				
Milho	1,61	6,5	2,88	4,89
Milho + Mulato II	7,39	12,0	2,84	4,91
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	7,79	10,7	2,79	5,46
LSD	0,25	1,07	0,19	0,54
	Teste F			
p valor (C)	0,0419*	0,0018**	0,0053**	0,0131*
p valor (M)	<0,0001**	<0,0001**	0,5717 ^{ns}	0,1507 ^{ns}
p valor (C x M)	0,0008**	0,0013**	<0,0001**	0,5268 ^{ns}
Média Geral	5,53	9,76	2,83	5,08
CV. subparcela (%)	15,04	14,02	9,81	15,70

Nota: ** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

O desdobramento da interação entre os fatores para MSPC em área de sequeiro e irrigado se encontra na Tabela 15. Com relação ao aporte de massa seca de parte aérea, proporcionado pela *U. ruziziensis* e híbrido Mulato II quando consorciados com milho, em ambas as áreas, pode-se afirmar que os valores obtidos estão acima dos valores adequados de fitomassa seca que proporcionem uma boa taxa de cobertura do solo, definidos por Kluthcouski & Aida (2003) e Cruz (2017), em que estes autores consideram que a quantidade mínima de massa seca deixada sobre o solo seja em média de 5 a 6 Mg ha⁻¹.

Embora a *U. ruziziensis* tenha sido superior ao híbrido Mulato II no comprimento de raízes ao longo do perfil do solo em área de sequeiro (Tabelas 3, 4 e 5), ambas as forrageiras foram similares na produção de massa seca da parte aérea, exceto para o tratamento de aplicação de calcário simultaneamente ao gesso até 0,4 m, no qual a *U. ruziziensis* proporcionou maior massa seca da parte aérea (Tabela 15). Em área irrigada, ainda que o híbrido Mulato II, de maneira geral, tenha apresentado maiores

comprimentos de raízes quando comparado a *U. ruziziensis*, esta última foi superior se tratando do aporte de massa seca de parte aérea.

Tabela 15 - Desdobramento da interação entre correção do solo (C) x modalidade de cultivo (M) para produção de massa seca de plantas de cobertura (MSPC) em Mg ha⁻¹. Selvíria, 2018.

CORREÇÃO DO SOLO	Milho	MODALIDADE	
		Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
		Produção de MS (Mg ha ⁻¹)	
		Sequeiro	
Testemunha	1,33 Ba	6,68 Ac	7,08 Ab
Gesso	2,71 Ba	6,77 Ac	7,77 Aab
Calcário (0-0,2m)	1,92 Ba	7,38 Abc	8,95 Aa
Calcário + Gesso (0-0,2m)	1,39 Ba	6,71 Ac	7,97 Aab
Calcário (0-0,4m)	0,97 Ba	8,66 Aab	7,70 Aab
Calcário + Gesso (0-0,4m)	1,79 Ca	9,42 Aa	5,01 Bc
		Irrigado	
Testemunha	5,98 bC	14,07 aA	11,6 aB
Gesso	6,19 bC	14,71 aA	11,8 aB
Calcário (0-0,2m)	8,79 aB	12,01 bA	9,44 abAB
Calcário + Gesso (0-0,2m)	5,91 bC	9,09 cB	11,7 aA
Calcário (0-0,4m)	5,67 bC	10,34 bcA	11,4 aA
Calcário + Gesso (0-0,4m)	6,50 abB	10,23 bcA	8,25 bAB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

A *U. ruziziensis* foi responsável pela maior produtividade de massa seca em área de sequeiro, chegando a produzir 9,4 Mg ha⁻¹ quando realizou-se a calagem simultaneamente a gessagem até 0,4 m, no entanto, este resultado não diferiu do tratamento com aplicação de calcário na mesma camada de solo (8,6 Mg ha⁻¹). O calcário aplicado até 0,2 m proporcionou a maior produção de massa seca do híbrido Mulato II, produção esta de 8,8 Mg ha⁻¹ seguida por 7,9, 7,8 e 7,7 Mg ha⁻¹ obtidas pelos tratamentos C + G (0-0,2), G e C (0-0,4), respectivamente. Com a presença de irrigação, o maior aporte de massa seca também foi obtido pela *U. ruziziensis*, a qual produziu 14 Mg ha⁻¹ em área não corrigida, no entanto, este resultado não foi diferente do tratamento em que foi realizado a gessagem (14,7 Mg ha⁻¹).

Em área de sequeiro, em média, foram produzidos 1,61 Mg ha⁻¹ de massa seca de vegetação espontânea, 7,61 Mg ha⁻¹ de fitomassa de Mulato II e 7,39 Mg ha⁻¹ de fitomassa proveniente da *Urochloa ruziziensis*. Já em área irrigada, a vegetação espontânea proporcionou 4,89 Mg ha⁻¹ de fitomassa, enquanto a *U. ruziziensis* e o híbrido 4,91 e 5,46 Mg ha⁻¹, respectivamente. É necessário enfatizar que a qualidade

do material deixado pelas forrageiras sobre o solo é de extrema qualidade quando comparado às daninhas (CURY *et al.*, 2012).

Nas parcelas onde não havia *Urochloa* spp, em condição de sequeiro, as plantas daninhas mais abundantes eram Capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), Caruru (*Amaranthus deflexus*) e Capim-amargoso (*Digitaria insularis*). Em área irrigada as plantas espontâneas mais comum foram Corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), Picão-preto (*Bidens pilosa*) e, principalmente, Capim-amargoso (*Digitaria insularis*), sendo esta, a maior contribuinte para o aporte de fitomassa nestas parcelas.

Determinadas plantas daninhas podem apresentar maiores teores de nutrientes em relação à *Urochloa*, porém, devido à sua baixa produção de matéria seca, apresentam menor retorno potencial destes ao sistema (RONCHI *et al.*, 2003). Estas plantas, além de terem a capacidade de infestar a área de cultivo (grande capacidade de reprodução), ainda podem ser hospedeiras de pragas e doenças (NEPOMUCENO *et al.*, 2007), que tendem a causar problemas para a cultura subsequente. Outro fator a ser considerado é a capacidade por competição de fatores abióticos como água, luz e nutrientes (CURY *et al.*, 2012). Em vários estudos, as vantagens das forrageiras como plantas de cobertura são demonstradas, no que diz respeito à química e à física do solo e às variáveis de ordem sanitária (MACHADO; ASSIS, 2010).

Em vista do exposto, é de suma importância a formação e palhada para atender as premissas do plantio direto, porém, é necessário que a mesma apresente alta qualidade, como é o caso das espécies de *Urochloa*. A fitomassa produzida pelo milho em consórcio com forrageiras do gênero *Urochloa* são as mais indicadas para cobertura do solo, pois além de proporcionar proteção do solo por mais tempo também atuam na reciclagem de nutrientes (CALONEGO *et al.*, 2012).

Observa-se que para produtividade de grãos de milho em condição de sequeiro houve interação entre os fatores modalidade de cultivo (M) e correção do solo (C) (Tabela 14). A média geral de produtividade nesta condição ($2,8 \text{ Mg ha}^{-1}$) obtida neste trabalho, encontra-se abaixo da média nacional ($4,7 \text{ Mg ha}^{-1}$) e média do estado ($3,8 \text{ Mg ha}^{-1}$) referente ao milho segunda safra de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2018). A semeadura tardia do experimento, realizada em 27 de Março, ficou fora do período recomendado pelo zoneamento agropecuário, o qual define que o cultivo em sequeiro deve ser semeado no máximo até 15 de março (CONAB, 2018).

De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2000), o potencial produtivo do milho é definido precocemente, ou seja, por ocasião da emissão da quarta folha (V4), podendo estender-se até a sexta folha (V6), principalmente em função da diferenciação da inflorescência masculina antes da inflorescência feminina. A combinação de elevadas temperaturas com ausência de chuvas, que ocorreram em períodos críticos da lavoura (Figura 1) como na diferenciação floral, por volta do estágio V4 e V5 comprometeram os níveis de produtividades. Portanto, observou-se menor produtividade de grãos de milho em relação à média nacional para a semeadura em segunda safra em área de sequeiro.

Quanto ao desdobramento, as modalidades de cultivo em sequeiro diferenciaram-se entre si em função do tratamento de correção que receberam (Tabela 16). Vale ressaltar que o solo onde o experimento foi instalado apresentava boa fertilidade inicial, o que fez com que o tratamento testemunha, o qual não recebeu corretivo, tenha apresentado resultados de produção semelhantes aos tratamentos com adição de calcário e/ou gesso. Além disso, o curto tempo entre a aplicação dos corretivos e a semeadura do milho, aliado ao déficit hídrico durante o ciclo da cultura, podem ter influenciado na resposta dos tratamentos sobre a produtividade de grãos. Em virtude da baixa solubilidade, a presença e o tempo de contato da água, com o calcário e gesso, são de importância fundamental para que haja a reação destes no solo (BARROS *et al.*, 2009).

Tabela 16 - Desdobramento da interação entre correção do solo (C) x modalidade de cultivo (M) para produção de grãos do híbrido 2B710 (Mg ha⁻¹) sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2018.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
	Produção de grãos (Mg ha ⁻¹)		
Testemunha	3,10 Ab	2,59 Bbc	2,22 Bc
Gesso	2,28 Bcd	3,54 Aa	3,14 Aab
Calcário (0-0,2m)	2,11 Bd	2,32 Bc	3,08 Aab
Calcário + Gesso (0-0,2m)	2,89 Bb	2,72 Bbc	3,56 Aa
Calcário (0-0,4m)	4,14 Aa	3,09 Bab	2,69 Bbc
Calcário + Gesso (0-0,4m)	2,75 Abc	2,41 Ac	2,33 Ac

Nota: T: Testemunha; G: Gesso; C (0-0,2): correção com calcário até 0,2m; C+ G (0-0,2) correção com calcário e gesso até 0,2 m; C (0-0,4): correção com calcário até 0,4m; C+ G (0-0,4) correção com calcário e gesso até 0,4 m. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

O milho solteiro, cultivado em sequeiro, teve melhor desempenho quando a correção com calcário foi efetuada até 0,4 m, com produtividade média de grãos de 4,14 Mg ha⁻¹ sendo esta superior à média do estado e a que mais se aproximou da média nacional para a safra. Quando cultivado com a espécie *U. ruziziensis*, a maior produtividade de grãos foi obtida no tratamento onde se realizou apenas a gessagem ou correção com calcário até 0,4 m, com 3,54 e 3,09 Mg ha⁻¹ de grãos, respectivamente. A maior produção de grãos de milho no consórcio com o híbrido Mulato II (3,56 Mg ha⁻¹), foi obtida quando se efetuou a calagem simultaneamente à gessagem até a camada de 0,2 m, no entanto não diferiu dos tratamentos G e C (0-0,2) (Tabela 16).

Quanto à produtividade de grãos de milho em área irrigada, apenas a correção química do solo influenciou nos resultados obtidos, o que pode ser observado na Tabela 14. A média geral de produtividade, quando houve a irrigação suplementar, foi de 5,08 Mg ha⁻¹, sendo superior à do estado e do Brasil na safra em que o experimento foi desenvolvido, inferindo sobre a importância da disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura.

A adição de calcário simultaneamente à do gesso visando à correção do solo até 0,2 m proporcionou a maior produtividade de grãos de milho, seguida da adição destes mesmos corretivos até 0,4 m com valores de 5,73 e 5,29 Mg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 14). A umidade do solo, proveniente da irrigação da área, permitiu que houvesse reatividade dos corretivos no solo. O aumento de produtividade exercido pela combinação do calcário e do gesso deve-se ao fato da maior disponibilidade de macronutrientes pelo perfil do solo, como o Ca, Mg e S e pela possível redução nos teores de Al³⁺, propiciando condições químicas mais favoráveis ao desenvolvimento radicular, absorção de água e nutrientes (ZANDONÁ *et al.*, 2015).

A cultura granífera quando consorciada com forrageiras do gênero *Urochloa* não apresentou redução de produtividade em comparação ao cultivo realizando de forma exclusiva, indicando que as espécies forrageiras não influenciaram negativamente neste parâmetro corroborando com resultados obtidos por Garcia *et al.* (2012), Chioderoli *et al.* (2012), Alves *et al.* (2013) e Seidel *et al.* (2014), em condições semelhantes. Neste sentido, o consórcio do milho segunda safra com espécies forrageiras representa uma boa alternativa para manter o milho como cultura de rendimento econômico, sem apresentar reduções significativas no rendimento de grãos e por aumentar a quantidade de resíduos na superfície do solo.

4.6 Estado nutricional da cultura da soja em área de sequeiro

Quanto aos teores foliares dos macronutrientes obtidos na cultura da soja em condição de sequeiro, os valores obtidos para N, K e S encontram-se abaixo da faixa de suficiência para a cultura, as quais são 44-55, 17-25 e 2,1-4,0 g kg⁻¹, respectivamente, segundo Malavolta et al. (1997). Segundo o mesmo autor, os teores foliares de P, Ca e Mg estão dentro dos valores adequados para soja (Tabela 17).

Tabela 17 - Valores de F e médias encontradas para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura da soja em função dos tratamentos sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2019.

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- (g kg ⁻¹) -----					
CORREÇÃO (C)						
Testemunha	36,03 a	3,76	16,59	7,57	3,31	2,09
Gesso	36,97 a	3,35	16,25	8,12	3,23	2,18
Calcário (0-0,2m)	35,64 a	3,59	15,24	7,24	3,10	1,92
Calcário + Gesso (0-0,2m)	35,29 ab	3,25	14,70	8,11	3,15	2,04
Calcário (0-0,4m)	33,42 b	3,34	15,62	8,02	3,17	1,52
Calcário + Gesso (0-0,4m)	36,85 a	3,66	15,82	7,81	3,21	2,18
LSD	2,03	0,48	1,37	0,74	0,36	0,28
MODALIDADE (M)						
Milho	35,04 b	3,31 b	16,35 a	7,88	3,12 b	1,80
Milho + Mulato II	35,14 b	3,29 b	16,05 a	8,13	3,35 a	1,77
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	36,7 a	3,88 a	14,72 b	7,43	3,12 b	2,39
LSD	1,58	0,27	0,65	0,21	0,12	0,23
	Teste F					
p valor (C)	0,0290*	0,2025 ns	0,1066 ns	0,1011 ns	0,8514 ns	0,0035**
p valor (M)	0,0354*	0,0002**	<0,0001**	<0,0001**	0,0006**	<0,0001**
p valor (C x M)	0,0662 ns	0,0971 ns	0,0784 ns	<0,0001**	0,0874 ns	0,0061**
Média Geral	35,70	3,49	15,71	7,81	3,20	1,99
CV. subparcela (%)	7,51	11,43	6,05	3,90	5,53	13,25

Nota: ** significativo p<0,01; *significativo 0,01<p<0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

O efeito residual da aplicação de calcário e /ou gesso e a palhada resultante das modalidades de cultivo alteraram os valores de N na cultura da soja de maneira independente. O menor teor de N foi obtido quando se realizou a calagem até 0,4 m, os demais valores foram semelhantes estatisticamente. A semelhança entre os diversos tratamentos reflete a boa fertilidade inicial do solo associada à estiagem enfrentada durante o período de condução do experimento, o que influenciou na solubilização dos corretivos.

Com relação à influência das modalidades de cultivo, a soja quando cultivada sobre a palhada de milho com *U. ruziziensis* apresentou maior teor foliar de N, o que pode ser associado a ação da braquialactona, a qual inibe a nitrificação. A capacidade de inibir a nitrificação pela liberação de compostos de inibição de nitrificação biológica (BNI) de raízes parece ser generalizada entre as *Urochloa* spp. No entanto, Fernandes et al. (2011), ao avaliar a capacidade das espécies *U. brizantha*, *U. ruziziensis* e *U. decumbens* em inibir o processo de nitrificação, em área de sequeiro, observaram que a *U. ruziziensis*, quando resultou na menor concentração de nitrato do solo (uma evidência de inibição da nitrificação). A acumulação de BNIs no solo cultivado com *Urochloa* spp pode melhorar a eficiência do uso de N da cultura subsequente (MORETA et al., 2014).

Se tratando do acúmulo de P nas folhas de soja, a modalidade de cultivo, isoladamente, teve influência no acúmulo deste macronutriente, onde o maior teor foliar foi encontrado quando a cultura da soja foi cultivada sobre palhada do consórcio de milho com *U. ruziziensis*, inferindo sobre a capacidade de ciclagem deste nutriente pela forrageira. Quanto ao teor de K nas folhas de soja, os maiores acúmulos foram proporcionados quando a soja foi semeada em área cultivada com milho solteiro e milho consorciado com o híbrido Mulato II.

Os teores de Ca foram influenciados pela interação entre as modalidades de cultivo e correção química do solo (Tabela 18).

Tabela 18 - Desdobramento da interação entre correção do Solo (C) x modalidade de cultivo (M) para teor foliar de Cálcio (Ca) na cultura da soja em função dos tratamentos sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2019.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
	Teor de Ca (g kg ⁻¹)		
Testemunha	7,84 abA	7,84 aA	7,04 cB
Gesso	8,26 aA	7,70 abB	8,40 bA
Calcário (0-0,2m)	7,32 bA	6,95 bA	7,76 cA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	7,79 abB	7,06 abC	9,49 aA
Calcário (0-0,4m)	7,83 abB	7,34 abB	8,91 abA
Calcário + Gesso (0-0,4m)	8,25 aA	7,69 abB	7,48 cB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os menores teores de Ca, de maneira geral, foram obtidos quando o milho foi consorciado com *U. ruziziensis*. O maior acúmulo de Ca nas folhas de soja foi proporcionado quando esta foi cultivada sobre a palhada do consórcio do milho com

o híbrido Mulato II com correção do solo até 0,2 m pela aplicação do calcário simultaneamente à gessagem. Os tratamentos C+G (0 – 0,2) e C (0 – 0,4) foram os tratamentos que proporcionaram resultados satisfatórios nas três modalidades de cultivo.

O desdobramento da interação entre correção do solo e modalidades de cultivo para os teores de S nas folhas de soja pode ser observado na Tabela 19. O maior acúmulo de S foliar foi obtido quando a cultura se desenvolveu sobre a palhada remanescente do cultivo consorciado de milho com *U. ruziziensis* com a aplicação de calcário e gesso até 0,4 m.

Tabela 19 - Desdobramento da interação entre correção do Solo (C) x modalidade de cultivo (M) para teor foliar de Enxofre (S) na cultura da soja em função dos tratamentos sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2019.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
	Teor de S (g kg ⁻¹)		
Testemunha	1,54 bB	2,62 abA	2,10 aAB
Gesso	2,70 aA	2,39 abcA	1,45 bcB
Calcário (0-0,2m)	1,80 bA	2,17 bcA	1,78 abA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	1,59 bB	2,43 abcA	2,10 aAB
Calcário (0-0,4m)	1,44 bAB	1,97 cA	1,16 cB
Calcário + Gesso (0-0,4m)	1,76 bB	2,76 aA	2,03 aB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Quanto aos teores de micronutrientes em folhas de soja, em área de sequeiro, estes podem ser visualizados na Tabela 20. A concentração média de Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) na cultura da soja estão dentro dos padrões preestabelecidos para a cultura, sendo estes 10,0-30,0 mg kg⁻¹ para Cu, 51,0-350,0 para Fe e 21,0-100,0 mg kg⁻¹ para Mn. Em relação ao teor foliar médio de Zn, este se encontra acima da faixa adequada para a cultura (21,0-50,0 mg kg⁻¹) segundo Malavolta et al. (1997).

Tabela 20 - Valores de F e médias encontradas para os teores foliares de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) na cultura da soja em função dos tratamentos sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2019.

TRATAMENTOS	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (mg kg ⁻¹) -----			
CORREÇÃO (C)				
Testemunha	12,66	169,50	94,33	73,16
Gesso	10,50	167,33	101,00	66,83
Calcário (0-0,2m)	8,83	133,16	101,50	64,33
Calcário + Gesso (0-0,2m)	18,33	183,16	99,33	62,00
Calcário (0-0,4m)	12,33	182,83	89,66	65,66
Calcário + Gesso (0-0,4m)	15,00	144,83	90,50	68,66
LSD	3,25	14,31	13,01	7,95
MODALIDADE (M)				
Milho	14,91	176,16	117,33 a	36,00 b
Milho + Mulato II	14,16	169,00	123,25 a	37,83 b
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	9,75	145,25	47,58 b	111,50 a
LSD	2,12	8,58	23,54	11,43
	Teste F			
p valor (C)	0,0009**	<0,0001**	0,2371 ^{ns}	0,0745 ^{ns}
p valor (M)	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**
p valor (C x M)	0,0004**	0,0002**	0,0571 ^{ns}	0,1045 ^{ns}
Média Geral	12,94	163,47	96,05	61,77
CV. subparcela (%)	17,21	7,63	16,21	14,35

Nota: ** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

A modalidade de cultivo da safra anterior influenciou significativamente o acúmulo dos micronutrientes Mn e Zn na cultura da soja. A palhada obtida através do consórcio de milho com *U. ruziziensis* levou a um menor acúmulo de Mn nas folhas da soja cultivada em sucessão, enquanto que as demais modalidades de cultivo (milho e milho+Mulato II) proporcionaram valores superiores, inclusive acima da faixa de suficiência da cultura. Em contrapartida, se tratando do micronutriente Zn, a palhada de *U. ruziziensis* proporcionou maior retorno quando comparado aos demais, proporcionando acúmulo de 111,50 mg kg⁻¹ nas folhas de soja, inferindo sobre a capacidade da *U. ruziziensis* de absorver e disponibilizar altas quantidades de Zn para a cultura em sucessão.

Houve efeitos significativos da interação entre os fatores para os teores foliares na cultura da soja, em área de sequeiro, para os micronutrientes Cu e Fe, onde os desdobramentos das interações estão dispostos na Tabela 21.

Tabela 21 - Desdobramentos da interação entre correção do Solo (C) x modalidade de cultivo (M) para teor foliar dos micronutrientes Cobre (Cu) e Ferro (Fe) na cultura da soja em função dos tratamentos sob condição de sequeiro. Selvíria (MS), 2019.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
	Teor de Cu (mg kg⁻¹)		
Testemunha	17,50 abA	10,00 bB	10,50 cdB
Gesso	15,00 bcA	8,00 bB	8,50 dB
Calcário (0-0,2m)	11,50 cdA	7,00 bA	8,00 dA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	15,00 bcB	16,50 aB	23,50 aA
Calcário (0-0,4m)	9,50 dB	8,50 bB	19,00 abA
Calcário + Gesso (0-0,4m)	21,00 aA	8,50 bC	15,50 bcB
	Teor de Fe (mg kg⁻¹)		
Testemunha	167,50 bAB	158,50 abB	182,50 bA
Gesso	195,00 aA	135,00 cdC	172,00 bB
Calcário (0-0,2m)	150,50 bA	121,50 dB	127,50 cB
Calcário + Gesso (0-0,2m)	203,50 aA	138,50 bcdB	207,50 aA
Calcário (0-0,4m)	192,50 aA	165,50 aB	190,50 abA
Calcário + Gesso (0-0,4m)	148,00 bA	152,50 abcA	134,00 cA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Com relação ao desdobramento da interação para acúmulo de Cu nas folhas de soja, é notório que, de maneira geral, ao levar em conta as modalidades de cultivo, a soja cultivada sobre palhada de *U. ruziziensis* apresentou menores teores foliares de Cu quando comparada às demais coberturas. Dentro de cada consórcio, houve variação dos teores de cobre em função da correção química do solo.

A soja semeada na área em que houve o cultivo solteiro de milho na safra anterior obteve maior acúmulo de Cu quando houve a calagem simultaneamente à gessagem até a camada 0,4 m, enquanto que apenas a calagem promoveu o menor acúmulo nestas condições. Quando a soja se desenvolveu sobre a palhada de *U. ruziziensis* e híbrido Mulato II os maiores teores foliares de Cu foram encontrados no tratamento com calagem simultaneamente à gessagem até 0,2 m.

Quanto aos teores de Fe, a soja cultivada em sucessão ao milho solteiro apresentou maiores teores foliar deste micronutriente quando comparado aos consórcios. A calagem visando correção até 0,4 m (C (0-0,4)) proporcionou maiores valores em todas as modalidades. Em contrapartida, a aplicação de calcário até 0,2 m, em todos os cultivos, foi o tratamento em que houve menor acúmulo do micronutriente na soja.

4.7 Estado nutricional da cultura da soja em área irrigada

Os teores de macronutrientes no tecido foliar de soja em área irrigada em sua maioria encontram-se dentro da faixa adequada para cultura, exceto N e K, os quais se apresentam abaixo (Tabela 22). O teor de N nas folhas de soja foi influenciado pelos fatores estudados, isoladamente, e maior acúmulo de N nas folhas de soja foi proporcionado pelo efeito residual da calagem e gessagem visando correção do perfil até 0,4 m.

A soja quando cultivada sobre palhada remanescente do consórcio de milho com o híbrido Mulato II apresentou maior acúmulo do macronutriente nas folhas, seguido pelo consórcio de milho com *U. ruziziensis*. A maior disponibilidade de N em área que continha consórcio anteriormente pode ter sido resultado da redução da nitrificação no solo oferecida pelos compostos da *Urochloa* (PACHECO *et al.*, 2017).

Quanto aos teores de P foliar, estes foram influenciados somente pela modalidade de cultivo (Tabela 22). O maior acúmulo deste macronutriente foi obtido no cultivo de soja sobre palhada remanescente do consórcio de milho com Mulato II, seguido pelo consórcio com *U. ruziziensis* e milho solteiro. Ainda que, a correção química não tenha sido significativa, o maior teor obtido deste macronutriente foi quando houve a calagem e gessagem até 0,4 m, pelo fato de que a elevação do pH permitem uma maior disponibilidade de P oriundo dos fosfatos solúveis, tornando o P mais disponível para as plantas nesta dada condição (DIAS *et al.*, 2015).

Tabela 22 - Valores de F e médias encontradas para os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura da soja em função dos tratamento em área com irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2019.

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- (g kg ⁻¹) -----					
CORREÇÃO (C)						
Testemunha	41,81 c	2,68	15,01	11,71	3,84	2,74
Gesso	38,60 d	2,59	12,00	10,54	3,44	3,51
Calcário (0-0,2m)	44,31 b	2,57	13,50	11,50	3,68	3,35
Calcário + Gesso (0-0,2m)	42,33 c	2,72	13,52	10,35	3,37	3,40
Calcário (0-0,4m)	44,48 b	2,77	14,09	13,18	4,37	3,15
Calcário + Gesso (0-0,4m)	45,63 a	2,81	15,50	11,73	3,81	2,96
LSD	1,13	0,35	2,87	1,21	0,42	0,32
MODALIDADE (M)						
Milho	41,25 c	2,57 b	13,89	12,24	3,94	3,31
Milho + Mulato II	44,47 a	2,88 a	14,59	12,36	4,07	3,40
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	42,87 b	2,61 b	13,33	9,92	3,24	2,86
LSD	1,16	0,19	1,37	0,67	0,29	0,25
	Teste F					
p valor (C)	0,0015**	0,2288 ns	0,1519 ns	0,0046 ns	0,0044**	0,0024**
p valor (M)	<0,0001**	0,0048**	0,1880 ns	<0,0001**	<0,0001**	0,0004**
p valor (C x M)	0,0547 ns	0,0984 ns	0,0687 ns	0,0002**	0,0005**	0,0004**
Média Geral	42,86	2,69	13,94	11,50	3,75	3,19
CV. subparcela (%)	3,93	10,36	14,32	8,47	11,36	11,4

Nota: ** significativo $p < 0,01$; *significativo $0,01 < p < 0,05$; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

O teor de K nas folhas de soja não foi influenciado por nenhum dos fatores estudados. Em contrapartida, para os teores de Ca, Mg e S houve interação entre a correção química do solo e modalidade de cultivo (Tabela 23). Ao analisar os desdobramentos das interações entre os fatores para os macronutrientes Ca, Mg e S é possível afirmar que a soja quando cultivada sobre a palhada de milho consorciado com o híbrido Mulato II teve maiores acúmulos destes nutrientes quando comparado à outras modalidades de cultivo. Este fato implica na maior reciclagem destes nutrientes pela forrageira híbrida de *Urochloa*, tornando estes biodisponíveis em maiores quantidades para a cultura em sucessão.

A soja quando cultivada sobre a palhada de milho solteiro, para os macronutrientes Ca e Mg, os maiores teores foram obtidos quando a calagem foi realizada até 0,4 m. Enquanto que para S o maior acúmulo ocorreu quando a calagem foi realizada até 0,2 m seguidos de apenas gessagem e da testemunha.

Tabela 23 - Desdobramentos da interação Correção do Solo (C) x Modalidade de cultivo (M) para teor foliar de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na cultura da soja em sucessão ao cultivo de milho sob diferentes modalidades de cultivo e correção química do solo em área com irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2019.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
	Teor de Ca (g kg⁻¹)		
Testemunha	11,90 bA	11,61 aA	11,63 cA
Gesso	11,52 bA	8,87 bB	11,25 cA
Calcário (0-0,2m)	11,41 bB	8,91 bC	14,19 aA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	10,86 bA	9,03 bB	11,17 cA
Calcário (0-0,4m)	16,25 aA	10,96 aB	12,37 bcB
Calcário + Gesso (0-0,4m)	11,51 bB	10,14 abB	13,56 abA
	Teor de Mg (g kg⁻¹)		
Testemunha	3,71 bA	3,80 aA	4,02 aA
Gesso	3,37 bA	2,86 bcB	3,80 aA
Calcário (0-0,2m)	3,44 bB	3,21 abcB	4,40 aA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	3,59 bA	2,72 cB	3,81 aA
Calcário (0-0,4m)	5,71 aA	3,44 abB	3,97 aB
Calcário + Gesso (0-0,4m)	3,53 bB	3,44 abB	4,45 aA
	Teor de S (g kg⁻¹)		
Testemunha	3,47 abA	1,94 cC	2,81 cB
Gesso	3,61 abA	3,35 aA	3,57 abA
Calcário (0-0,2m)	3,80 aA	2,65 bB	3,69 abA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	2,80 cB	3,32 aB	4,09 aA
Calcário (0-0,4m)	3,07 bcA	3,42 aA	2,96 cA
Calcário + Gesso (0-0,4m)	3,11 bcAB	2,51 bcB	3,25 bcA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Quando a soja foi semeada em palhada remanescente de *U. ruziziensis* proveniente do consórcio, os maiores acúmulos de Ca no tecido foliar foram obtidos nos tratamentos onde não houve a correção química do solo e quando se realizou a calagem até 0,4 m. Em relação à Mg, o maior teor foi obtido também quando não houve a correção química do solo. Enquanto que, o acúmulo de S nas folhas de soja, ainda sobre palhada de *U. ruziziensis*, foi obtido em maior quantidade quando anteriormente foi realizada a calagem simultaneamente à gessagem até 0,2 m, gessagem e /ou calagem até 0,4 m.

Quanto aos teores dos macronutrientes Ca, Mg e S obtidos em folhas de soja cultivada em sucessão à palhada de milho consorciado ao Mulato II, pode-se afirmar que o Ca foi acumulado em maior quantidade nas folhas de soja quando houve a realização da calagem até 0,2 m anteriormente. Já para Mg, a correção química do solo não influenciou nos valores deste macronutriente encontrados na cultura da soja. Enquanto que, o maior teor foliar de S foi obtido com a gessagem associada a calagem visando correção até 0,2 m.

Os teores de micronutrientes obtidos no tecido foliar de soja, em área irrigada encontram-se na tabela 24. O acúmulo médio Ferro (Fe) e Manganês (Mn) estão dentro da faixa de suficiência para a cultura, sendo estas de 51,0-350,0 mg kg⁻¹ para Fe e 21,0-100,0 mg kg⁻¹ para Mn. O teor médio foliar obtido para Cobre (Cu) encontra-se abaixo dos valores propostos como adequados (10,0-30,0 mg kg⁻¹) e para Zinco (Zn) (21,0 – 50,0 mg kg⁻¹) acima dos padrões preestabelecidos por Malavolta et al. (1997) para a cultura da soja.

Tabela 24 - Valores de F e médias encontradas para os teores foliares de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) na cultura da soja em função dos tratamentos em área com irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2019.

TRATAMENTOS	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (mg kg ⁻¹) -----			
CORREÇÃO (C)				
Testemunha	7,83	96,00	196,83	52,33 a
Gesso	7,16	93,33	195,00	50,16 ab
Calcário (0-0,2m)	7,33	87,83	173,83	48,33 bc
Calcário + Gesso (0-0,2m)	6,83	89,83	174,16	49,16 bc
Calcário (0-0,4m)	7,33	83,83	160,33	47,00 c
Calcário + Gesso (0-0,4m)	9,50	90,66	174,33	50,16 ab
LSD	1,05	8,56	18,55	2,56
MODALIDADE (M)				
Milho	6,83	85,66	193,08	50,66
Milho + Mulato II	8,16	98,25	170,50	49,91
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	8,00	86,83	173,66	48,00
LSD	2,12	8,58		
		Teste F		
p valor (C)	0,0025**	0,1082 ^{ns}	0,0094**	0,0148*
p valor (M)	0,0018**	0,0013**	0,0821 ^{ns}	0,3932 ^{ns}
p valor (C x M)	0,0043**	0,0011**	0,0169**	0,1974 ^{ns}
Média Geral	7,66	90,25	179,08	49,52
CV. subparcela (%)	13,9	10,96	15,24	11,95

Nota: ** significativo p<0,01; *significativo 0,01<p<0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Os teores foliares de Zn em soja foram influenciados apenas pela correção química do solo (Tabela 24). O maior acúmulo de zinco se deu quando não houve correção do solo, e o menor quando a calagem foi realizada com objetivo de corrigir o solo até a camada 0 – 0,4 m. O Zn, além de ser indisponibilizado pela elevação abrupta do pH, o mesmo também apresenta forte inibição competitiva com o Ca fornecido pelo calcário (GALON; BELLINGIERI; ALCARDE, 1996), o que reduz ainda mais seus teores disponíveis no solo e, conseqüentemente, na planta. Embora o valor obtido com a calagem (0-0,4 m) tenha sido inferior aos demais, ainda se encontra dentro da faixa recomendada.

O acúmulo dos demais micronutrientes no tecido foliar de soja foi influenciado pela interação entre os fatores (Tabela 24). De acordo com o desdobramento apresentado na Tabela 25, os maiores teores de Cu foram obtidos quando a soja foi cultivada em sucessão aos consórcios de milho com as forrageiras. O maior acúmulo de Cu foi constatado quando anteriormente houve a calagem simultaneamente à aplicação de gesso (0 – 0,4 m) na área cultivada com milho e *U. ruziziensis*.

Tabela 25 - Desdobramento da interação entre correção do Solo (C) x modalidade de cultivo (M) para teor foliar de Cobre (Cu) na cultura da soja em função dos tratamentos em área com irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2019.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
	Teor de Cu (mg kg ⁻¹)		
Testemunha	7,50 aA	7,50 bA	8,50 aA
Gesso	7,00 aA	6,50 bA	8,00 aA
Calcário (0-0,2m)	6,50 aB	7,00 bAB	8,50 aA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	6,00 aA	7,00 bA	7,50 aA
Calcário (0-0,4m)	6,50 aA	7,50 bA	8,00 aA
Calcário + Gesso (0-0,4m)	7,50 aB	12,50 aA	8,50 aB

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Em relação à biodisponibilidade de Fe e consequente acúmulo deste micronutriente nas folhas de soja, pode-se afirmar, a partir do desdobramento (Tabela 26), que a soja cultivada sobre a palhada remanescente de Mulato II apresentou os maiores teores foliares. Em áreas com híbrido Mulato II, apenas a calagem realizada até 0,4 m promoveu resultado inferior aos demais.

Tabela 26 - Desdobramento da interação Correção do Solo (C) x Modalidade de cultivo (M) para teor foliar de Ferro (Fe) na cultura da soja em função dos tratamentos em área com irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2019.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
	Teor de Fe (mg kg ⁻¹)		
Testemunha	89,50 aA	102,00 aA	96,50 aA
Gesso	89,00 aB	83,50 bB	107,50 aA
Calcário (0-0,2m)	81,50 abB	72,50 bB	109,50 aA
Calcário + Gesso (0-0,2m)	91,00 aA	84,50 bA	94,00 abA
Calcário (0-0,4m)	70,00 bB	102,00 aA	79,50 bB
Calcário + Gesso (0-0,4m)	93,00 aAB	76,50 bB	102,50 aA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

O Fe é um dos micronutrientes mais abundantes no solo, portanto, mesmo com a redução de seus teores provenientes da aplicação de elevada dose de calcário, seus teores se enquadram na recomendação para a cultura. O híbrido Mulato II, ao contrário do que foi discutido em relação ao Fe, proporcionou os menores acúmulos do micronutriente Mn na cultura da soja, não havendo influência da correção do solo dentro desta modalidade.

Após o ferro, o manganês é o micronutriente que aparece em maiores concentrações no solo, principalmente em solos com reação ácida, como os de cerrado (LAVRES JUNIOR *et al.*, 2008). Em relação aos tratamentos de correção química do solo, quando cultivada sobre palhada de *U. ruziziensis*, a soja, apresentou menor teor foliar de Mn quando houve aplicação do calcário (0 – 0,2 m). Em sucessão ao milho cultivado solteiro, o menor teor de Mn obtido foi proporcionado pela aplicação de calcário até 0,4 m.

Ainda que estes tratamentos supracitados tenham causado menor acúmulo de Mn, os teores encontrados ainda se encontram acima dos padrões preestabelecidos. Em média, a cultura da soja apresentou concentração foliar de Mn de 179,08 mg kg⁻¹ teor considerado acima da faixa ideal (21,0-100,0 g kg⁻¹), segundo recomendações de Malavolta *et al.* (1997). A calagem entra como uma alternativa para redução deste elemento em níveis tóxicos, porém, existe grande variação genotípica entre os cultivares utilizados quanto sintoma de deficiência e toxidez por este elemento (LAVRES JUNIOR *et al.*, 2009).

Tabela 27 - Desdobramento da interação Correção do Solo (C) x Modalidade de cultivo (M) para teor foliar de Manganês (Mn) na cultura da soja em função dos tratamentos em área com irrigação suplementar. Selvíria (MS), 2019.

CORREÇÃO DO SOLO	MODALIDADE DE CULTIVO		
	Milho	Milho + <i>U. ruziziensis</i>	Milho + Mulato II
	Teor de Mn (g kg ⁻¹)		
Testemunha	241,50 aA	191,50 abAB	157,50 aB
Gesso	217,50 abA	214,00 aA	153,50 aB
Calcário (0-0,2m)	204,00 abcA	130,50 cA	187,00 aB
Calcário + Gesso (0-0,2m)	161,00 cdA	185,00 abA	176,50 aA
Calcário (0-0,4m)	143,50 dA	174,00 abcA	163,50 aA
Calcário + Gesso (0-0,4m)	191,00 bcA	147,00 bcA	185,00 aA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

4.8 Produtividade de grãos de soja

A soja cultivada em área de sequeiro, apresentou média de 2,47 Mg ha⁻¹ a qual se encontra abaixo da média de produtividade nacional (3,20 Mg ha⁻¹) e do estado (2,9 Mg ha⁻¹) para a safra 18/19 (CONAB, 2019). As baixas produtividades apresentadas são consequências da baixa precipitação que ocorreram durante o desenvolvimento das plantas, o que justificou a variação dos resultados (Figura 1). Em contrapartida, a área com suplementação hídrica, proporcionou produtividade acima das médias supracitadas, com 3,34 Mg ha⁻¹ de grãos de soja (Tabela 28).

Tabela 28 - Valores de F e médias obtidas para produtividade de grãos de soja em sucessão ao cultivo de milho (PROD) sob diferentes modalidades de cultivo e correção química do solo. Selvíria (MS), 2019.

TRATAMENTOS	PROD	
	----- Mg ha ⁻¹ -----	
CORREÇÃO (C)	Sequeiro	Irrigado
Testemunha	2,51	3,02 c
Gesso	2,35	3,22 bc
Calcário (0-0,2m)	2,54	3,78 a
Calcário + Gesso (0-0,2m)	2,57	3,23 bc
Calcário (0-0,4m)	2,31	3,32 bc
Calcário + Gesso (0-0,4m)	2,54	3,51 ab
LSD	0,30	0,31
MODALIDADE (M)		
Milho	2,28 b	3,26 b
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	2,37 b	3,55 a
Milho + Mulato II	2,76 a	3,23 b
LSD	0,20	0,26
	Teste F	
p valor (C)	0,3230 ^{ns}	0,0046**
p valor (M)	<0,0001**	0,0379*
p valor (CxM)	0,3556 ^{ns}	0,9367 ^{ns}
Média Geral	2,47	3,34
CV. subparcela (%)	11,54	11,42

Nota: ** significativo p<0,01; *significativo 0,01<p<0,05; ns: não significativo. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5%.

Fonte: Dados do próprio autor.

Em área de sequeiro, a produtividade de grãos foi influenciada apenas pela modalidade de cultivo, onde a soja quando cultivada em palhada remanescente do consórcio de milho com Mulato II foi superior aos demais tratamentos. Este fato está interligado à maior produtividade de massa seca da parte aérea do híbrido Mulato II em condição de sequeiro na safra anterior. A mesma tendência se repete em área

irrigada, em que a soja foi mais produtiva quando semeada sobre palhada de *U. riziensis*, a qual produziu maior fitomassa dentre os consórcios quando houve suplementação hídrica.

O consórcio de milho com forragens e soja em sucessão levou a um maior rendimento da leguminosa, em parte devido a reciclagem de nutrientes, melhoria os atributos físicos e químicos do solo e às variáveis de ordem sanitária, corroborando com resultados obtidos por Borghi e Crusciol (2007), Machado e Assis (2010), Chioderoli *et al.* (2012) e Correia, Leite e Fuzita (2013) os quais trabalharam com soja em sucessão à consórcios de milho com forrageiras.

Resíduos culturais na superfície do solo, proporcionados pela presença das forrageiras no sistema, também constituem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (ROSOLEM; CALONEGO, FOLONI, 2003), ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores climáticos, principalmente precipitação e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e qualidade e quantidade do resíduo vegetal (ALCÂNTARA *et al.*, 2000; OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002; CARNEIRO *et al.*, 2008; PARIZ *et al.*, 2011).

Além da modalidade de cultivo, a produtividade da soja quando cultivada em área irrigada, foi influenciada pelo efeito residual da correção química do solo, obtendo maior produtividade de grãos nos tratamento com calagem (0 – 0,2 m) e calagem simultaneamente a gessagem até 0,4 m, este fato se deve a melhora na fertilidade do solo, o que permitiu melhor desenvolvimento da cultura da soja nestas condições. A ausência de residual da correção química do solo na produtividade da soja em área de sequeiro se justifica pela reatividade incompleta dos corretivos no solo em decorrência de baixas precipitações (Figura 1).

É importante salientar que, de maneira geral, a correção com calcário associado ao gesso visando correção até 0,4 m foi o tratamento que proporcionou um equilíbrio na maioria dos resultados obtidos em ambas as áreas. Além disso, a correção realizada até 0,4 m permite um preparo do perfil do solo para início do SPD visando o sistema como um todo, onde as culturas das safras subsequentes se aproveitarão dos benefícios da correção realizada até essa camada. Cabe ressaltar que a manutenção da fertilidade do solo deve ser realizada sempre que necessário no sistema agrícola para assim proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas permitindo que estas possam atingir altas produtividades.

Nesse contexto, a utilização de culturas na entressafra objetivando a cobertura do solo, correção química do solo visando melhoria do ambiente e a ciclagem de nutrientes torna-se importante na diversificação da produção agrícola com sustentabilidade, assim como a permanência da palhada na superfície do solo, para a manutenção e a proteção do sistema solo-planta, beneficiando a manutenção da umidade e favorecendo a microbiota do solo.

5 CONCLUSÕES

- Os maiores comprimentos de raízes foram obtidos pela U. ruzizensis em área de sequeiro enquanto que em área com suplementação o híbrido Mulato II apresentou os maiores comprimentos;
- O híbrido Mulato II apresentou maior diâmetro de raiz, sendo mais indicado para solos compactados;
- Os dois consórcios de milho com *Urochloa* spp produziram quantidades de palhada suficientes para início e/ou manutenção do plantio direto em região de Cerrado;
- O consórcio é indicado, pois não altera a produção de grãos de milho, proporciona proteção do solo na entressafra e beneficia a produtividade da soja em sucessão;
- Em virtude do tempo necessário para reação dos corretivos, apenas na cultura da soja foi possível obter resultados consistentes sobre adição de calcário e gesso ao solo;
- A aplicação de calcário para correção do solo até 0,2 m é o tratamento indicado levando em conta o custo-benefício, proporcionando resultados satisfatórios em área de sequeiro ou irrigado.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; DE PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 277-88, 2000.
- ALCARDE, J. A.; RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVARES, V. V. H. (ed). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 291-334.
- ALVARENGA, R.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. A cultura do Milho na Integração Lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 106-126, 2006.
- ALVES, V. B.; PADILHA, N. S.; GARCIA, R. A.; CECCON, G. Milho Safrinha Consorciado Com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em Sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 280-292, 2013.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; XAVIER, D. F. **As principais espécies de *Brachiaria* utilizadas no País**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 22).
- AMARAL, L. A.; PEREIRA, I. M.; SILVA, M. A. P. da; OLIVEIRA, M. L. R. de; MACHADO, E. L. M.; LAIA, M. L. de. Use of topsoil for restoration of a degraded pasture area. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 52, n. 11, p. 1080-1090, 2017.
- ARAÚJO S. A. C.; VASQUEZ, H. M.; CAMPOSTRINI, E.; NETTO, A. T.; DEMINICIS, B. B.; LIMA, É. S. Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.), em estresse hídrico. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 1-7, 2010.
- ARAÚJO, S. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; GARBUIO, F. J. Aplicação do calcário com diferentes graus de reatividade: alterações químicas no solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1755-1764, 2009.
- ARGEL, P. J.; MILES, J. W.; GUIOT, J. D.; CUADRADO, H.; LASCANO, C. E. **Cultivar Mulato II (*Brachiaria* híbrida CIAT 36087)**: gramínea de alta qualidade e produção forrageira, resistente às cigarrinhas e adaptada a solos tropicais ácidos. Cali: CIAT, 2007. 22 p.
- AUDEBERT, A.; FOFANA, M. Rice yield gap due to iron toxicity in West Africa. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 195, n. 1, p. 66-76, 2009.

BARROS, M. de F. C.; BEBÉ, F. V.; SANTOS, T. O.; CAMPOS, M. C. C. Influência da aplicação de gesso para correção de um solo salino sódico cultivado com feijão caupi. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão, v. 9, n. 1, p. 77-82, 2009.

BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; DE MARIA, I. C.; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, 2011.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; RUFFO, M. L.; BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 1, p. 161-170, 2013.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BOSSOLANI, J. W.; LAZARINI, E.; SANTOS, F. L.; SANCHES, I. R.; MENEGHETTE, H. H. A.; PARRA, L. F.; SOUZA, L. G. M. Surface Reapplication of Lime and Gypsum on Maize Cultivated Sole and Intercropped with. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 49, n. 15, p. 1-14, 2018.

BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2012.

BYRNES, R. C.; NÚÑEZ, J.; ARENAS, L.; RAO, I.; TRUJILLO, C.; ALVAREZ, C. Biological nitrification inhibition by *Brachiaria* grasses mitigates soil nitrous oxide emissions from bovine urine patches. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 107, p. 156–163, 2017.

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**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 125-136, 2004.

CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; BARTH, G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 3, p. 791-798, 2005.

CAIRES, E. F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F. J.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 4, p. 370–379, 2006.

CAIRES, E. F.; JORIS, H. A. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, Chichester, v. 27, n. 1, p. 45-53, 2011.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Umuarama, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.

CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotatio. **Geoderma**, Amsterdam, v. 195-196, p. 234-242, 2013.

CECCON, G.; KURIHARA, C. H.; STAUT, L. A. Manejo de *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com milho safrinha e rendimento de soja em sucessão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ano 19, n. 113, p. 4-8, 2009.

CECCON, G.; SAGRILO, E.; FERNANDES, F. M.; MACHADO, L. A. Z.; STAUT, L. A.; PEREIRA, M. G.; BACKES, C. F.; ASSIS, P. G. G. de; SOUZA, G. A. de. Milho safrinha em consórcio com alternativas de outono-inverno para produção de palha e grãos, em Mato Grosso do Sul, em 2005. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8., 2005, Assis. **Anais [...]** Campinas: Instituto Agrônômico, 2005. p. 361-366.

CECCON, G.; STAUT, L. A.; NOGUEIRA, R. Z.; NEUHAUS, R. Rendimento de grãos de milho safrinha em diferentes populações de espécies forrageiras. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA: RUMO À ESTABILIDADE, 9., 2007, Dourados. **Anais [...]** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. p. 461-466. (Documentos, 89).

CECCON, G.; STAUT, L. A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L. A. Z.; NUNES, D. P.; ALVES, V. B. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in Midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 204-212, 2013.

CHATTERJEE, C.; GOPAL, R.; DUBE, B. K. Impact of iron stress on biomass, yield, metabolism and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 108, n. 1, p. 1-6, 2006.

CHEN, R. F.; GU, P.; SHEN, R. F.; DONG, X. Y. Response of rice (*Oryza sativa*) with root surface iron plaque under aluminium stress. **Annals of Botany**, Oxford, v. 98, n. 2, p. 389-395, 2006.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 17/18**. Brasília, DF, 2018. (Boletim de monitoramento, v. 4, n.12).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 18/19**. Brasília, DF, 2019. (Boletim de monitoramento, v. 6, n.12)

CONCENCO, G.; CECCON, G.; FONSECA, I. C.; LEITE, L. F.; SCHWERZ, F.; CORREIA, I. V. T. Weeds infestation in corn intercropped with forages at different planting densities. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 721-728, 2012.

CORONEL, D. A. **Fontes de crescimento e orientação regional das exportações brasileiras do complexo soja**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 65-76, 2013.

COSTA, C. H. M da. **Calagem superficial e aplicação de gesso em sistema plantio direto de longa duração**: efeitos no solo e na sucessão milho/crambe/feijão-caupi. 2015. 109 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

COSTA, C. H. M.; CARMEIS FILHO, A. C. A.; CRUSCIOL, C. A. C. ; SORATTO, R. P. ; GUIMAR'ES, T. M. Intensive annual crop production and root development in a tropical acid soil under long-term no-till and soil-amendment management. **Crop & Pasture Science**, Clayton, v. 1, n. 1, p. 1-18, 2018.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 404-410, 2013.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; SANTANA, D. P. **Sistema de plantio direto de milho**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

CURY, J. P.; SANTOS, J. B.; SILVA, E. B.; BYRRO, E. C. M.; BRAGA, R. R.; CARVALHO, F. P.; VALADÃO SILVA, D. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 287-296, 2012.

DIAS, L. P. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SIMONETE, M. A.; BICARATTO, B. Eficiência relativa de fosfatos naturais na adubação de plantio de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em solo sem e com calagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 37-48, 2015.

DOBERMANN, A.; FAIRHURST, T. **Rice**: nutrient disorders and nutrient management. Manila: International Rice Research Institute, 2000. 191 p.

EKENLER, M.; TABATABAI, M. Effects of liming and tillage systems on microbial biomass and glycosidases in soils. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 39, n. 1, p. 51–61, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília, DF, 2018. 356 p.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; BARBOSA FILHO, M. P.; GUIMARÃES, C.M. Iron toxicity in lowland rice. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 31, n. 1, p. 1676-1697, 2008.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.

FERNANDES, A. M.; ANDRADE, G. J. M de.; SOUZA, E. F C de.; ROSOLEM, C. Brachiaria species affecting soil nitrification. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p. 1699–1706, out. 2011.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

FERNANDES, R. B. A.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; FONTES, M. P. F. Quantificação de óxidos de ferro de Latossolos brasileiros por espectroscopia de refletância difusa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, 2004.

FIETZ, R. C.; FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 92).

GALON, J. A; BELLINGIERI, P. A; ALCARDE, J. C. Efeito de modos e épocas de aplicação de gesso e calcário sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. CARIOCA - 80. **Scientia agrícola**, Campinas, v. 53, n. 1, p. 119-125, 1996.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A.; TEIXEIRA FILHO M, C, M.; LIMA, A. E S.; BUZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 2, p. 157-163, 2012.

GIANNAKOULA, A.; MOUSTAKAS, M.; SYROS, T.; YUPSANIS, T. Aluminum stress induces up-regulation of an efficient antioxidant system in the Al-tolerant maize line but not in the Al-sensitive line. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 67, n. 3, p. 487-494, 2010.

GONZALEZ-ERICO, E.; KAMPRATH, E. J.; NADERMAN, G. C.; SOARES, W. V. Effect of Depth of Lime Incorporation on the Growth of Corn on an Oxisol of Central Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 43, n. 6, p. 1155–1158, 1979.

GROENIGEN, J. W. V.; HUYGENS, D.; BOECKX, P.; KUYPER, T. W.; LUBBERS, I. M.; RÜTTING, T.; GROFFMAN, P. M. The soil N cycle: new insights and key challenges. **Soil**, Goettingen, v. 1, n. 1, p. 235-256, 2015.

HARMSSEN, K.; VLEK, P. L. G. The chemistry of micronutrients in soil. *In*: VLEK, P. L. G. **Micronutrients in tropical food crop production**. Dordrecht: Springer, 1985. p. 1-42. (Developments in Plant and Soil Sciences, 14).

HENDERSON, C. W. Lupin as a biological plough: evidence for, and effects on wheat growth and yield. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 29, n. 1, p. 99-102, 1989.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 42, n. 3, p. 288-296, 2009.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 59-68, 2005.

JONES, N. Grass gets greener: plant secretion curbs greenhouse-gas emissions from soil. **Nature**, London, v. 50, n. 1, p. 291-92, 2013.

JUCOSKI, G. O.; CAMBRAIA, J.; RIBEIRO, C.; OLIVEIRA, J. A.; PAULA, S. O de. OLIVA, M. A. Impact of iron toxicity on oxidative metabolism in young *Eugenia uniflora* L. plants. **Acta Physiologia Plantarum**, Hoboken, v. 35, p. 1645-1657, 2013.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, S. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. *In*: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (ed.). **Integração lavoura pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 407-442.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

KUMAR, P.; TEWARI, R. K.; SHARMA, P. N. Modulation of copper toxicity-induced oxidative damage by excess supply of iron in maize plants. **Plant Cell Reports**, Heidelberg, v. 27, n. 1, p. 399-409, 2008.

LAMBAIS, M. R. Unraveling the signaling and signal transduction mechanisms controlling arbuscular mycorrhiza development. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 4, p. 405-413, 2006.

LANA, R. M. Q.; BUCK, G. B.; LANA, A. M. Q.; PEREIRA, R. P. Doses de multifosfato magnesiano aplicados a lanço em pré-semeadura, sob sistema plantio direto: cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1654-1660, 2007.

LARA-CABEZAS, W. A. R. Manejo de gramíneas cultivadas em forma exclusiva e consorciada com *Brachiaria ruziziensis* e eficiência do nitrogênio aplicado em cobertura. **Revista Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p.130-145, 2011.

LAVRES JUNIOR, J.; FERREIRA MORAES, M.; PEREIRA CABRAL, C.; MALAVOLTA, E. Influência genotípica na absorção e na toxidez de manganês em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 173-181, 2008.

LAVRES JUNIOR, J.; MALAVOLTA, E.; NOGUEIRA, N. D. L.; MORAES, M. F.; REIS, A. R.; ROSSI, M. L.; CABRAL, C. P. Changes in anatomy and root cell ultrastructure of soybean genotypes under manganese stress. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 395-403, 2009.

LIU, H.; ZHANG, J.; CHRISTIE P.; ZHANG, F. Influence of iron plaque on uptake and accumulation of Cd by rice (*Oryza sativa* L.) seedlings grown in soil. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 394, n. 2-3, p. 361-368, 2008.

LOPES, I. V. Uma liderança ameaçada. **Conjuntura Econômica**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 58, p. 40-41, 2004.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. A. Produção de palha e forragem em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 4, p. 415-422, 2010.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

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

MASCHIETTO, E. H. G. **Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto**. 2009. 56 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. 4 ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012. 275 p.

MIJANGOS, I.; ALBIZU, I.; EPELDE, L.; AMEZAGA, I.; MENDARTE, S.; GARBISU, C. Effects of liming on soil properties and plant performance of temperate mountainous grasslands. **Journal of Environmental Management**, London, v. 91, n. 10, p. 2066-2074, 2010.

MORETA DE, A. J.; SOTELO, M.; VERGARA, D.; RINCÓN, A.; ISHITANI, M.; CASTRO, A.; MILES, J.; PETERS, M.; TOHME, J.; SUBBARAO, G. V.; RAO, I.M. Biological nitrification inhibition (BNI) in *Brachiaria* pastures: A novel strategy to improve eco-efficiency of crop-livestock systems and to mitigate climate change. **Tropical Grasslands: Forrajes Tropicales**, St Lucia, v. 2, n. 1, p. 88–91, 2014.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 531-538, 2001.

NATALE, W.; PRADO, R. de M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 1475-1485, 2007.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S.E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, 2012.

NAVA, G.; ERNANI, P.R.; SÁ, A. A.; PEREIRA, A. J. Soil Composition and nutritional status of apple as affected by long-term application of gypsum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 215-222, 2012.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P. L. C. A.; DIAS, T. C. S.; PAVANI, M. C. M. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Indicadores da acidez do solo para a recomendação da calagem no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 237-247, 2008.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 1079-87, 2002.

PACHECO, L. P.; SÃO MIGUEL, A. S. D. C.; DA SILVA, R. G.; SOUZA, E. D. de; PETTER, F. A.; KAPPES, C. Produção de fitomassa em sistemas de produção de soja em sucessão a culturas e plantas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 52, n. 8, p. 582-591, 2017.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011.

PAULINO, V. T.; TEIXEIRA, E. M. C. **Sustentabilidade de pastagens**: manejo adequado como medida redutora da emissão de gases de efeito estufa. [S. l.: s. n.], 2009. 16 p.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Toxicity of aluminum to coffee (*Coffea Arabica* L.) in Ultisols and Oxisols amended with amended with CaCO₃, MgCO₃ and CaSO₄.2H₂O. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n. 6, p. 1201- 1207, 1982.

PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S. P.; SOUZA, L. C. F.; FIETZ, C. R. Irrigação suplementar no ciclo do milho "safrinha" sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2009.

PEZZOPANE, C. G.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G.; ALTOÉ, J.; RIBEIRO, F. A.; VALLE, C. B. Hydric deficiency in genotypes of *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 5, p. 871-876, 2015.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. In: ARF O.; LEMOS L. B.; SORATTO R. P.; FERRARI S. (ed.) **Aspectos gerais da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Botucatu: FEPAF, 2015. p. 65-75.

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

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.

RAIJ, B. van. **Uso do gesso agrícola na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 2007. p. 14-15 (Informações Agrônomicas, 117).

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

RAMPIM, L.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J.F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p. 1687-1698, 2011.

REDDY, A. M.; KUMAR, S. G.; JYOTHSNAKUMARI, G.; THIMMANAIK, S.; SUDHAKAR, C. Lead induced changes in antioxidant metabolism of horsegram (*Macrotyloma uniflorum* (Lam.) Verdc.) and belgalgram (*Cicer arietinum* L.) **Chemosphere**, Langford Lane, v. 60, p. 97-104, 2005.

RICHETTI, A.; GUIDUCCI, R. do C. N. Viabilidade econômica do sistema de produção soja-milho safrinha consorciado com braquiária. In: GUIDUCCI, R. do C. N.; LIMA FILHO, J. R. de; MOTA, M. M. (ed.). **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de caso**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 477-508.

ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto ParanaíbaMG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 953- 964, 2004.

RONCHI, C. P.; TERRA, A. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 219-227, 2003.

ROSA JUNIOR, E. J.; MARTINS, R. M. G.; ROSA, Y. B. C. J.; CREMON, C. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 37–44, 2007.

ROSOLEM, C. A.; PIVETTA, L. A. Mechanical and biological approaches to alleviate soil compaction in tropical soils: assessed by root growth and activity (Rb uptake) of soybean and maize grown in rotation with cover crops. **Soil use and Management**, Chichester, v. 33, n. 1, p. 141-152, 2017.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 355-362, 2003.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 34, n. 1, p. 280-406, 1981.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um latossolo vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 1, p. 115-122, 2008.

SEIDEL, E. P.; GERHARDT, I. F. S.; CASTAGNARA, D. D.; NERES, M. A. Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 55-66, 2014.

SEREIA, R. C.; LEITE, L. F.; ALVES, V. B.; CECCON, G. Crescimento de *Brachiaria* spp. e milho safrinha em cultivo consorciado. **Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 18, p. 349-355, 2012.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio: II - implicações sobre as espécies forrageiras. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 45-52, 2006.

SILVA, D. V.; PEREIRA, G. A. M.; FREITAS, A. A. M de.; SILVA, A. A da.; SEDIYAMA, T.; SILVA, G. S.; FERREIRA, L. R.; CECCON, P. R. Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1394-1400, 2015.

SINGH, S.; EAPEN.; D'SOUZA, S. F. Cadmium accumulation and its influence on lipid peroxidation and antioxidative system in a aquatic plant, *Bacopa monnieri* L. **Chemosphere**, Oxford, v. 62, n. 2, p. 233-246, 2006.

SIQUEIRA-SILVA, A. I.; SILVA, L. C.; AZEVEDO, A. A., OLIVA, M. A. Iron plaque formation and morphoanatomy of roots from species of resting subjected to excess iron. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Maryland Heights, v. 78, n. 1, p. 265-275, 2012.

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**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 675-688, 2008.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; MELLO, F. F. C. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão em função de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 965-964, 2010.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Plantaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 19 p. (Documentos. Embrapa Cerrados, 32).

SOUZA NUNES, R.; DE SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J.; VIVALDI, L. J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 877-888, 2011.

SOUZA, L. S.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde na física do solo. In: LIMA FILHO, O. F. *et al.* **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 337-369, 2014.

ST-CYR, L.; CAMPBELL, P. G. C. Metals (Fe, Mn, Zn) in the root plaque of submerged aquatic plants collected in situ: relations with metal concentrations in the adjacent sediments and in the root tissue. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 33, n. 1, p. 45-76, 1996.

SUBBARAO, G. V.; NAKAHARAA, K.; HURTADOB, M. P.; ONOC, H.; MORETAB, D. E.; SALCEDOB, A. F.; YOSHIHASHIA, A. T.; ISHIKAWAA, T.; ISHITANIB, M.; OHNISHI-KAMEYAMAC, M.; YOSHIDAC, M.; RONDONB, M.; RAOB, I. M.; LASCANOB, C. E.; BERRYF, W. L.; ITOA, O. Evidence for biological nitrification inhibition in Urochloa pastures. **Proceedings of the National Academy of Sciences the United States of America**, Washington, v. 106, n. 41, p. 17302-17307, 2009.

SUBBARAO, G. V.; YOSHIHASHI, T.; WORTHINGTON, M.; NAKAHARA, K.; ANDO, Y.; SAHRAWAT, K. L.; RAO, I. M.; LATA, J.; KISHII, M.; BRAUN, H. Supression of soil nitrification by plants. **Plant Science**, Brookvale Plz, v. 233, n. 1, p. 155-164, 2015.

SUBBARAO, G. V.; RONDON, M.; ITO, O.; ISHIKAWA, T.; RAO, I. M.; NAKAHARA, K.; LASCANO, C.; BERRY, W. L. Biological nitrification inhibition (BNI) - is it a widespread phenomenon? **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 294, n. 1, p. 5-18, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 617-622, 2007.

TSUMANUMA, G. M.; DETOMINI, E. R.; HALL, T.; FANCELLI, A. L. Establishment of Brachiarias intercropped with Maize. **Uniciências**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 45-50, 2012.

VON PINHO, R. G.; BORGES I. D.; PEREIRA J. L. A. R.; REIS M. C. D. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p. 157-173, 2010.

YAO, H.; BOWMAN, D.; RUFTY, T.; SHI, W. Interactions between N fertilization, grass clipping addition and pH in turf ecosystems: Implications for soil enzyme activities and organic matter decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 41, n. 7, p. 1425-1432, 2009.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 110-117, 2007.

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, DF, v. 45, n. 2, p. 128, 2015.

ZHANG, K.; ZHENG, H.; CHEN, F.; LI, F.; YANG, M.; OUYANG, Z.; LAN, J.; XIANG, X. Impact of nitrogen fertilization on soil: atmosphere greenhouse gas exchanges in eucalypt plantations with different soil characteristics in southern China. **Plos One**, San Francisco, v. 12, n. 2, p. 1-14, 2017.

ZHANG, X. K.; ZHANG, F. S.; MAO, D. Effect of iron plaque outside roots on nutrient uptake by rice (*Oryza sativa* L.): phosphorus uptake. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 209, n. 1, p. 187-192, 1999.