



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

JOÃO LUIZ DAL PONTE FILHO

**SOJA DE PRIMEIRO E SEGUNDO CULTIVO EM SOLO ARENOSO APÓS
PASTAGEM COM APLICAÇÃO DE GESSO E NITROGÊNIO**

Presidente Prudente – SP
2020



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

JOÃO LUIZ DAL PONTE FILHO

**SOJA DE PRIMEIRO E SEGUNDO CULTIVO EM SOLO ARENOSO APÓS
PASTAGEM COM APLICAÇÃO DE GESSO E NITROGÊNIO**

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

Orientador: Dr. Edemar Moro

Presidente Prudente - SP
2020

631.58
P739s

Ponte Filho, João Luiz Dal.

Soja de primeiro e segundo cultivo em solo arenoso após pastagem com aplicação de gesso e nitrogênio / João Luiz Dal Ponte Filho. – Presidente Prudente, 2020.
39 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) -
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2020.

Bibliografia.

Orientador: Edemar Moro.

1. Conservação do Solo. 2. Rotação de Culturas e Microbiologia do Solo. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "SOJA DE PRIMEIRO E SEGUNDO CULTIVO EM SOLO ARENOSO APÓS PASTAGEM COM APLICAÇÃO DE GESSO E NITROGÊNIO"

AUTOR(A): JOÃO LUIZ DAL PONTE FILHO

ORIENTADOR(A): EDEMAR MORO

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA

Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:



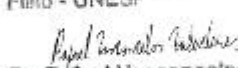
Dr. Edemar Moro

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)



Dr. Marcelo Raphael Vott

Doutorado em Agronomia (Agricultura) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP



Dr. Rafael Vasconcelos Valsdareis

Doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa - UFV

Data da realização: Presidente Prudente, 07 de agosto de 2020.

DEDICATÓRIA

Á minha esposa Lidiane Cola Roceti Dal Ponte

Aos meus filhos João Pedro Roceti Dal Ponte e Miguel Roceti Dal Ponte

Pela compreensão e o apoio durante a realização do mestrado.

Ofereço

Aos meus pais João Luiz Dal Ponte e Maria Cristina Moreira Dal Ponte

Às minhas irmãs Aline Dal Ponte Sabbag e Maria Carolina Dal Ponte Augusto Lima

Pelo amor e carinho

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela saúde e disposição para alcançar meus objetivos.

Aos meus Pais que sempre estiveram presentes na minha formação.

À minha esposa e meus filhos por existirem na minha vida.

Ao Professor Dr. Edegar Moro pelos ensinamentos, pela paciência e companheirismo.

À UNOESTE pela acolhida e suporte para a realização do mestrado.

Aos membros efetivos e suplentes da banca, por aceitarem participar e contribuírem para a melhor síntese desta dissertação de mestrado.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

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

RESUMO

Soja de primeiro e segundo cultivo em solo arenoso após pastagem com aplicação de gesso e nitrogênio

A crescente demanda por alimento aliado à necessidade de preservação ambiental tem se tornado um desafio para agricultores, principalmente em regiões com solos arenosos e pastagens degradadas. Nesta situação a replantagem da pastagem é uma alternativa para criar condições para o bom desenvolvimento da soja. O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade da soja de primeiro e segundo cultivo em solo arenoso conduzida após pastagem replantada e fertilizada com nitrogênio e gesso agrícola. O experimento foi conduzido na região Oeste Paulista, em solo classificado como Argissolo Vermelho Distroférico. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcela subdividida 5x2, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por cinco doses de nitrogênio e, as subparcelas foram compostas pela ausência e aplicação de gesso agrícola. Os tratamentos principais na parcela foram compostos por doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹) combinadas com a ausência e aplicação de gesso agrícola (0 e 1.450 kg ha⁻¹). Foram avaliados a produtividade e a bromatologia da forrageira, produtividade e componentes da soja, assim como as alterações das características químicas e microbiológicas do solo. Os dados obtidos foram submetidos ao programa estatístico SISVAR, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O teor de proteína bruta da pastagem foi maior com o aumento das doses de adubação nitrogenada. As doses 200 e 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio promoveram maior atividade microbiana. Os dados de produtividade da soja na primeira safra tiveram ajuste linear com as doses de nitrogênio e com a aplicação de gesso. A produtividade da segunda safra foi 188% superior a primeira safra.

Palavras chaves: Conservação do Solo. Rotação de Culturas e Microbiologia do Solo.

ABSTRACT

First and second crop soybean in sandy soil after braquiaria grass with nitrogen and gypsum application

The growing demand for food coupled with the need for environmental preservation has become a challenge for farmers, especially in regions with sandy soils and degraded pastures. In this situation, the reimplantation of pasture is an alternative to create conditions for the good development of soybeans. The objective of the work was to evaluate the productivity of soybeans of first and second cultivation in sandy soil conducted after re-implanted pasture and fertilized with nitrogen and gypsum. The experiment was conducted in the western region of São Paulo, on soil classified as argissolo vermelho distroférico. The experimental design was in randomized blocks with subdivided plot, in a 5x2, with four replications. The plots consisted of five doses of nitrogen and the subplots were composed by the absence and application of gypsum. The main treatments in the plot consisted of nitrogen doses (0, 100, 200, 300 and 400 kg ha⁻¹) combined with the absence and application of gypsum (0 and 1,450 kg ha⁻¹). Forage yield and bromatology were evaluated, as well as soybean yield and components, as well as changes in chemical and microbiological characteristics of the soil. The data obtained were submitted to the SISVAR statistical program, and the means were compared using the Tukey test at 5% probability. The crude protein content of the pasture was higher with the increase of nitrogen fertilization doses. The doses 200 and 300 kg ha⁻¹ of nitrogen promoted greater microbial activity. The data of soybean productivity in the first harvest had a linear adjustment with nitrogen doses and with the application of gypsum. The productivity of the second crop was 188% higher than the first crop.

Keywords: Soil Conservation. Crop Rotation and Soil Microbiology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Histórico e caracterização da área	15
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	17
3.3 Condução do experimento	17
3.4 Avaliações	19
3.4.1 Na pastagem	19
3.4.2 No solo	19
3.4.3 Na cultura da soja	21
3.5 Análise estatística	21
4 RESULTADOS	22
4.1 Bromatologia da pastagem	22
4.2 Microbiologia do solo	23
4.2.1 Respiração e Desidrogenase	23
4.2.2 Carbono da biomassa microbiana (CBM)	24
4.2.3 Nitrogênio da biomassa microbiana (NBM)	24
4.2.4 Hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA)	24
4.2.5 B-glucosidase.....	25
4.2.6 Arilsulfatase.....	25
4.3 Na cultura da soja	26
4.3.1 Safra 2018/2019.....	26
4.3.2 Safra 2019/2020.....	27
4.3.3 Análise conjunta da safra 2018/19 e 2019/20	28
5 DISCUSSÕES	29
5.1 Bromatologia da pastagem	29
5.2 Microbiologia do solo	31
5.3 Componentes de produção e produtividade da soja	34
6 CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A soja destaca-se como a principal fonte proteica em diversos países. Sua adaptabilidade em várias regiões possibilitou a produção em grande escala no Brasil, onde na safra 2019/2020 produziu acima de 120 milhões de toneladas de grãos de soja, gerando grande impacto na economia Brasileira com a maior produção mundial do grão.

Além do melhoramento genético, a aplicação de técnicas de plantio direto e rotação de culturas reduziram processos erosivos, perda de matéria orgânica e gastos com mecanização excessiva do solo, assim como contribuíram para aumento da atividade microbiológica, favorecendo o desenvolvimento da leguminosa em áreas com condições adversas, aumentando a produtividade e respeitando o meio ambiente.

Na região do Oeste Paulista, veranicos e os solos arenosos desafiam os produtores rurais com históricos de baixa produtividade que acabam reduzindo a diversidade de culturas e muitas vezes dando espaço a pastagens extensivas com poucos tratamentos culturais, comprometendo a rentabilidade e deixando o solo susceptível a processos erosivos.

Nestas áreas, a integração lavoura pecuária vem dando resultados positivos, reduzindo os riscos do cultivo de lavoura de grãos em condições adversas e reformando pastagens degradadas. Nesse sistema, a palhada produzida pela braquiária, a rotação de culturas e a mínima mobilização do solo viabiliza as atividades agrícolas, reduzindo as altas temperaturas do solo, mantendo a umidade do solo, aumentando o teor de matéria orgânica, melhorando a atividade microbiana e evitando erosões.

Porém, para iniciar este sistema de integração e recuperar os solos com baixa capacidade produtiva, algumas práticas são essenciais, como a calagem para corrigir a acidez do solo e disponibilizar cálcio e magnésio ao solo, a adubação de base na implantação da forrageira, além da aplicação de gesso agrícola atuando como fonte de enxofre e veículo para disponibilizar cálcio em profundidade, finalizando com adubações nitrogenadas na formação da forrageira, estimulando o desenvolvimento radicular e aéreo da gramínea e consequentemente auxiliando na descompactação do solo.

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade da soja de primeiro e segundo cultivo em solo arenoso conduzida após pastagem reimplantada e fertilizada com nitrogênio e gesso agrícola.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O atual desafio dos agricultores de todo Brasil é o aumento da produtividade respeitando o meio ambiente. Essa necessidade tem despertado diversos estudos relacionados a sistemas de produção sustentáveis, reduzindo a mecanização de solos susceptíveis à erosão, realizando semeaduras diretas, utilizando espécies adaptadas às condições locais e diversas outras técnicas que diferem da produção convencional.

A região do Oeste Paulista atualmente é caracterizada como pouco produtiva, onde grandes extensões de lavouras deram lugar a um pasto totalmente degradado e um solo de baixa produtividade agrícola, permanecendo somente alguns produtores de grãos, batata doce, melancia, abóbora entre outros. Os veranicos e os solos arenosos desafiam os produtores rurais exigindo cuidados especiais para uma boa produtividade dessas áreas, sendo a integração lavoura pecuária uma técnica de manejo para reduzir os riscos do cultivo de lavoura de grãos em condições adversas. Nesse sistema, a palhada produzida pela braquiária, a rotação de culturas e a mínima mobilização do solo viabiliza as atividades agrícolas, reatando diversos benefícios como reduzir as altas temperaturas do solo, permanência da umidade do solo, o aumento do teor de matéria orgânica, melhoria da atividade microbiana, evita erosões e recupera solos degradados.

A pecuária brasileira tem como principal característica a criação do rebanho em pastagens extensivas, reduzindo os custos de produção graças as características edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de forrageiras. Porém, a degradação das pastagens, principalmente em algumas regiões tem se tornado um problema aos pecuaristas. A pastagem degradada é o resultado de um manejo inadequado, principalmente pelo uso sistemático de taxas de lotação que excede a capacidade do pasto de se recuperar do pastejo e do pisoteio, assim como a ausência de adubações periódicas (DIAS-FILHO, 2014).

O uso de braquiárias em pastagens, apresentaram expansão a partir de 1960, para atender à crescente demanda do país por produtos de origem animal.

Porém, a utilização das pastagens de forma contínua e extensiva, sem correções ao longo dos anos, causou uma perda gradual da capacidade produtiva dessas pastagens. Partindo-se da informação de que no Brasil existem cerca de 200 milhões de hectares de pastagens, e que 20% dessa área é constituída de pastagens degradadas apenas do gênero *Urochloa*, esta degradação passa a ser um fato considerável devido ao prejuízo econômico na produção.

A expressão do potencial de produção de uma planta forrageira é determinada geneticamente, porém, para que este potencial seja alcançado, as condições adequadas do meio e o manejo devem ser observados. Entre estas condições, a baixa disponibilidade de nutrientes é, seguramente, um dos fatores que mais interferem na produtividade e na qualidade das pastagens. Assim, o fornecimento de nutrientes em quantidades e proporções adequadas, principalmente o nitrogênio, assume importância no processo produtivo de pastagens, compensando os nutrientes proveniente da mineralização da matéria orgânica (FAGUNDES *et al.*, 2006).

No Brasil, ocorre a degradação dos solos, conseqüentemente apresentam baixos índices médios de produtividades das braquiárias. O manejo inadequado das pastagens conduz à degradação do solo, levando a limitações tanto pela compactação como pela perda da fertilidade. A degradação de pastagem é o processo evolutivo da perda de vigor, produtividade e capacidade de sua recuperação natural, tornando-a incapaz de sustentar a produção e qualidade exigida pelos animais, e como também para superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas daninhas.

Assim, a integração Lavoura-Pecuária é uma opção para manter o solo produtivo e agregar valor à terra, aumentando a produtividade das pastagens, diminuindo os riscos ao cultivo da soja e recuperando solos degradados. Porém, para aumentar a produtividade da forrageira de forma sustentável, a aplicação de calcário e gesso em superfície, assim como a dosagem de adubação nitrogenada necessitam de estudos no Oeste Paulista.

A soja que é cultivada atualmente é muito diferente dos ancestrais que lhe deram origem, sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China. Sua importância na dieta

alimentar da antiga civilização chinesa, juntamente com o trigo, o arroz, o centeio e o milho, era considerada um grão sagrado, com direito a rituais na época da semeadura e da colheita (EMBRAPA, 2004).

Com a expansão do cultivo da soja, ela tem sido introduzida em regiões que apresentam solos arenosos, como o oeste paulista, em muitos casos integrada com a pecuária, pensando na reforma destas pastagens por meio da integração com a lavoura. A demanda da oleaginosa por nitrogênio é suprida através da mineralização da matéria orgânica do solo e pela fixação biológica do N. Desta forma, nesse ambiente de produção, a utilização de espécies leguminosas pode proporcionar efeitos benéficos para o solo degradado.

As principais regiões de expansão da soja no Brasil, caracterizam-se por apresentar solos arenosos. A utilização de sistemas de integração vem sendo pesquisado e difundido para viabilizar o cultivo da soja nesses ambientes, alternando, na mesma área, o cultivo de espécies para produção de grãos e pastagens, anuais ou perenes, de forma concomitante ou não, de modo que haja sinergia entre as atividades. A integração tem despertado o interesse de produtores, técnicos e ambientalistas em função da melhoria da qualidade do solo e da água, redução do consumo de insumos, otimização da mão de obra e melhoria da renda por área.

No Brasil, a capacidade competitiva da soja foi obtida através dos avanços tecnológicos em todas as etapas do processo produtivo. Um dos fatores que contribuíram para aumentar a capacidade de produção do país foi obtido através do melhoramento genético que gerou cultivares adaptados às diversas regiões brasileiras. Além dos avanços obtidos com a correção dos solos, rotação de culturas e principalmente ao processo de fixação biológica de nitrogênio (COSTA *et al.*, 2009).

Segundo a CONAB (2020), o Brasil atinge novos recordes de produtividade na safra 2019/2020, a cultura ocupou uma área de 36 milhões de hectares, totalizando produção de 121 milhões de toneladas e produtividade média de 3.349 kg por hectare.

Para a implantação da soja em solos arenosos, a correção química de solos é de extrema importância, assim, a aplicação de gesso agrícola é uma alternativa barata que visa aplicar cálcio, enxofre e melhorar o ambiente em subsuperfície. O

calcário corrige a acidez devido à presença do carbonato que é um ânion de ácido fraco, enquanto o gesso tem como o ânion o SO_4^{2-} que forma um ácido forte, ficando totalmente dissociado no solo.

O plantio direto difere do sistema de cultivo convencional pelo manejo, onde não há revolvimento do solo e a área permanece coberta pelos restos da cultura anterior, porém, em ambos os sistemas, há necessidade de calagem, pois os solos, em sua maioria, são ácidos e necessitam de corretivos da acidez. Alguns trabalhos mostram que correção da acidez do solo é proporcional à dose de calcário aplicada, criando uma frente de correção da acidez em profundidade proporcional à dose e ao tempo (RHEINHEIMER *et al.*, 2000).

O gesso agrícola tem sido utilizado com a finalidade de aumentar o suprimento de cálcio e enxofre e reduzir a toxidez de alumínio no subsolo, o que tem resultado em melhor crescimento de raízes em profundidade.

A aplicação de calcário proporciona aumento na soma de cátions solúveis nos extratos do resíduo das plantas, principalmente por aumentar o teor de cálcio e magnésio solúveis no resíduo. No entanto, não se observa o aumento da condutividade elétrica do extrato, o que pode indicar a necessidade de quantificação de outros cátions solúveis. Mas, como a soma de cátions solúveis pode indicar a quantidade de H^+ e Al^{3+} que pode ser neutralizada pelos resíduos vegetais, a calagem e a gessagem superficiais, além de agirem diretamente na correção da acidez do solo, podem melhorar a capacidade dos resíduos das plantas cultivadas na área em mobilizar cálcio e imobilizar o alumínio da solução do solo (PERES SORATTO; COSTA CRUSCIOL, 2007).

Segundo Malavolta (1985) as causas da acidez no solo ocorrem com a água lavando as bases do complexo de troca deixando íons H^+ . Com o abaixamento do pH a valores muito baixos pode ocorrer a solubilização de minerais de argila e ocasionar o aparecimento de Al trocável; a oxidação microbiana do N amoniacal conduz à liberação de íons H^+ , a raiz troca H^+ por cátions que a planta absorve mantendo o equilíbrio eletrostático; também a matéria orgânica libera íons H^+ no meio, através da dissociação dos seus grupos carboxílicos e fenólicos.

Os solos podem ser ácidos devido à falta de bases do material de origem, ou a processos de formação que favorecem a remoção ou lavagem de elementos como K, Ca, Mg, Na e outros. Além disso, os solos podem ter sua acidez aumentada por

cultivos e adubações. Assim, a acidificação se inicia ou aumenta com a remoção de bases da superfície dos colóides do solo. A origem da acidez do solo é causada principalmente por lavagem de Ca e Mg do solo pela água da chuva ou irrigação, remoção dos nutrientes pelas colheitas e utilização da maioria dos adubos (MALAVOLTA, 1981).

Para correção da acidez do solo no sistema de plantio direto, o calcário é distribuído na superfície do solo e devido à baixa solubilidade e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário, essa prática tem sido limitante à implantação desse sistema de produção em solos com subsolos ácidos. As pesquisas sobre o assunto têm mostrado resultados contraditórios em que a aplicação de calcário é eficiente tanto na superfície quanto incorporado e que a presença de certos materiais vegetais é capaz de potencializar o efeito da calagem, mobilizando a chamada frente alcalina, atingindo camadas de solo de 20 cm de profundidade em poucos dias (FERREIRA PAVAN *et al.*, 2007).

Ao se dissociarem na solução do solo, tanto o cálcio como o sulfato formam complexos químicos com outros cátions e ânions. A formação de complexos químicos com o alumínio torna-o menos disponível para as plantas. Por ter alta solubilidade no solo, o gesso fornece rapidamente o cálcio, que pode ser lixiviado em profundidade, melhorando a fertilidade e aumentando a exploração das raízes.

A calagem é indispensável na recuperação de solos degradados, principalmente para a introdução de culturas mais exigentes na rotação de cultura. Sendo que a calagem elimina a acidez do solo e fornece suprimento de cálcio e magnésio para as plantas, estimulando o crescimento das raízes e consequentemente aumentando a exploração da água e dos nutrientes do solo, assim como aumentar a disponibilidade de fósforo, diminuir a disponibilidade de alumínio e manganês através da formação de hidróxidos, aumentar a mineralização da matéria orgânica, disponibilizar nutrientes e favorecer a fixação biológica de nitrogênio. Nas propriedades físicas do solo, a calagem aumenta a agregação diminuindo a compactação.

Para a recuperação de uma pastagem degradada ou para iniciar um sistema de integração lavoura pecuária, a replantagem da pastagem disponibilizará uma melhoria significativa nas características física, química e biológica do solo, melhorando a capacidade produtiva e propiciando um ambiente adequado para a

introdução de outras culturas agrícolas no sistema de integração. A escolha da espécie adequada às condições edafoclimáticas, aliada a adubações de base e cobertura na formação da forrageira determinará o bom desenvolvimento da forrageira.

Em ambientes que apresentam solos arenosos e clima quente, dificilmente o cultivo da soja será desvinculado do consórcio com forrageiras, pois elas são responsáveis em fornecer palhada para proteção do solo contra veranicos e erosões. Nesse sentido, o aperfeiçoamento da integração lavoura pecuária, será de grande importância na definição de tecnologias que permitam o cultivo da soja nesse tipo de ambiente, viabilizando o sistema de cultivo (FRANCHINI *et al.*, 2016).

Fatores como temperatura, umidade, luminosidade, disponibilidade de nutrientes e manejo devem ser observadas para que o potencial genético de plantas forrageiras seja alcançado. A baixa disponibilidade de nutrientes é um dos principais fatores que interferem na produtividade e na qualidade da forrageira. O N do solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica, não é suficiente para atender à demanda das forrageiras de alta produtividade, tornando indispensável a adubação (GUILHERME; VALE; GUEDES, 1995).

Trabalhos que avaliaram doses de N e S utilizando sulfato de amônio na recuperação de pastagem de *Urocloa brizantha* cv. Marandu em solos arenosos, verificaram aumento da concentração de N na parte aérea da planta proporcionalmente ao aumento do fornecimento do nutriente, influenciando diretamente no teor de proteína da forrageira (PINHO COSTA *et al.*, 2008).

O nitrato no solo resultado do fertilizante nitrogenado, quando não é absorvido pelas plantas ou imobilizado pela microbiota do solo e pode ser facilmente lixiviado. Estudos mostram que adubações de até 500 kg ha⁻¹ de nitrogênio em forrageiras, parceladas em cinco vezes, não proporcionam perdas significativas de nitrato para o lençol freático (PRIMAVESI *et al.*, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

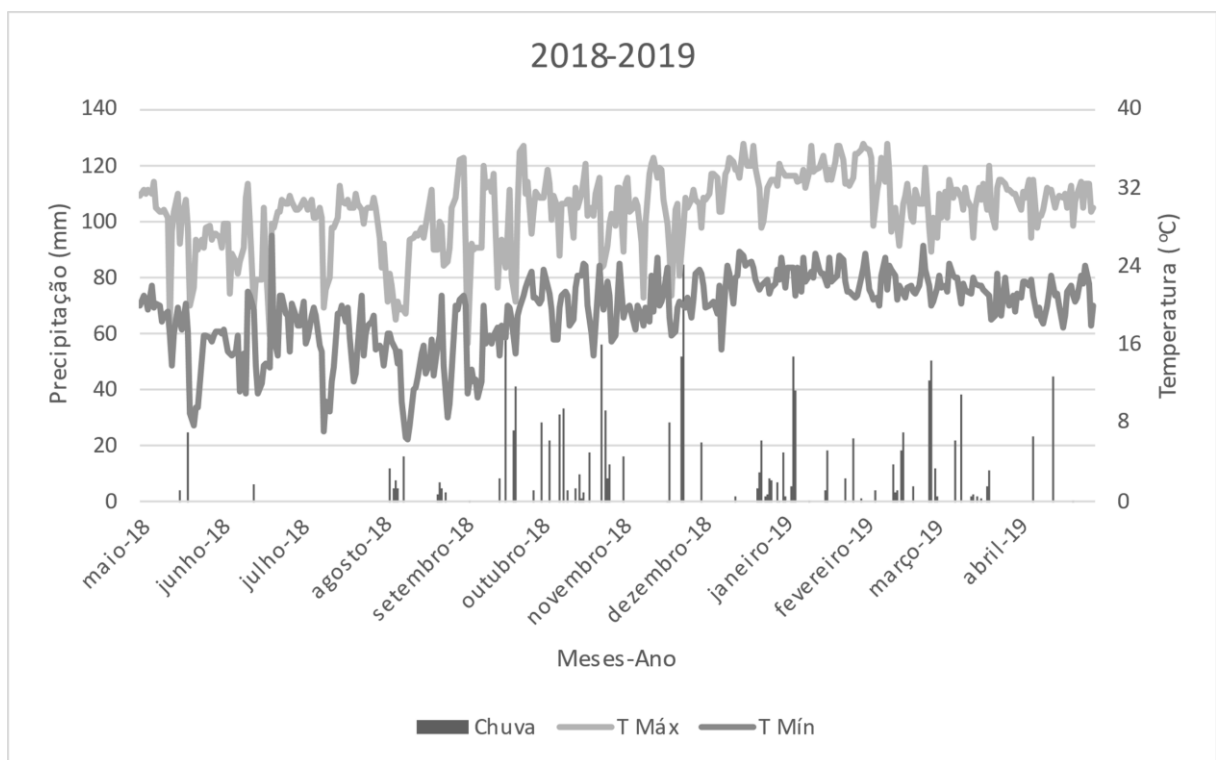
3.1 Histórico e caracterização da área

O experimento foi conduzido na região Oeste do Estado de São Paulo (22°17'27" e 51°40'51", 385 m) por duas safras (2018/2019 e 2019/2020). A área foi

ocupada por mais de 10 anos com pastagens, apresentando elevado grau de degradação, plantas invasoras e vários pontos de solos expostos.

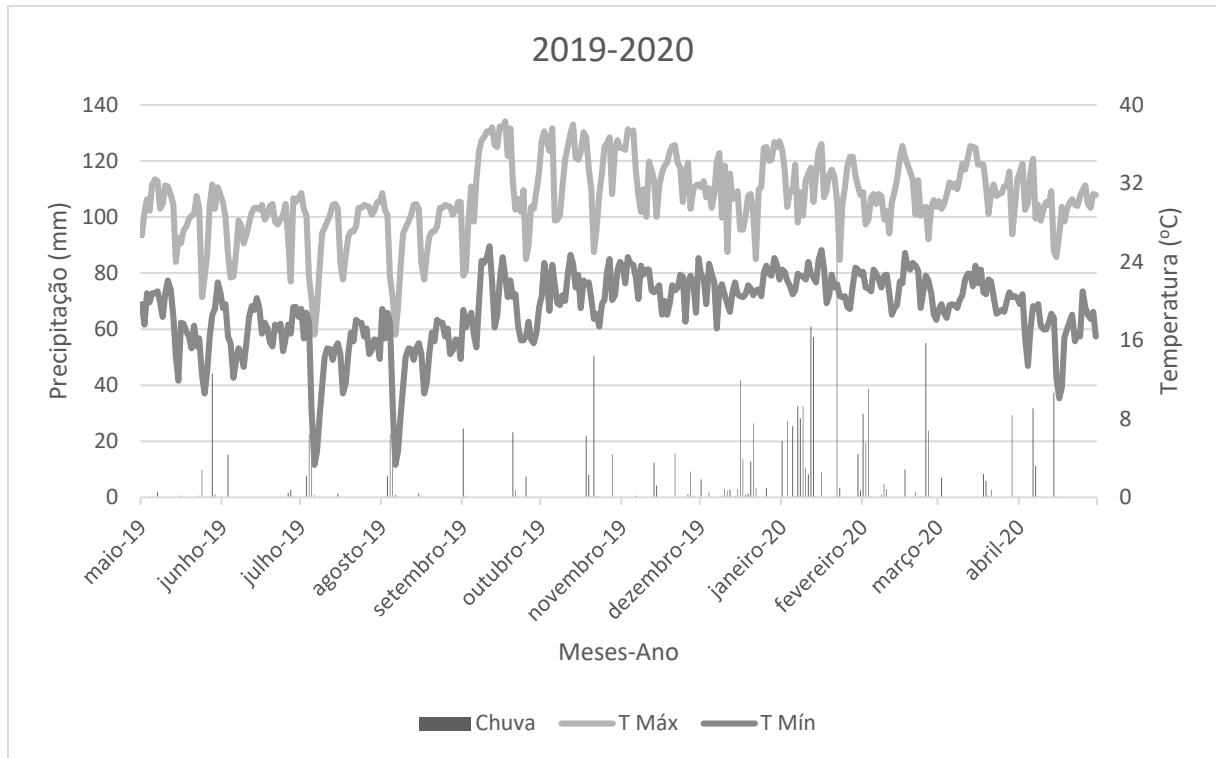
O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho distrófico (SANTOS, 2011) de textura arenosa. Os teores de areia, silte e argila são 84,9; 2,5 e; 12,6, respectivamente. As características químicas (RAIJ *et al.*, 2001) do solo na camada 0-20 cm antes da calagem e gessagem são: matéria orgânica, 12,0 g dm⁻³; pH (1:2,5 solo/suspensão de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹), 5,0; P (resina), 4,8 mg dm⁻³; K, Ca e Mg trocáveis de 0,5; 6,2 e 3,7 mmol_c dm⁻³, respectivamente, acidez total em pH 7,0 (H + Al) de 15,1 mmol_c dm⁻³, capacidade de troca de cátions total (CTC) de 28,2 mmol_c dm⁻³, saturação por bases de 36,8 %.

O clima da região é classificado como Aw (Köppen) com verões chuvosos e quentes e invernos secos. As condições climáticas durante as duas safras estão presentes na Figura 1 e 2.



Fonte: Estação Meteorológica – Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), Fazenda Experimental, Presidente Bernardes

Figura 1. Precipitação (■), temperaturas máximas (—) e mínima (—) registradas durante a safra 2018/2019.



Fonte: Estação Meteorológica – Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), Fazenda Experimental, Presidente Bernardes

Figura 2. Precipitação (■), temperaturas máximas (—) e mínima (—) registradas durante a safra 2019/2020.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcela subdividida, 5x2, com quatro repetições. As parcelas com dimensões de 7 x 30 m foram constituídas por cinco doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹). As subparcelas com dimensões de 7 x 15 m foram compostas pela ausência e presença de gesso agrícola (0 e 1.450 kg ha⁻¹).

3.3 Condução do experimento

A dessecação da pastagem degradada existente na área foi realizada em agosto de 2017, utilizando o produto glifosato, na dosagem de 2,0 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo. O volume de calda utilizado na aplicação foi 250 L ha⁻¹. Na primeira quinzena de setembro de 2017 foi realizada a correção química do solo com a aplicação superficial de 2,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e 1,0 t ha⁻¹ de gesso agrícola (Raij *et al.*, 1997).

A semeadura da nova pastagem foi realizada no dia 24 de outubro de 2017. A forrageira implantada foi espécie *Urochloa brizantha* cv. Marandu. A semeadura foi realizada em linhas utilizando a semeadora de plantio direto com sete linhas, com espaçamento de 0,45 m. A quantidade de sementes foi 10 kg há⁻¹ objetivando-se população final de 25 plantas por m². A adubação de base do momento da semeadura foi 340 kg ha⁻¹ da fórmula N-P-K 4-30-10 distribuídos na linha de semeadura.

A aplicação da adubação nitrogenada na pastagem foi realizada na forrageira conforme o cronograma apresentado na Tabela 1. A fonte de nitrogênio utilizada foi a ureia (45%N). As doses acima de 100 kg ha⁻¹ foram parceladas, sendo que cada aplicação foi realizada com intervalo mínimo de 30 dias. No entanto, após 30 dias a próxima aplicação só se concretizava quando ocorria precipitações acima de 30 mm.

Tabela 1. Cronograma de parcelamento de aplicação da adubação nitrogenada na pastagem replantada.

Dose N kg ha ⁻¹	Épocas de aplicação de nitrogênio			
	02/03/18	05/04/18	17/09/18	09/10/18
0				
100	100	-	-	-
200	100	100	-	-
300	100	100	100	-
400	100	100	100	100

No dia 10/04/2018 foi realizado o corte de uniformização da pastagem com roçadeira mecânica. A porção da parte aérea cortada foi removida da parcela. A partir do primeiro corte a pastagem foi manejada com bovinos, mantendo-se o capim com altura aproximada de 20 cm. Os animais permaneceram na área até setembro de 2018. No final do mês de outubro de 2018 o capim foi dessecado com o produto glifosato, na dosagem de 2,0 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo. O volume de calda utilizado na aplicação foi 250 L ha⁻¹.

A semeadura da soja na primeira safra foi realizada no dia 27 de novembro de 2018. A cultivar utilizada foi a NS 6700 NPRO. O espaçamento entre linhas foi 0,45 m com distribuição de 13 sementes por metro linear, objetivando-se população final de 270 mil plantas por hectare. A adubação de semeadura foi de 10 kg ha⁻¹ de N, 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 25 kg ha⁻¹ de K₂O. Na safra 2019/2020 a semeadura foi

realizada no dia 14 de novembro de 2019. A cultivar, espaçamento e densidade de plantas foram os mesmos da safra anterior. A adubação de semeadura foi de 12 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O. Aos 20 dias após a emergência de ambas as safras foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de K₂O na forma cloreto de potássio.

As sementes foram tratadas com inseticida, fungicida e micronutrientes (cobalto e molibdênio). O inoculante *Bradyrhizobium* (com 5 bilhões de bactérias por ml) foi aplicado no sulco de semeadura da soja. A quantidade de inoculante aplicado foi 10 doses de 100 ml cada por hectare e, volume de calda de 50 L ha⁻¹.

Durante o ciclo da soja em ambas as safras foram seguidos todos os procedimentos agrônômicos recomendados para condução da cultura da soja. A colheita da safra 2018/2019 foi realizada no dia 12/04/2019 e da safra 2019/2020 no dia 18/03/20.

3.4 Avaliações

3.4.1 Na pastagem

A qualidade bromatológica da pastagem foi determinada no dia 29/10/18. O momento da coleta foi definido após a finalização de todas as parcelas de nitrogênio. As amostras do capim foram encaminhadas ao laboratório de análises bromatológicas da Unoeste para determinação do teor de nitrogênio, teor de proteína bruta (PB), material mineral (MM), fibras em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA).

3.4.2 No solo

As seguintes avaliações microbiológicas foram realizadas no solo respiração basal do solo, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, hidrólise do diacetato de fluoresceína, atividade das enzimas desidrogenase, β-glucosidase e arilsulfatase. O solo foi coletado na profundidade 0-10 cm em novembro de 2018, antes da semeadura da soja. Foram amostrados seis pontos por parcela para compor uma composta.

Respiração basal do solo: foi avaliada segundo Alef e Nannipieri (1995). Foram pesados 50 g de solo de cada amostra, estas foram mantidas dentro de frascos herméticos. Sobre a superfície do solo dentro de cada frasco foi colocado um becker com capacidade de 50 ml contendo 40 ml de solução de NaOH 0,025 mol

L⁻¹. Os frascos ficaram incubados pelo período de 48 horas. Para avaliar a retenção de CO₂ na solução, foi utilizado o método condutimétrico com leituras de condutividade na solução de NaOH a cada 24 horas, empregando-se um condutímetro de mesa Modelo O795A7 (Quimis® Aparelhos Científicos Ltda). A quantidade de CO₂ produzida pela respiração foi calculada utilizando-se a fórmula definida por Rodella e Saboya (1999) e os resultados foram expressos em mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo dia⁻¹.

Carbono da biomassa microbiana: foi determinado em 25 g de amostra de solo úmido, conforme o método de fumigação-extração proposto por (Brookes *et al.*, 2008).

Nitrogênio microbiano (Nmic): foi determinado com o mesmo extrato utilizado para a determinação do carbono (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987). Foram utilizados 10 ml do extrato dispostos em tubos de digestão de 100 ml. Em seguida adicionou-se 0,35 g de mistura digestora (composta por 100 g de K₂SO₄, 10 g de CuSO₄ e 1 g de selênio metálico) e 2,5 ml de Ácido sulfúrico (H₂SO₄). Os tubos foram colocados em um bloco digestor onde a temperatura foi sendo elevada no período de 3 horas até atingir 360°C e após o conteúdo ficar claro, permaneceu por mais duas horas a 360°C em ebulição. Após o procedimento descrito anteriormente e após o resfriamento das amostras, foram adicionadas 10 ml de água em cada tubo. A destilação do N foi realizada acrescentando 20 ml de NaOH 10 mol L⁻¹ aos tubos e o destilado foi coletado em 5 ml de ácido bórico a 2%, sendo titulado com HCl 0,1 mol L⁻¹.

Hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA): o procedimento analítico consistiu na pesagem de 2 g de solo úmido em um tubo com capacidade mínima de 50 ml no qual foi adicionado 40 ml da solução tampão de fosfato de sódio a pH 7,0 com diacetato de fluoresceína. Após adição, o tubo foi tampado e incubado em rotação a 35 °C por 24 horas. Passado o período de incubação foram adicionados 2 ml de acetona para interromper a reação e o conjunto foi centrifugado por cinco minutos a 3840 rpm. Posteriormente, o sobrenadante foi filtrado com papel filtro para leitura no espectrofotômetro (Diack, 1996).

Atividade da enzima desidrogenase: a determinação foi realizada usando-se 5 g de solo de cada amostra. Na amostra de solo foram adicionados 2 ml da solução de TTC (cloreto de 2,3,5 – trifeniltetrazólio) a 1% e 1 ml de glicose a 0,1%. Após

reação e filtragem o líquido coletado foi lido em espectrofotômetro a 530 nm. Os resultados foram expressos em μg de TTF g^{-1} de solo (CASIDA; KLEIN; SANTORO, 1964).

Atividade da β -Glucosidase: o procedimento de avaliação consistiu na adição de 1,0 g de solo em erlenmeyer de 50 ml, no qual foram adicionados 0,25 ml de tolueno, um ml de solução tampão universal (MUB) a pH 6,0 e um ml de solução p-nitrofenil-b-D-glucosideo (PNG). O p-nitrofenol liberado foi determinado por espectrofotômetro a 530 nm. A atividade da enzima foi expressa em mg de p-nitrofenol liberado por hora por grama de solo seco (DICK; BREAKWELL; TURCO *et al.*, 1996).

Atividade da arilsulfatase: pesou-se 1,0 g de solo em tubo falcon de 50 ml, no qual foram adicionados 0,25 ml de tolueno, quatro ml da solução tampão de acetato e um ml da solução de p-nitrofenol (PNF). A determinação consistiu na utilização do substrato p-nitrofenil sulfato. Após hidrolisado o substrato libera sulfato e p-nitrofenol quantificados por espectrofotometria no comprimento de onda de 420 nm (DICK; BREAKWELL; TURCO *et al.*, 1996).

3.4.3 Na cultura da soja

Os componentes de produção e a produtividade da soja foram avaliados na safra 2018/2019 e na safra 2019/2020. O número de plantas por metro foi determinado em duas linhas de cinco metros. A determinação no número de vagens foi realizada em 10 plantas por parcela. Foi feita a contagem total de grãos das 10 plantas e, com os dados calculou-se o número de grãos por vagens. Todos os grãos contados das dez plantas foram pesados para determinação do peso de 1000 grãos (correção a 13% de umidade).

A produtividade de grãos foi estimada coletando-se todas as plantas contidas em duas linhas de cinco metros. As plantas foram trilhadas e os grãos foram pesados. Os dados foram transformados em kg ha^{-1} , corrigindo-se a umidade à 13%.

3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância. O efeito das doses quando significativo foram ajustados a função linear ou quadrática. O efeito da

aplicação de gesso foi comparado pelo teste de Tukey a de 5% de probabilidade e, quando houve efeito das doses de N a diferença foi evidenciada com o erro padrão nos gráficos de regressão.

4 RESULTADOS

4.1 Bromatologia da pastagem

O teor de proteína bruta (PB) aumentou na parte aérea da *U. brizantha* com o aumento das doses e a matéria mineral (MM) diminuiu. A fibra em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) não foram influenciadas pelas doses de nitrogênio. A aplicação de gesso não alterou as características bromatológicas da pastagem (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise bromatológica da pastagem em função da presença e ausência de gesso e adubação nitrogenada na forrageira replantada.

DOSES N	PB	FDN	FDA	MM
	----- % -----			
0	10,7d	73,3a	34,9a	7,1a
100	11,5cd	73,5a	34,3a	7,1a
200	11,8bc	75,2a	35,2a	6,7ab
300	12,5b	73,1a	34,5a	6,5ab
400	13,8a	72,0a	35,2a	6,5b
CV1	5,1	4,4	6,3	6,6
CV2	5,4	5,6	7,3	5,6
GESSO				
Sem gesso	12,0	73,0	34,8	6,7
Com gesso	12,2	73,8	34,8	6,8
Doses N	0,000	0,449	0,871	0,016
Gesso	0,349	0,552	0,948	0,302
Doses x gesso	0,220	0,591	0,031	0,401

FDN: Fibras em detergente neutro, FDA: Fibras em detergente ácido, material mineral, nitrogênio e proteína bruta. Letras iguais não se diferem ao Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados de PB e MM foram ajustados a função linear. Para PB o ajuste foi linear positivo, ou seja, o teor de proteína foi maior com o aumento das doses de nitrogênio. Com relação a matéria mineral ocorreu o inverso, a porcentagem diminuiu com o aumento das doses de nitrogênio.

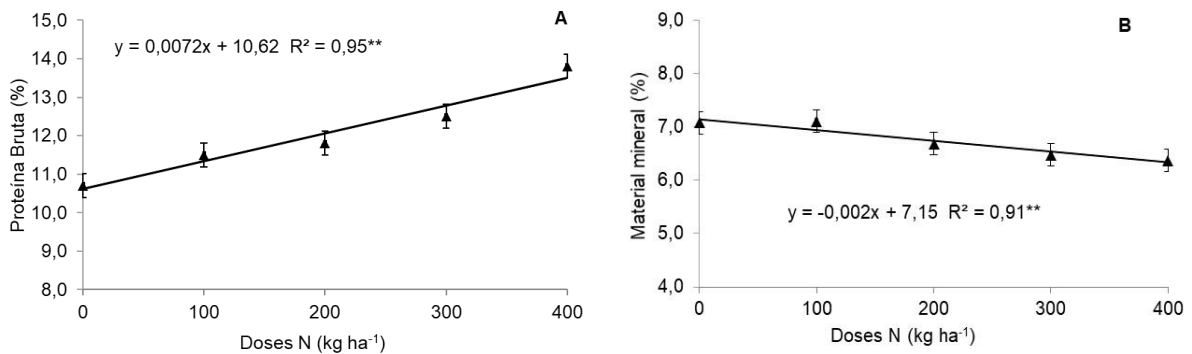


Figura 3. Proteína bruta (A) e matéria mineral (B) da pastagem em função da adubação nitrogenada. ** significativo a 1% de probabilidade.

4.2 Microbiologia do solo

As doses de nitrogênio alteram os teores do carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (CBM e NBM), hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), B-glucosidase e arilsulfatase. Os dados de FDA, B-glucosidase e arilsulfatase foram significativos à regressão com ajuste linear ou quadrático. A aplicação de gesso não proporcionou efeito significativo no CBM, NBM e na atividade da enzima arilsulfatase (Tabela 3).

Tabela 3. Microbiológica do solo em função de doses de nitrogênio com e sem aplicação de gesso agrícola.

DOSES N	RESP	CBM	NBM	FDA	DESID	B-GLU	ARIL
	mg kg ⁻¹ h ⁻¹ de C-CO ₂	mg kg ⁻¹	µg g ⁻¹	ug g solo	ug de TTF/g de solo	p-nitrofenol (mg g ⁻¹ solo hora ⁻¹)	p-nitrofenol (mg g ⁻¹ solo hora ⁻¹)
0	3,5a	133,6c	14,9b	38,1b	5,1a	6,9c	3,2a
100	3,5a	145,2c	12,8c	38,1b	5,1a	7,6ab	2,7b
200	3,5a	181,6a	18,9a	39,9ab	5,0a	7,5b	2,8b
300	3,6a	162,0b	14,0b	41,3a	5,2a	7,8ab	2,6b
400	3,4a	158,3b	14,2b	38,5b	4,9a	8,1a	2,8b
CV1	10,5	4,9	4,7	5,1	10,4	4,6	7,6
Sem gesso	3,4	159,4a	15,9a	38,9	5,0	7,6	2,7b
Com gesso	3,5	153,0b	14,0b	39,5	5,1	7,5	2,9a
CV2	10,1	2,7	7,4	4,5	9,9	4,1	6,5

CBM: carbono na biomassa microbiana; NBM: nitrogênio da biomassa microbiana; DESID: desidrogenase; RESP: respiração do solo; FDA: hidrólise do diacetato de fluoresceína, B-GLU: B-glucosidase e; ARIL: arilsulfatase. Letras iguais não se diferem ao teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.1 Respiração e Desidrogenase

A respiração e a desidrogenase não foram influenciadas pelas doses de nitrogênio e pela aplicação de gesso agrícola. O valor médio da respiração foi 3,5

mg kg⁻¹ h⁻¹ de C-CO₂ do solo. A desidrogenase teve como valor médio 5,0 ug de TTF g⁻¹ de solo (Tabela 3).

4.2.2 Carbono da biomassa microbiana (CBM)

Os dados de CBM foram ajustados a função quadrática em função das doses de N. Sem a aplicação de gesso o maior teor de carbono foi observado com a dose ajustada de 214 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Com aplicação de gesso agrícola a dose ajustada de 332 kg ha⁻¹ de nitrogênio proporcionou o maior valor de CBM no solo (Figura 4).

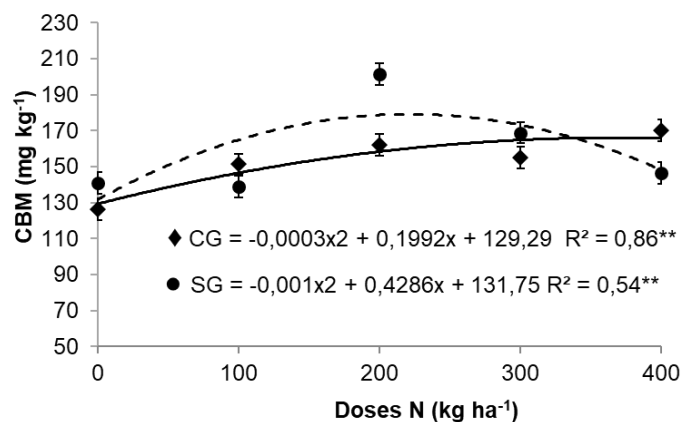


Figura 4. Carbono da biomassa microbiana do solo em função de doses de nitrogênio com e sem aplicação de gesso agrícola. ** significativo a 1% de probabilidade.

4.2.3 Nitrogênio da biomassa microbiana (NBM)

O teor de nitrogênio da biomassa microbiana foi superior no tratamento que recebeu 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Quando foi aplicado gesso os valores médios de NBM foram menores, quando comparados aos tratamentos que não houve a aplicação (Tabela 3).

4.2.4 Hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA)

A FDA foi influenciada pelas doses de nitrogênio. A dose 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio proporcionou o maior valor, no entanto, não diferiu da dose 200 kg ha⁻¹. As demais doses não diferiram entre si. Não houve efeito da aplicação de gesso agrícola (Tabela 3).

4.2.5 B-glucosidase

A enzima B-glucosidase teve sua atividade alterada com o aumento das doses de nitrogênio e com a aplicação de gesso agrícola. Na ausência de gesso agrícola os parâmetros do modelo quadrático foram ajustados aos dados e com a aplicação do insumo ajuste linear positivo. A atividade B-glucosidase sem aplicação de gesso agrícola atingiu o maior valor com a dose ajustada de 380 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Figura 5).

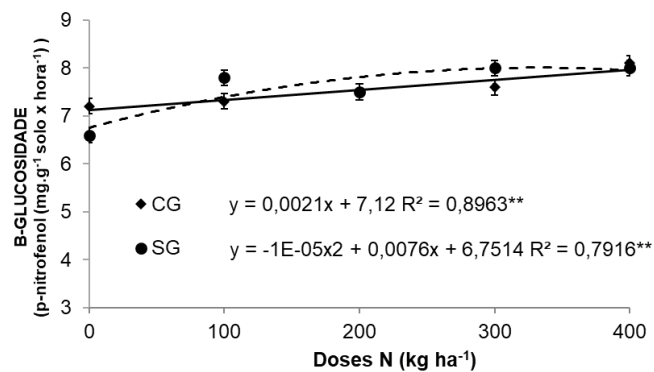


Figura 5. Atividade da enzima B-glucosidase em função de doses de nitrogênio com e sem aplicação de gesso agrícola. ** significativo a 1% de probabilidade.

4.2.6 Arilsulfatase

Os dados da atividade da arilsulfatase foram ajustados a função quadrática com a concavidade voltada para baixo. Portanto, com a aplicação de gesso a menor atividade da arilsulfatase foi observada com a dose calculada de 277 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Sem a aplicação de gesso a menor atividade foi com a dose calculada de 250 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Os maiores valores da enzima foram observados nos tratamentos que foi aplicado gesso agrícola (Figura 6).

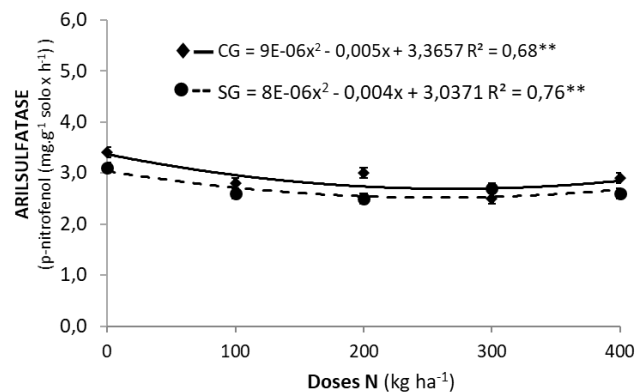


Figura 6. Atividade da enzima arilsulfatase em função de doses de nitrogênio com e sem aplicação de gesso agrícola. ** significativo a 1% de probabilidade.

4.3 Na cultura da soja

Os dados dos componentes de produção e produtividade de soja foram influenciados pelas doses de nitrogênio apenas na primeira safra (2018/2019). Na segunda safra (2019/2020) não houve efeito das doses de nitrogênio. A aplicação de gesso não surtiu efeito, independente safra. Considerando que não houve efeito na segunda safra e da aplicação de gesso nas duas safras foi também avaliado o efeito do ano nos resultados obtidos.

4.3.1 Safra 2018/2019

Os componentes de produção e produtividade foram influenciados pelas doses de nitrogênio. No entanto, não houve efeito da aplicação de gesso agrícola. A produtividade da soja safra 2018/2019 foi baixa levando em consideração o primeiro ano da leguminosa no local.

O maior número de vagens foi observado com a dose de 400 kg ha⁻¹ de nitrogênio. O maior número de grãos por vagem foi observado para ausência de aplicação de nitrogênio e quando foi aplicado 200 kg ha⁻¹, no entanto, estes tratamentos não diferiram das doses 300 e 400 kg ha⁻¹.

Tabela 4. Componentes de produção e produtividade da soja safra 2018/2019 em função de doses de nitrogênio com e sem aplicação de gesso agrícola.

DOSES N	PLANTAS	VAGENS	GRÃOS	P1000	PROD
	n.º metro ⁻¹	n.º planta ⁻¹	n.º vagem ⁻¹	(g)	(kg ha ⁻¹)
0	10,0	21,5bc	1,7 ^a	152,5	1262,4ab
100	10,0	23,2abc	1,4b	149,6	1147,8b
200	9,2	24,5ab	1,6 ^a	150,8	1259,9ab
300	9,9	20,5c	1,6ab	147,3	1118,1b
400	10,7	25,4a	1,6ab	149,6	1435,0a
CV1	4,6	10,5	7,4	5,6	11,9
GESSO					
Sem gesso	10,0	22,6	1,6	151,1	1229,7
Com gesso	9,9	23,5	1,6	148,8	1259,6
CV2	6,2	8,8	5,0	6,4	13,1

Plantas por metro, vagens por planta, grãos por vagem, peso de mil sementes e produtividade da soja (Kg ha⁻¹). Letras iguais não se diferem ao Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A produtividade da soja foi influenciada pelas doses de nitrogênio e os dados foram ajustados a função linear crescente, quando foi aplicado gesso agrícola. Na ausência de gesso não houve ajuste e a média de produtividade foi 1.230 kg ha⁻¹ (Figura 7).

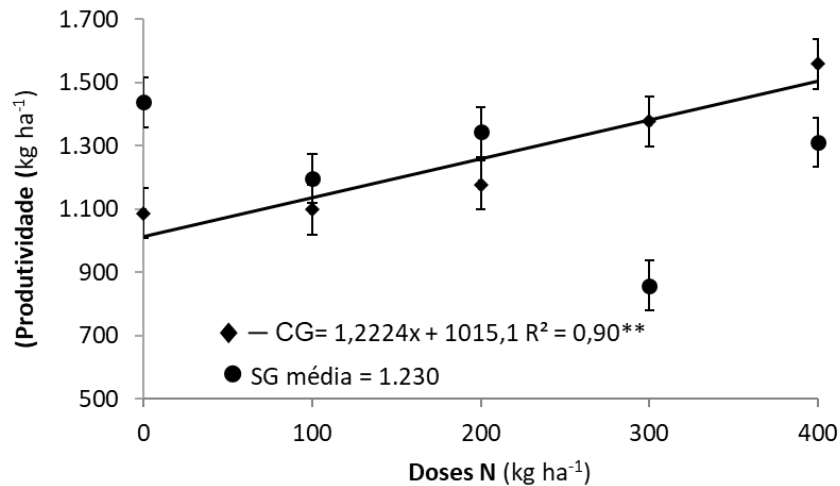


Figura 7. Produtividade de grãos de soja na safra 2018/2019 em função de doses de nitrogênio com e sem aplicação de gesso agrícola. ** significativo a 1% de probabilidade.

4.3.2 Safra 2019/2020

Na safra 2019/2020 não houve efeito dos tratamentos como pode ser observado na Figura 8. Apesar de não haver efeito significativo a produtividade com a dose de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio proporcionou acréscimo de 328 kg ha⁻¹. Este valor representa 5,5 sacas, o que no valor atual da soja (29/06/2020) gerariam a receita de R\$ 550,00.

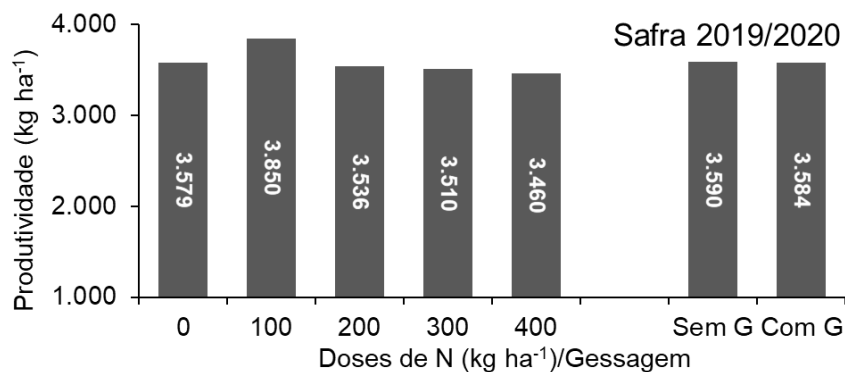


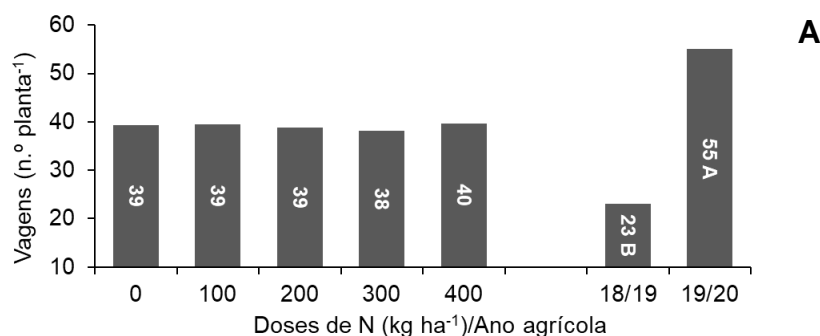
Figura 8. Produtividade da soja na safra 2019/2020 em função adubação nitrogenada na forrageira com e sem aplicação de gesso. Presidente Bernardes – SP, 2019.

4.3.3 Análise conjunta da safra 2018/19 e 2019/20

Os componentes de produção e produtividade de soja não foram afetados pela adubação nitrogenada quando foi realizada a safra como fator de variação. No entanto houve efeito da safra em todos os componentes de produção e na produtividade de grãos. Os maiores valores sempre foram observados na safra 2019/2020. O único componente que não foi alterado foi o número de plantas por metro.

O número de vagens por planta foi de 55 na safra 2019/2020 e 23 na safra 2018/2019. A superioridade foi de 139%. O número médio de grãos por vagens por foi de 2,0 na safra 2019/2020 e, de 1,6 na safra 2018/2019. A superioridade da safra 209/2020 foi de 25%. O peso médio de 1000 grãos foi 167 na safra 2019/2020 e 150 na safra 2018/2019. A superioridade favorável a safra 209/2020 foi de 11% (Figura 9).

A produtividade de grãos na safra 2018/2020 foi de 1245 kg ha⁻¹ e na safra 2019/2020 foi 3587 kg ha⁻¹. A produtividade da segunda safra foi 188% superior a primeira safra, sendo que a diferença foi 2342 kg ha⁻¹ (Figura 9).



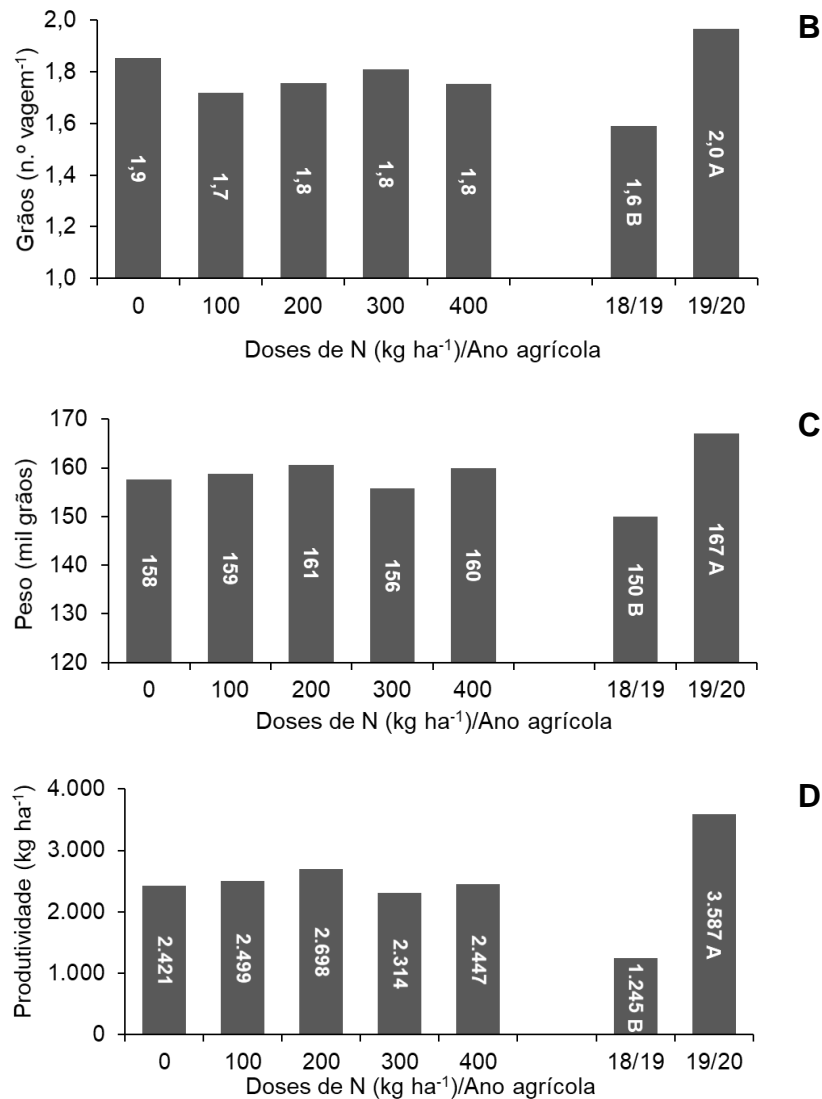


Figura 9. Componente de produção e produtividade de soja função de doses de nitrogênio e safra. Letras distintas diferem ao Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5 DISCUSSÕES

5.1 Bromatologia da pastagem

Os teores de proteína bruta do capim marandú, foram significativamente maiores nos tratamentos em que a adubação nitrogenada foi mais intensa, mostrando a importância do nutriente para formação de uma forrageira de qualidade.

De acordo com Costa, Oliveira e Faquin (2006), o nitrogênio é o principal nutriente para manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, sendo essencial na formação das proteínas, cloroplastos e outros compostos que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos constituintes da estrutura vegetal, responsável por características ligadas ao porte da planta, tais como o tamanho das folhas, tamanho do colmo, formação e desenvolvimento dos perfilhos. Na maioria das pesquisas realizadas, o nitrogênio tem proporcionado aumento imediato e visível na produção de forragem, isso ocorre porque a quantidade de nitrogênio disponibilizada pelo solo, na matéria orgânica, não tem sido suficiente para suprir adequadamente a necessidade das plantas forrageiras.

No presente trabalho, o crescimento linear do teor de proteína bruta no capim marandú, obteve 14% de proteína bruta no tratamento com aplicações de 400 kg ha⁻¹ de nitrogênio na condução do capim durante o ano.

Para Delevatti (2020), para que ocorra o aumento no teor de proteína é necessário que a dose de N seja elevada o suficiente para que não ocorra a diluição do N na matéria seca, uma vez que também ocorre aumento na produção de forragem. A análise dos dados publicados em seu trabalho, evidenciam que os teores de PB da forragem aumentaram em resposta a aplicação de N. Sendo 12,9% de proteína bruta nos tratamentos que receberam 270kg ha⁻¹, contra os 9% na testemunha. Os resultados confirmam as observações de trabalhos nos quais foram avaliados os efeitos da adubação nitrogenada sobre a composição química do capim marandú.

Na análise bromatológica do capim, o material mineral foi menor nos tratamentos onde houve maiores doses de adubações nitrogenadas chegando à 6,5%, independente da aplicação de gesso. Nas testemunhas o percentual de material mineral foi de 7%.

De acordo com Santos *et al.* (2011), os minerais, juntamente com as vitaminas, também têm funções essenciais na nutrição dos ruminantes. Os teores de matéria mineral estão dentro dos parâmetros, sendo de 7,87 a 10,47% na matéria seca. Esses autores afirmaram que o teor desse mineral decresce com o aumento da idade da forrageira, o que pode ser agravado pela época do ano e pela parte da planta em questão, sendo as folhas mais ricas que o caule nesse elemento. Com o pastejo sendo realizado pelos animais, a preferência pelas folhas novas, deixam

expostas as partes mais fibrosas, constituídas pela fração menos digestível da forragem, comprometendo, assim, a principal fonte de energia para o ruminante. Assim, o material coletado no presente trabalho, obteve uma redução do material mineral com o aumento da adubação nitrogenada

5.2 Microbiologia do solo

A adubação nitrogenada na formação da forrageira gerou incrementos na concentração de carbono da biomassa microbiana do solo, sendo o tratamento com 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio estatisticamente superior aos demais tratamentos, com incremento superior em 26% em relação à área sem adubação. Os tratamentos com adubações de 300 e 400 kg ha⁻¹ também foram superiores em 16% em relação à testemunha, mostrando a importância da adubação nitrogenada na microbiologia do solo em sistemas de ILPF.

Os valores do nitrogênio da biomassa microbiana também foram superiores no solo que recebeu 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, mostrando diferença significativa em relação aos demais tratamentos.

Os níveis de carbono microbiológico do solo aumentaram após as adubações nitrogenadas. De forma semelhante, Franchini *et al.* (2011) também constataram que o manejo do solo é um dos principais fatores que afetam os níveis de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e que a utilização de rotação de culturas, principalmente com as espécies leguminosas, contribui e reforça a importância dos microrganismos na sustentabilidade dos solos agrícolas das regiões tropicais, sendo que a avaliação de carbono e nitrogênio presente na biomassa do solo apresentam grande utilidade nos indicadores de qualidade do solo.

A biomassa microbiana funciona como um compartimento reserva de nitrogênio, sendo relacionado ao estoque de carbono/nitrogênio, disponibilizando o nitrogênio às culturas ao longo do ano, assim, é importante que haja uma quantidade adequada deste elemento que é requerido em grandes quantidades pelas plantas, além de promoverem o equilíbrio do Sistema (ERNANI *et al.*, 2005).

McDaniel, Tiemann e Grandy (2014), relatam que as práticas de rotação com a utilização de culturas de cobertura proporcionam incrementos da ordem de 26% para o nitrogênio e 20% para o carbono presente no solo, os autores reforçam

a importância da rotação de cultura para a melhoria da produtividade através do aumento da biomassa microbiana, tornando uma das principais características para a construção de sistemas.

Para o nitrogênio da biomassa microbiana, os melhores resultados foram obtidos sem a aplicação de gesso agrícola na pastagem replantada com adubações nitrogenadas de 200 kg ha⁻¹.

Durante a tese de doutorado de Mello (2007), o nitrogênio microbiano (Nmic) do solo, sob cultivo do capim-Mombaça, foi maior após a implantação de sistema com adubações nitrogenadas, quando comparados ao solo da coleta referência. Entretanto, verificou-se redução do Nmic do solo, no período das águas com variação entre 2,4% e 2,0%. Esta redução pode estar associada à baixa manutenção da população microbiana no solo, devido aos fatores de estresse como adubação nitrogenada, flutuações climáticas desfavoráveis e limitações de nutrientes no solo. No presente estudo, o Nmic do solo sob mata nativa foi igual a 6,18% e no solo sob cultivo de capim Mombaça, o valor variou, no período das águas, entre 2,4 e 2,0% do primeiro para o segundo ano e, no período da seca, entre 1,8 a 2,6%, do primeiro para o segundo ano, mostrando que o solo agricultável se encontra distante do seu “estado de equilíbrio”. Mostrando que apesar dos valores de referência em áreas de florestas são bem distintos de uma área degradada, a adubação nitrogenada em pastagens, pode colaborar para o aumento no nitrogênio microbiano no solo.

Utilizando a hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador da atividade microbiana do solo, os tratamentos com adubação nitrogenada entre 100 e 400 kg ha⁻¹, independente da gessagem, apresentaram melhores resultados em relação aos tratamentos testemunha.

De acordo com o trabalho de Assis e Carneiro (2005), a hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) é uma enzima bastante sensível e afetada por qualquer que seja o manejo, pois nas áreas onde o sistema não foi modificado é notória a alta eficiência de sua atividade. Já nas áreas em que houve práticas de manejo, como plantio de soja, milho, pastagem, nabo, sorgo e milheto, tanto no neossolo quanto no latossolo, a atividade da diacetato de fluoresceína foi consideravelmente reduzida, atribuindo-se a essa redução a sensibilidade dessa enzima a práticas agrícolas. Assim, a prática de integração e utilização do solo, deve

favorecer a atividade enzimática em solos degradados utilizados em monocultivos tradicionais.

Os dados de FDA, B-glucosidase e arilsulfatase foram significativos à regressão com ajuste linear ou quadrático. Evidenciando a sensibilidade dos bioindicadores no manejo do solo, mesmo em pouco tempo.

Em um trabalho desenvolvido por Mendes *et al.* (2019) onde o experimento foi iniciado na safra 2008/2009 e a análise microbiológica do solo realizada em 2015, evidenciou a sensibilidade dos bioindicadores CBM, arilsulfatase e β -glicosidase, para detectar as mudanças que ocorreram no solo em função dos dois sistemas de manejo, com diferenças bem mais acentuadas que as observadas nos teores de matéria orgânica do solo quando comparado o sistema soja/pousio e soja/braquiária, ambos em sistema de plantio direto. Esses resultados confirmam também que, na escalada da melhoria de um solo, os atributos microbiológicos são os primeiros a serem impactados. Maior aporte de resíduos vegetais resulta, inicialmente, em mais atividade biológica e, com o passar do tempo, mais matéria orgânica no solo, mais ciclagem de nutrientes, maior estruturação e agregação do solo, resultando em maior retenção de água. Provavelmente, após oito safras consecutivas, as melhorias na estruturação do solo proporcionadas pelo cultivo de braquiária, favoreceram a maior retenção de água, diminuindo os severos efeitos causados pelo veranico na safra 2014/2015. Assim, provavelmente com a continuidade da integração proposta no trabalho, aliada a adubações nitrogenadas na forrageira, devem elevar estes aspectos da microbiologia do solo.

Mendes *et al.* (2019) ainda conclui que estes fatores resultam em melhores desempenhos em termos de produtividade e em maior eficiência no uso de insumos, resultando em maiores lucratividades. Nos tratamentos com braquiária, esses aumentos foram, em média, de 53 % para a β -glicosidase e arilsulfatase e de 30 % para a enzima fosfatase ácida em relação aos tratamentos com pousio. Isto é, embora os tratamentos apresentassem características químicas similares, os maiores níveis de β -glicosidase e arilsulfatase nos tratamentos com braquiária demonstraram que o funcionamento biológico do solo era distinto.

5.3 Componentes de produção e produtividade da soja

Quando analisados os componentes utilizados para calcular a produtividade da soja, os itens que avaliaram plantas por metro, número de vagens por planta e grãos por vagem, os resultados mostraram diferenças significativas, principalmente para o componente número de vagens. No trabalho realizado por Pereira *et al.* (2019), sobre o efeito da adubação nitrogenada na cultura da soja, a adubação com nitrogênio na semeadura, cobertura em V2, foliar em V4 e a aplicação em R1 resultaram nos maiores valores para número de vagens. Onde o maior número de vagens foi observado na adição de nitrogênio no estágio V2, em cobertura, superando em 18,25 vagens por planta (39,2%). Silva *et al.* (2011) verificaram aumento no número de vagens em doses até 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio na semeadura da soja, porém sem incremento na produtividade de grãos. Na safra 2018/2019 da soja, o tratamento que foi utilizado 400kg ha⁻¹ na formação da pastagem, houve um aumento de 18 % em relação ao número de vagens da testemunha, mostrando a interferência da adubação nitrogenada mesmo quando realizada na cultura anterior.

De acordo com a CONAB (2017), diversos fatores podem afetar o resultado final do rendimento, como: o uso de sementes de baixa qualidade, cultivares menos adaptadas à região, inadequada população de plantas, semeadura antecipada, solos arenosos, sistema de plantio direto com anomalias de condução, deficiência de controle de plantas daninhas, doenças e insetos-praga, desequilíbrio nutricional, baixo teor de matéria orgânica no solo, dessecação anterior à maturação fisiológica para apressar a colheita, colheita em meses chuvosos, ausência de rotação de culturas e plantio em áreas marginais, justificando a baixa produtividade do experimento o solo arenoso e o baixo teor de matéria orgânica no solo. No experimento, a produtividade da soja safra 2018/2019 foi baixa, levando em consideração o primeiro ano da leguminosa no local, não apresentando diferenças significativas na produtividade, independente da aplicação de gesso.

O trabalho publicado por Fabris *et al.* (2018) sobre o aporte de palha e nitrogênio no sistema de produção visando a produção de soja no oeste paulista, mostrou que as doses de nitrogênio interferiram significativamente na produtividade da soja, na safra 2014-2015. A maior média (4.137 kg ha⁻¹) foi obtida com a introdução de 200 kg ha⁻¹ de N, indicando que a adubação nitrogenada no sistema de produção auxiliou no metabolismo dos microrganismos relacionados à

decomposição de palhada e na nodulação de soja, favorecendo a maior produtividade.

No presente trabalho, a baixa produtividade na primeira safra, assim como a baixa influência dos tratamentos com adubação nitrogenada em relação a produtividade da soja na segunda safra, demonstra a forte dependência e influência da nodulação da soja na produtividade final. Resultados obtidos por Balbinot Júnior *et al.* (2014), mostraram que, ao testarem doses nitrogênio no manejo da cultura da soja em solos arenosos, não obtiveram resultados significativos, indicando que o melhor aproveitamento deste nutriente para solos arenosos pode ocorrer com a adubação do sistema de produção, onde as perdas são menores. A produtividade de grãos e os teores de óleo e proteína também não variaram entre os tratamentos, o que demonstra a ausência de benefícios agrônômicos oriundos da adubação nitrogenada na soja em solos arenosos. Dados anteriormente obtidos pela Embrapa Soja, em várias condições de ambiente, demonstram que a fixação biológica de nitrogênio é suficiente para suprir o nitrogênio requerido pela soja, dispensando a aplicação desse nutriente na forma mineral, no entanto, é necessário salientar que a inoculação deve ser realizada de acordo com as recomendações técnicas, inclusive sendo realizada no sulco para reduzir o efeito do fungicida e do inseticida na sobrevivência das bactérias, o que, possivelmente, permite adequada disponibilidade de nitrogênio à cultura via fixação simbiótica desse nutriente.

Comparando as safras 18/19 e 19/20, a diferença é alta, 188% a mais na safra 19/20. Por ser uma soja de primeiro ano, a nodulação foi baixa visivelmente e outro fator seria que as adubações nitrogenadas realizadas na formação da pastagem possam ter atrapalhado a nodulação, pois de acordo com Zuffo (2019), a adubação nitrogenada na cultura da soja, independente da época de aplicação e da cultivar, inibe o número de nódulos, volume dos nódulos e matéria seca dos nódulos e não proporciona aumento do volume radicular, matéria seca da parte aérea e do sistema radicular. O estímulo para a infecção das bactérias *Bradyrhizobium japonicum* ocorre em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio no solo. Dessa forma, independentemente da época de aplicação, as doses de nitrogênio culminaram na inibição da infecção das bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e, conseqüentemente, na formação do número de nódulos por plantas ao incrementar as doses de nitrogênio.

Na safra 2019/2020 da soja, a produtividade chegou na média de 3.587 kg ha⁻¹, com uma nodulação visivelmente superior à safra 2018/2019, mostrando a evolução da microbiologia do solo ao longo do ano e conseqüentemente a importância do sistema de integração em solos arenosos.

6 CONCLUSÕES

O teor de proteína bruta da pastagem é maior com o aumento das doses de adubação nitrogenada.

As doses 200 e 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio promovem maior atividade microbiana.

Os dados de produtividade da soja na primeira safra têm ajuste linear com as doses de nitrogênio e com a aplicação de gesso.

A produtividade da safra 2019/2020 é 188% superior a primeira safra.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, Paula Camylla Ramos; CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone. Atividade da hidrólise do diacetato de fluoresceína (fda) urease e fosfatase ácida em solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **PAT**, v. 38, n. 4, 2005.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. 576 p.
- BALBINOT JUNIOR, A. A. *et al.* Adubação nitrogenada na soja cultivada em solo arenoso no sistema de integração lavoura-pecuária. *In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA*, 34., 2014, Londrina. **Resumos** [...]. Londrina: Embrapa Soja, 2014.
- MELLO, S. Q. S. **Propriedades químicas e biológicas do sistema solo/planta em pastagem de capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio e épocas de corte**. 2007. 114 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Universidade Federal de Goiás, 2007.
- CASIDA, L. E.; KLEIN, D. A.; SANTORO, T. Soil dehydrogenase activity. **Soil Science**, Berlim, v. 98, n. 6, p. 371-376, 1964.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. A produtividade da soja: análise e perspectivas. **Compêndio de Estudos CONAB**, v.10, 2017.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A produtividade da soja: análise e perspectivas**. Brasília, DF: CONAB, 2020.
- COSTA, KA de P.; DE OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, Valdemar. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero Brachiaria em solos do Cerrado**. Brasília, DF: Embrapa Arroz e Feijão-Documentos (INFOTECA-E), 2006.
- COSTA, E. G. *et al.* Rendimento produtivo de linhagens de soja em Uberaba- MG. **FAZU em Revista**, n. 6, p. 11-52, 2009.
- DELEVATTI, Lutti Maneck. **Manejo de pastos de capim marandu com diferentes doses de adubação nitrogenada**. 2020. 92 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2020.
- DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2014.
- DICK, R. P.; BREAKWELL, D. P.; TURCO, R. F. Soil enzyme activities and biodiversity as integrative microbiological indicators. *In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 247-272.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>. Acesso em: 02 nov. 2019.

SANTOS, Viviane Rodrigues Verdolin *et al.* **Características estruturais e bromatológicas do capim Tanzânia sob pastejo isolado, simultâneo e alternado de ovinos com bovinos**. Brasília, DF: Embrapa Pesca e Aquicultura-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2011.

ERNANI, P. R. *et al.* A forma de aplicação da uréia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, p. 360-365, 2005.

FAGUNDES, Jailson Lara *et al.* Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, 2006.

FERREIRA MORAES, Milton *et al.* Mobilidade de íons em solo ácido com aplicação de calcário, ácido orgânico e material vegetal em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, 2007.

FRANCHINI, J. C. *et al.* **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

FRANCHINI, J. C. *et al.* **Soja em solos arenosos: papel do sistema plantio direto e da integração lavoura-pecuária**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 10 p. (Série Embrapa Soja. Circular Técnica, 116).

GUILHERME, L. R. G.; VALE, F. R.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes**. Lavras: Esal; Faepe, 1995. 171 p.

MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. *In*: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 1985, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 3- 64.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1981. 595 p.

MENDES, I. de C. *et al.* **Bioanálise de solo: aspectos teóricos e práticos**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados-Artigo (ALICE), 2019.

MCDANIEL, M. D.; TIEMANN, L. K.; GRANDY, A. S. Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. **Ecological Applications**, v. 24, n. 3, p. 560-570, 2014.

PEREIRA, Cassiano Spaziani *et al.* Formas e estádios de aplicação de adubação nitrogenada no desenvolvimento e produtividade da soja. **Revista Agroambiental**, v. 10, n. 4, 2019.

PERES SORATTO, Rogério; COSTA CRUSCIOL, Carlos Alexandre. Cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais mediante aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, 2007.

PINHO COSTA, Kátia Aparecida de *et al.* Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: II-nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, 2008.

PRIMAVESI, Odo *et al.* **Lixiviação de nitrato em pastagem de coastcross adubada com nitrogênio.** Brasília, DF: Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2006.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2001.

RODELLA, A. A.; SABOYA, L. V. Calibration for conductimetric determination of carbon dioxide. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 31, n. 14, p. 2059-2060, 1999.

RHEINHEIMER, D. S dos *et al.* Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, 2000.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology Biochem**, Oxford, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

ZUFFO, Alan Mario *et al.* Adubação nitrogenada na soja inibe a nodulação e não melhora o crescimento inicial das plantas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 333-349, 2019.