

## ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO SOLO EM PASTAGENS DE *UROCHLOA* MANEJADOS SOB OFERTAS DE FORRAGEM<sup>1</sup>

E. R. Januszkiewicz<sup>\*2</sup>, E. Raposo<sup>2</sup>, B. M. P. R. Martins<sup>2</sup>, M. A. Magalhães<sup>3</sup>, A. R. Panosso<sup>1</sup>, G. M. P. Melo<sup>4</sup>, A. C. Ruggieri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Recebido em 30/10/2018. Aprovado em 18/11/2019.

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV) de Jaboticabal, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus JK, Diamantina, MG, Brasil.

<sup>4</sup>Universidade Camilo Castelo Branco, Campus de Descalvado, SP, Brasil.

\*Autor correspondente: estella\_rosseto\_januszkiewicz@yahoo.com.br

**Resumo:** A atividade enzimática do solo reflete a atividade dos microrganismos que decompõem a matéria orgânica e liberam nutrientes às plantas. O objetivo foi avaliar a atividade enzimática no solo em pastagens de cultivares de *Urochloa* manejados sob as ofertas de forragem de 4, 7, 10 e 13 kg de matéria seca (MS)/100 kg de peso corporal (PC). O método de pastejo adotado foi mob-stocking, com quatro ciclos de pastejo (entre dezembro de 2008 e fevereiro de 2009). Também foi realizada uma amostragem em junho de 2009 para melhor caracterização, pois a mineralização da matéria orgânica no solo ocorre em longo prazo. Assim, as datas de coleta de solo para análise foram descritas como dias de avaliações e não como pastejos: 1 (de 17 a 20 de dezembro de 2008), 21 (de 07 a 10 de janeiro de 2009), 42 (de 28 a 31 de janeiro de 2009), 63 (de 18 a 21 de fevereiro de 2009), 183 (de 18 a 20 de junho de 2009). Foi avaliada a atividade enzimática no solo da desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições por oferta. Foi realizada a análise de variância e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para comparação de médias, utilizando-se o procedimento o programa estatístico R. As análises foram realizadas de maneira individual para cada cultivar. De modo geral, nas pastagens das três cultivares estudadas, a atividade da desidrogenase foi maior ( $P < 0,05$ ) aos 63 dias e da protease no último dia de avaliação. O decorrer do período experimental implicou em mudanças na atividade da arilsulfatase e da celulase em relação às ofertas de forragem, mas sem um padrão de comportamento definido. As ofertas de forragem mostraram efeito sobre a atividade das enzimas ao longo do período de avaliação, porém sem padrão de comportamento definido, sendo observadas oscilações cíclicas da atividade dessas enzimas. As ofertas de forragem estudadas afetaram a atividade enzimática da desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase no solo das pastagens de *Urochloa* da cv. Marandu, cv. Xaraés e cv. Mulato, porém não ocorreu um padrão dessa atividade. Sugere-se a necessidade de maior tempo de estudo para que ofertas de forragem demonstrem maior especificidade em relação ao comportamento da atividade enzimática do solo em pastagens de *Urochloa*.

Palavras-chave: arilsulfatase, celulase, desidrogenase, protease, umidade do solo

## SOIL ENZYMATIC ACTIVITY OF *UROCHLOA* PASTURES MANAGED UNDER DIFFERENT FORAGE ALLOWANCES

**Abstract:** Soil enzymatic activity reflects the activity microorganisms that decompose the organic matter and release nutrients into the soil that can be used by plants. The objective of this study was to evaluate soil enzymatic activity in *Urochloa* cultivar pastures managed under forage allowances of 4, 7, 10 and 13 kg dry matter/100 kg body weight. The grazing method adopted was mob-stocking, with four grazing cycles (between December 2008 and February 2009). Soil sampling was performed in June 2009 for better characterization since the mineralization of soil organic matter is a long-term process. Thus, the dates of soil sampling for analysis are reported as evaluation days and not as grazing: 1 (December 17 to 20, 2008), 21 (January 7 to 10, 2009), 42 (January 28 to 31, 2009), 63 (February 18 to 21, 2009), 183 (June 18 to 20, 2009). The soil enzymatic activity of dehydrogenase, protease, arylsulfatase, and cellulase was evaluated. The experimental design was completely randomized, with three replications per forage allowance. Analysis of variance and Tukey's test at the 5% probability level were applied to compare means using the R statistical program. The analyses were performed individually for each cultivar. Overall, in pastures of the three cultivars studied, dehydrogenase activity was higher ( $P < 0.05$ ) on day 63 and protease on the last day of evaluation. The experimental period implied changes in the activity of arylsulfatase and cellulase according to forage allowance, but without a defined pattern. Forage allowances exerted an effect on the activity of the enzymes throughout the evaluation period, but there was no defined pattern. Cyclic oscillations in the activity of these enzymes were observed. The forage allowances studied affected the soil enzymatic activity of dehydrogenase, protease, arylsulfatase and cellulase in *Urochloa* pastures of the Marandu, Xaraes and Mulato varieties, but no pattern was found in this activity. A longer study period is necessary to identify more specific effects of forage allowance on soil enzymatic activity in *Urochloa* pastures.

Key words: arylsulfatase, cellulase, dehydrogenase, protease, soil moisture

## INTRODUÇÃO

O manejo ao qual o solo é submetido interfere diretamente na manutenção da umidade, temperatura e aeração desse solo, que, por sua vez, vão influenciar a biomassa microbiana e sua atividade no solo. A quantificação da atividade enzimática, e também da respiração microbiana é um dos parâmetros utilizados para fornecer indicações sobre os níveis de atividade das comunidades de microrganismos do solo (BOWLES et al., 2014). Para isso, é importante, da mesma forma, quantificar os microrganismos que desempenham papel chave na dinâmica da matéria orgânica do solo (FERREIRA et al., 2017).

As mudanças de uso da terra relacionadas à remoção das coberturas vegetais nativas para a expansão da agricultura resultam em alterações na dinâmica da matéria orgânica do solo, sendo que os microrganismos do solo responsáveis por mais de 95% dos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes (MAZZETTO et al., 2016). Esses autores avaliaram os padrões de atividade da biomassa microbiana dos solos sob as diferentes vegetações naturais, pastagens em uso e sistemas agrícolas recém-implantados e observaram que existe grande semelhança do comportamento da biomassa microbiana em áreas nativas e pastagens. Sistemas de manejo do solo que possuem maior acúmulo de resíduos vegetais no solo, como mata nativa e pastagem, apresentaram maior biomassa microbiana (SANTANA et al., 2017). Os autores avaliaram diferentes sistemas de manejo do solo e encontraram valores superiores de matéria orgânica do solo, carbono da biomassa microbiana e carbono prontamente mineralizável, nas áreas de mata e pastagem em relação à área de cultivo agrícola.

Solo de alta qualidade possui alta atividade biológica além de conter populações microbianas balanceadas, pois os microrganismos e os processos microbiológicos conseguem responder rapidamente a mudanças no manejo e no uso da terra (CHAER et al., 2014). As enzimas têm participação essencial nos processos relacionados à qualidade do solo e como são sintetizadas, principalmente, pelos organismos que nele crescem, as condições que favorecem a atividade da biota também favorecem a atividade enzimática, que, muitas vezes, se relaciona positivamente com a produtividade ou com a qualidade do solo

(MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). As enzimas do solo originam-se de todos os organismos vivos do solo (fauna, raízes de plantas e microrganismos) e são usualmente excretadas de células vivas ou liberadas no solo a partir de células mortas, sendo que as enzimas livres formam complexos com a matéria orgânica do solo (CHAER et al., 2014)

Algumas enzimas são encontradas somente em células vivas, entre elas, a desidrogenase, que está envolvida no processo de transporte de elétrons, acoplado à síntese de ATP e que, por isso, pode ser utilizada como medida da atividade biológica (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Essa enzima é intracelular, tendo sua atividade associada a respiração referente à atividade metabólica, mas não, necessariamente, quantifica o número de microrganismos presentes no solo (MELO et al., 2010). Além da atividade da desidrogenase, outros grupos como os da protease, arilsulfatase e celulase são também comumente estudados.

A protease tem relação com a mineralização do nitrogênio orgânico. São enzimas envolvidas na proteólise, quebrando a cadeia proteica em peptídeos menores que sofrerão a ação das peptidases, liberando aminoácidos que, por sua vez, vão passar pelo processo de desaminação liberando o grupo amina na forma de amônia (VIEIRA, 2017). A arilsulfatase é responsável pela ciclagem do enxofre no solo. Constituem um grupo de enzimas que catalisam a hidrólise da ligação éster de sulfato ligado ao radical aril e, além disso, a atividade da arilsulfatase correlaciona-se positivamente com o teor de matéria orgânica (MELO et al., 2010). A celulase é uma enzima que catalisa a hidrólise da celulose, carboidrato não redutor, em unidades de celobiose que, por sua vez, é hidrolisada resultando em glicose (MELO et al., 2010).

Com base no exposto, o objetivo foi estudar o efeito das diferentes ofertas de forragem em pastagens de cultivares de *Urochloa* (Marandu, Xaraés e Mulato), sobre a atividade das enzimas desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido numa área com coordenadas 21°15'22" de latitude sul, 48°18'58" de longitude oeste e 595 m acima do

**Tabela 1** - Resultado da análise de fertilidade do solo da área experimental, das três cultivares de *Brachiaria* antes do início do período experimental

Cultivar	Ano de formação	pH	MO	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	V
		CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		%	
Marandu	2003	5,7	30	16	2,8	36	15	71
Xaraés	2004	5,3	27	15	6,5	28	11	62
Mulato	2006	5,4	24	14	5,3	31	12	61

pH = acidez, MO = matéria orgânica, P = fósforo, K = potássio, Ca<sup>2+</sup> = cálcio, Mg = magnésio, V = saturação por bases

nível do mar, em área pertencente ao município de Jaboticabal. O clima de Jaboticabal é subtropical do tipo AWa, tropical mesotérmico com verão úmido e inverno seco, de acordo com classificação de Köppen. Os dados de insolação, temperatura média, precipitação pluviométrica, deficiência e excesso hídricos e armazenamento de água no solo durante o período experimental, estão apresentados na Tabela 2.

As cultivares (cv.) de *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) estudadas foram Marandu (*Urochloa brizantha* Stapf.), Xaraés (*Urochloa brizantha*) e Mulato (*Urochloa* sp. híbrido de *Urochloa ruziziensis* clone 44-6 e *Urochloa brizantha* CIAT 6297). A área da cv. Marandu (4.896 m<sup>2</sup>) foi formada em novembro de 2003, a área da cv. Xaraés (2.796 m<sup>2</sup>) foi implantada em dezembro de 2004 e a área da cv. Mulato (3.241 m<sup>2</sup>) foi formada em junho de 2006. Devido ao tempo de formação de cada área, as pastagens das cultivares Marandu, Xaraés e Mulato foram avaliadas separadamente.

O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, horizonte A moderado, caulínítico hipoférrico com relevo suave ondulado (SANTOS, 2013). Antes do período experimental foram coletadas amostras de solo à profundidade de 0 - 0,20 m para caracterização química da fertilidade e para verificar a necessidade de correção de acidez e aplicação dos adubos. Após resultado da análise de solo (Tabela 1), foi observado que a saturação por bases e o teor dos macronutrientes das áreas das três cultivares de *Urochloa* atendiam às exigências mínimas das cultivares. Assim, a adubação realizada foi de manutenção, onde foram utilizados 50 kg N/ha na forma de ureia aplicados em dose única, manualmente e a lanço, no mês de janeiro de 2009, após o segundo pastejo.

Nas pastagens de cada cultivar foram avaliados quatro tratamentos que consistiram das ofertas de forragem (OF) de 4, 7, 10 e 13 kg MS/100 kg PC, com três parcelas experimentais (repetições) por OF, totalizando

**Tabela 2** - Insolação (Ins.), temperatura média (Temp.), precipitação pluviométrica (Precip.), deficiência (Def. híd.) e excesso hídricos (Exc. híd.) e armazenamento de água no solo (Armaz. água) durante o período experimental

Data	Ins.	Temp.	Precip.	Def. híd.	Exc. híd.	Armaz. água
	hs	°C	mm	mm	mm	mm
Nov/08	266,6	24,3	81,8	37,0	0,0	3,0
Dez/08	231,3	23,9	278,9	0,0	61,0	100,0
Jan/09	180,2	23,8	238	0,0	124,0	100,0
Fev/09	204,3	24,7	190,6	0,0	77,0	100,0
Mar/09	191,3	24,4	217,9	0,0	100,0	100,0
Abr/09	248,7	22,2	70,8	1,0	0,0	87,0
Mai/09	259,1	20,7	26,6	12,0	0,0	57,0
Jun/09	195,9	17,4	51,9	0,0	0,0	67,0

12 parcelas para cada cultivar. Para o pastejo foram utilizadas vacas não lactantes e/ou novilhas da raça Holandesa, com peso médio aproximado de 450 kg, que foram sorteadas entre os tratamentos de acordo com a oferta de forragem pretendida. O ajuste da carga animal foi em função da massa de forragem verde seca pré-pastejo, do peso dos animais, do tamanho (área) das parcelas e da OF pretendida. Para isso utilizou-se a equação:  $CA = (MF * S) / OF$ , onde: CA é a carga animal (kg de PC); MF é a massa de forragem (kg/ha de massa verde seca); S é a área do piquete (ha) e OF é a oferta de forragem (kg MS/100 kg PC). A área de cada parcela era variável de acordo com a OF para que o número de animais por parcela fosse próximo para tirar o efeito de grupo, sendo: 229,5 m<sup>2</sup>; 408 m<sup>2</sup>; 408 m<sup>2</sup> e 586,5 m<sup>2</sup> para as OF de 4, 7, 10 e 13 kg MS/100 kg PC, respectivamente, na pastagem da cv. Marandu; 113 m<sup>2</sup>; 198 m<sup>2</sup>; 283 m<sup>2</sup> e 368 m<sup>2</sup> para as OF de 4, 7, 10 e 13 kg MS/100 kg PC, respectivamente, na pastagem da cv. Xaraés; e 95 m<sup>2</sup>; 165 m<sup>2</sup>; 236 m<sup>2</sup> e 307 m<sup>2</sup> para as OF de 4, 7, 10 e 13 kg MS/100 kg PC, respectivamente, na pastagem da cv. Mulato.

O método de pastejo adotado foi mobstocking (ALLEN et al. 2011) com um dia de ocupação e 21 dias de descanso. O período de ocupação das parcelas experimentais foi de 8 horas por dia, dividido em dois períodos de quatro horas (manhã e tarde). Dessa forma, os animais permaneciam fora dos piquetes no horário mais quente do dia (entre 10h e 15hs), em áreas de descanso com bebedouros e sombrite. Este manejo foi adotado pela ausência de sombras e bebedouros na área experimental, que poderia prejudicar o pastejo dos animais, podendo até mesmo provocar perdas de forragem (animais poderiam parar de pastar e deitar, acamando a forragem disponível).

Em julho de 2008, devido ao intenso alongamento de colmos e a presença de material de baixa qualidade, as áreas das três cultivares foram roçadas mecanicamente, a 10 cm do nível do solo. No final de novembro de 2008, foi feito um pastejo para imposição dos tratamentos, não utilizado na coleta de dados. Durante o período de pleno desenvolvimento da gramínea, de dezembro de 2008 a fevereiro de 2009, foram realizados quatro ciclos de pastejo. Para o estudo da atividade enzimática no solo da área experimental, foram feitas

amostragens antes da entrada dos animais nos piquetes. Não foram realizadas amostragens após saída dos animais pois a influência desse pastejo é contabilizada na próxima amostragem, uma vez que modifica a estrutura do dossel, a entrada de luz, a umidade do solo e a quantidade de substrato disponível para degradação no solo. Como a mineralização da matéria orgânica no solo, ocorre em longo prazo, também foi realizada uma amostragem em junho, para visualizar melhor a atividade enzimática ao longo do tempo. Vale salientar que essa amostragem foi realizada com o intuito de observar a ação dos microrganismos no tempo e foi única, pois não havia mais pastejo nessa época, além de ser utilizada para diferenciar a época das águas e da seca. Assim, as datas de coleta de solo para análise foram descritas como dias de avaliações (DA) e não como pastejos: DA 1 (de 17 a 20 de dezembro de 2008), DA 21 (de 07 a 10 de janeiro de 2009), DA 42 (de 28 a 31 de janeiro de 2009), DA 63 (de 18 a 21 de fevereiro de 2009), DA 183 (de 18 a 20 de junho de 2009).

Para as avaliações foram coletadas amostras através de um cilindro de aço com 15 cm de diâmetro e 13,7 cm de altura, que foi introduzido a uma profundidade aproximada de 15 cm da superfície do solo. Essas coletas ocorriam em pontos com altura média do dossel forrageiro. Primeiro, a parte aérea da amostra era retirada e, depois, o cilindro introduzido no solo para a retirada das raízes e solo. As amostras assim que retiradas, eram identificadas e levadas ao laboratório, onde as raízes e o solo eram separados. As amostras de solo eram peneiradas e acondicionadas em geladeira para posterior análise enzimática. Foi retirada uma amostra de solo por parcela experimental, totalizando três amostras por oferta de forragem para cada cultivar avaliado, em todos os DA determinados.

A atividade das enzimas desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase foram avaliadas através de metodologias adaptadas por MELO et al. (2010). A medida da atividade enzimática da desidrogenase se baseou na determinação da taxa de redução do cloreto de trifeniltetrazólio a trifenil formazam por uma quantidade de solo, incubado a 30°C por 24 hs. A atividade enzimática da protease foi realizada pela na incubação da amostra de solo na presença de caseína. Durante a hidrólise ocorre a liberação de aminoácidos, entre eles a tirosina, que pode ser estimada através da reação

com o reagente de Folin-Ciocalteu. A atividade enzimática da arilsulfatase foi medida através da incubação da amostra de solo com solução de p-nitrofenil sulfato de potássio (substrato), dosando-se a quantidade de p-nitrofenol liberada por espectrofotometria na região do visível. Por fim, a medida da atividade enzimática da celulase foi realizada pela incubação da amostra de solo com o substrato da enzima, avaliando-se, então, a quantidade de glicose produzida.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições por oferta. Foi realizada a análise de variância e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para comparação de médias, utilizando-se o procedimento o programa estatístico R (R CORE TEAM, 2018). As análises foram realizadas de maneira individual para cada cultivar e anteriormente à sua realização as pressuposições de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos foram checadas. Não foi necessário a realização de qualquer transformação nos dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No solo das pastagens da cv. Marandu, na oferta de forragem de 4 kg MS/100 kg PC, a atividade da desidrogenase (Tabela 3) foi maior ( $P < 0,05$ ) aos 21 e 63 dias de avaliação, sendo que nas outras ofertas esse resultado foi observado somente aos 63 dias. Na cv. Xaraés, a maior ( $P < 0,05$ ) atividade dessa enzima também ocorreu no dia de avaliação 63, em todas as ofertas de forragem. Na cv. Mulato isso se comprovou nas ofertas de 7, 10 e 13 kg MS/100 kg PC, por outro lado, na menor oferta de forragem, maior ( $P < 0,05$ ) atividade foi registrada no início do período experimental.

De modo geral, nas pastagens das três cultivares estudadas, a atividade da desidrogenase foi maior ( $P < 0,05$ ) no dia de avaliação 63 (Tabela 3). No dia de avaliação 63, ocorrido em fevereiro, a atividade da desidrogenase maior, mostra que a quantidade de microrganismos presentes no solo era maior. As condições climáticas da época foram favoráveis à proliferação dos organismos pela alta precipitação pluviométrica nos

Tabela 3. Atividade da desidrogenase ( $\mu\text{g TFF/g solo}$ ) em pastagens de cultivares de *Urochloa* de acordo com as ofertas de forragem (kg MS/100 kg PC) e dias de avaliação para cada cultivar avaliada.

Oferta de forragem	Dias de avaliação					
	1	21	42	63	183	
Marandu						
4	245,60 A b	262,93 A a	167,27 B c	257,04 B a	116,93 C d	
7	175,36 B c	161,46 C d	232,04 A b	268,57 A a	113,94 C e	
10	238,89 A b	183,52 B c	170,31 B d	268,02 A a	142,01 A e	
13	127,73 C d	148,85 D c	172,97 B b	197,32 C a	131,13 B d	
Xaraés						
4	149,27 A c	162,18 B b	120,90 A d	213,69 B a	118,92 A d	
7	153,39 A c	166,04 AB b	79,95 C d	189,23 C a	89,97 B d	
10	151,48 A b	148,19 C b	83,96 BC c	225,97 A a	65,70 C d	
13	111,60 B c	174,30 A b	92,81 B d	203,89 B a	56,41 C e	
Mulato						
4	212,60 A a	140,54 B b	134,00 B b	153,45 C b	71,95 A c	
7	171,88 B b	169,20 A b	166,42 A b	224,07 AB a	58,26 A c	
10	183,11 B b	168,22 A b	112,15 B c	227,19 A a	58,03 A d	
13	91,32 C c	177,18 A b	88,54 C c	204,28 B a	64,89 A d	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

meses anteriores. Esse fato fica comprovado pelo balanço hídrico (Tabela 2) dos meses de dezembro de 2008, janeiro e fevereiro de 2009, em que o armazenamento de água no solo foi de 100 mm e, ocorreu até mesmo, excesso de água no solo. Assim, a atividade da desidrogenase aumentou, uma vez que, varia inversamente ao potencial redox causando aumento dessa enzima quando ocorre inundação do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Em estudo objetivando identificar as relações entre a umidade do solo e o crescimento e desenvolvimento de microrganismos, sua diversidade e a atividade das enzimas do solo, Borowik e Wyszowska (2016) analisaram solos com teores de umidade correspondentes a 20, 40 e 60% do conteúdo máximo de água. A atividade das desidrogenases, catalase, urease, fosfatase ácida, alcalina fosfatase,  $\beta$ -glucosidase e arilsulfatase foram as maiores no solo, com 20% do conteúdo máximo de água, devido, provavelmente, ao desenvolvimento dos microrganismos e refletiu as condições de oxigênio no solo. Os autores relatam ainda que o tipo de formação do solo diferenciou a contagem de microrganismos e a atividade das enzimas mais fortemente que a umidade do solo, o que está associado ao teor de carbono orgânico e nitrogênio nesses solos.

Analisando cada dia de avaliação, verificamos que não houve um padrão da atividade da desidrogenase entre as ofertas de forragem (Tabela 3), em nenhuma cultivar. No solo sob a cv. Marandu as maiores ( $P < 0,05$ ) atividades ocorreram nas ofertas de forragem de 4 e 10 kg MS/100 kg PC, no primeiro dia de avaliação; na oferta de 4 kg MS/100 kg PC, aos 21 dias; na oferta de 7 kg MS/100 kg PC, aos 42 dias; nas ofertas de 7 e 10 kg MS/100 kg PC, aos 63 dias; e na oferta de forragem de 10 kg MS/100 kg PC, aos 183 dias.

Na pastagem da cv. Xaraés as maiores ( $P < 0,05$ ) atividades da desidrogenase (Tabela 3) ocorreram nas ofertas de forragem de 4, 7 e 10 kg MS/100 kg PC, no primeiro dia de avaliação e na oferta de 13 kg MS/100 kg PC aos 21 dias, que obteve valor significativamente semelhante ( $P > 0,05$ ) a oferta de forragem de 7 kg MS/100 kg PC. Aos 42 dias verificou-se maior ( $P < 0,05$ ) atividade da desidrogenase na oferta de 4 kg MS/100 kg PC; aos 63 dias na oferta de forragem de 10 kg MS/100 kg PC e aos 183 dias na oferta de 4 kg MS/100 kg PC,

novamente. Na cv. Mulato a maior ( $P < 0,05$ ) atividade da desidrogenase (Tabela 3) ocorreu na oferta de forragem de 4 kg MS/100 kg PC, no primeiro dia de avaliação; nas ofertas de 7, 10 e 13 kg MS/100 kg PC, aos 21 dias; na oferta de 7 kg MS/100 kg PC, aos 42 dias; na oferta de forragem de 10 kg MS/100 kg PC, que não diferiu ( $P > 0,05$ ) da oferta de 7 kg MS/100 kg PC, aos 63 dias. Aos 183 dias a atividade da desidrogenase foi semelhante ( $P > 0,05$ ) entre as ofertas de forragem.

Dessa forma, durante o decorrer do período experimental, foram observadas oscilações cíclicas da atividade dessa enzima. Isso provavelmente se deve ao número de microrganismos que são responsáveis pela ciclagem de nutrientes que ocorre no solo. Quando há substrato de qualidade em boa quantidade, ocorre acréscimo no número de microrganismos, com isso, há maior eficiência na ciclagem de nutrientes. Tais microrganismos vão influenciar na atividade da enzima desidrogenase, uma vez que esta é produzida somente em células vivas, o que a faz um bom indicativo da atividade biológica do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). A enzima desidrogenase apresenta correlação com os principais parâmetros de fertilidade do solo (PAVANELLI e ARAÚJO, 2010). Esses autores correlacionaram parâmetros biológicos e de fertilidade em latossolos e argissolos cultivados com pastagens de *Urochloa* e soja, com o intuito de selecionar indicadores químicos e biológicos de qualidade e observaram que a atividade da desidrogenase apresentou correlação positiva com a maioria dos indicadores de fertilidade avaliados, demonstrando ser um bom indicador de qualidade para a avaliação desses solos.

A atividade da protease (Tabela 4), nas pastagens da cv. Marandu, nas ofertas de forragem de 4 e 10 kg MS/100 kg PC, foi maior ( $P < 0,05$ ) aos 21 e 183 dias de avaliação e, apenas no dia 183 maior ( $P < 0,05$ ) atividade foi observada nas ofertas de 7 e 13 kg MS/100 kg PC. Na cv. Xaraés, a maior ( $P < 0,05$ ) atividade dessa enzima também ocorreu no último dia de avaliação, em todas as ofertas de forragem, entretanto, na oferta de 13 kg MS/100 kg PC esse resultado foi semelhante ( $P > 0,05$ ) ao observado aos 21 dias. Na cv. Mulato, maior ( $P < 0,05$ ) atividade foi registrada aos 183 dias na oferta de forragem de 4 kg MS/100 kg PC,

**Tabela 4** - Atividade da protease ( $\mu\text{g}$  tirosina/g solo) em pastagens de cultivares de *Urochloa* de acordo com as ofertas de forragem (kg MS/100 kg PC) e dias de avaliação para cada cultivar avaliada.

Oferta de forragem	Dias de avaliação				
	1	21	42	63	183
Marandu					
4	72,68 BC c	116,96 AB a	54,46 B d	86,62 A b	112,53 C a
7	80,94 B b	87,02 C b	41,63 C c	91,01 A b	154,32 A a
10	99,93 A b	121,48 A a	54,28 B c	94,97 A b	127,83 B a
13	68,42 C d	107,47 B b	82,59 A c	71,45 B d	114,17 A a
Xaraés					
4	51,96 C d	67,37 C c	47,86 B d	84,03 A b	105,86 AB a
7	73,43 B bc	77,54 BC b	44,32 B d	64,23 B c	105,04 AB a
10	100,68 A b	85,69 AB c	61,75 A d	67,44 B d	116,70 A a
13	25,79 D d	95,34 A a	64,20 A b	45,54 C c	93,15 B a
Mulato					
4	66,78 A cd	80,92 AB bc	85,87 B ab	52,71 B d	101,88 B a
7	70,47 A c	87,22 A bc	105,63 A b	79,01 A c	139,72 A a
10	77,56 A b	88,33 A b	77,41 BC b	72,76 A b	113,75 B a
13	57,90 A a	63,86 B a	60,60 C a	70,41 AB a	61,76 C a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

sendo similar ( $P>0,05$ ) ao dia de avaliação 42. Aos 183 dias verificou-se maiores ( $P<0,05$ ) atividades nas ofertas intermediárias e na oferta de 13 kg MS/100 kg PC os resultados não diferiram ( $P>0,05$ ) entre os dias de avaliação.

Via de regra, a atividade da protease foi maior ( $P<0,05$ ) no dia de avaliação 183 (Tabela 4). Essa avaliação ocorreu em junho, tendo uma variação na amostragem de 90 dias em relação as outras. Dessa forma, as pastagens dessa época possuíam maior massa de forragem, tanto vivo quanto morta, e conseqüentemente maior cobertura do solo, o que pode ter contribuído para a manutenção da umidade no solo. Isso se confirma pelos dados de balanço hídrico (Tabela 2) do período experimental onde se observa que, mesmo com a baixa precipitação pluviométrica dos meses de abril e maio, o armazenamento de água no solo não foi comprometido. Alguns estudos como de ANDRADE BONETTI et al. (2017) comprovam que a cobertura do solo contribui para a manutenção de temperaturas mais amenas e maior retenção de água no solo. Os autores avaliaram os efeitos relacionados à altura de manejo do pasto (10, 20, 30, 40 cm e sem pastejo)

na cobertura, umidade e temperatura do solo, e observaram que a redução da biomassa do pasto, em função do pastejo, provocou maior temperatura do solo durante o dia e menor a noite, aumentando a amplitude térmica, especialmente no pasto mantido a 10 e 20 cm de altura.

Na cv. Marandu, a maior ( $P<0,05$ ) atividade da protease (Tabela 4) ocorreu na oferta de forragem de 10 kg MS/100 kg PC, no primeiro dia de avaliação; na oferta de 10 kg MS/100 kg PC, que foi semelhante ( $P>0,05$ ) à de 4 kg MS/100 kg PC, aos 21 dias; na oferta de 13 kg MS/100 kg PC, aos 42 dias; nas ofertas de 4, 7 e 10 kg MS/100 kg PC, aos 63 dias; e nas ofertas de forragem de 7 e 13 kg MS/100 kg PC, aos 183 dias. Na pastagem da cv. Xaraés, no primeiro dia de avaliação, a maior ( $P<0,05$ ) atividade da protease (Tabela 4) ocorreu na oferta de forragem de 10 kg MS/100 kg PC e aos 21 dias na oferta de 13 kg MS/100 kg PC, que não diferiu ( $P>0,05$ ) da 10 kg MS/100 kg PC. Maiores ( $P<0,05$ ) atividades foram observadas nas ofertas de 10 e 13 kg MS/100 kg PC, aos 42 dias; na oferta de 4 kg MS/100 kg PC, aos 63 dias; e na oferta de 10 kg MS/100 kg PC, que

obteve valor significativamente semelhante ( $P>0,05$ ) a oferta de forragem de 4 kg MS/100 kg PC, aos 183 dias.

No solo sob a pastagem da cv. Mulato, no primeiro dia de avaliação, não ocorreu diferença significativa ( $P>0,05$ ) da atividade da protease (Tabela 4) nas diferentes ofertas de forragem. Aos 21 dias, maiores ( $P<0,05$ ) atividades foram registradas nas ofertas de 7 e 10 kg MS/100 kg PC, sendo essas semelhantes ( $P>0,05$ ) à oferta de 4 kg MS/100 kg PC. A maior ( $P<0,05$ ) atividade da protease ocorreu na oferta de forragem de 7 kg MS/100 kg PC, aos 42 dias; nas ofertas de forragem de 7 e 10 kg MS/100 kg PC, que não diferiram ( $P>0,05$ ) da 13 kg MS/100 kg PC, aos 63 dias; e novamente na oferta de forragem de 7 kg MS/100 kg PC, aos 183 dias.

Assim, como observado para o comportamento da atividade da desidrogenase, as ofertas de forragem mostraram efeito sobre a atividade enzimática da protease, mas sem um padrão de comportamento (Tabela 4) ao longo do período de avaliação. Em pastagens sob menores oferta de forragem, ocorre maior desfolhação, promovendo maior entrada de luz no dossel e cobertura da superfície do solo, o que contribui para a perda de umidade do solo. Além disso, numa maior intensidade de pastejo os animais aproveitam mais a forragem disponível, não ocorrendo perdas de massa que é o substrato para a atividade dos microrganismos. A soma desses fatores implica numa menor atividade enzimática.

A influência do pastejo na atividade da protease também foi verificada por outros autores. Por exemplo, Prieto et al. (2011) verificaram que o pastejo afetou principalmente os parâmetros físico-químicos e biológicos do solo através de efeitos diretos e indiretos do pisoteio e da urina e alterações na cobertura perene do capim, respectivamente. Os autores coletaram amostras de solo em áreas cobertas por plantas e áreas inter-dossel e encontraram efeitos negativos do pastejo na atividade enzimática da protease em áreas inter-dossel e no meio geométrico das atividades enzimáticas em áreas com plantas. Além disso, o aumento da intensidade de pastejo foi associado ao aumento de C na biomassa microbiana e da contagem de microrganismos heterotróficos principalmente nas áreas inter-dossel, sugerindo que as entradas de N lábil pela urina

e pelo esterco podem neutralizar parcialmente os efeitos negativos do pastejo.

O decorrer do período experimental implicou em mudanças na atividade da arilsulfatase (Tabela 5) em relação as diferentes ofertas de forragem avaliadas, mas sem um padrão de comportamento definido. No solo sob a cv. Marandu, na oferta de 4 kg MS/100 kg PC, a atividade da enzima foi maior ( $P<0,05$ ) na última avaliação, apesar de não diferir ( $P>0,05$ ) da atividade observada aos 63 dias. Na oferta de 7 kg MS/100 kg PC, as maiores ( $P<0,05$ ) atividades foram registradas nos dias 42, 63 e 183 e, na oferta de 13 kg MS/100 kg PC, aos 42 dias. Na oferta de 10 kg MS/100 kg PC as maiores ( $P<0,05$ ) atividades da arilsulfatase ocorreram aos 21 e 183, sendo semelhante ao valor registrado no início do período experimental.

A atividade da arilsulfatase (Tabela 5) na pastagem da cv. Xaraés foi maior ( $P<0,05$ ), nas ofertas de forragem de 4 e 10 kg MS/100 kg PC, aos 63 dias de avaliação; na oferta de 7 kg MS/100 kg PC, aos 183 dias; e na oferta de 13 kg MS/100 kg PC, aos 21 dias. Na cv. Mulato (Tabela 5), a atividade da enzima foi maior ( $P<0,05$ ) na oferta de forragem de 4 kg MS/100 kg PC, na primeira avaliação; na oferta de 7 kg MS/100 kg PC, aos 63 dias, na oferta de 10 kg MS/100 kg PC, no primeiro e aos 63 dias; e na oferta de 13 kg MS/100 kg PC, aos 63 e 183 dias de avaliação.

Dessa forma, como explicado anteriormente, os períodos de maior armazenamento de água no solo, propiciaram maior atividade enzimática. De acordo com MOREIRA e SIQUEIRA (2006), a mineralização do enxofre é influenciada por todos os fatores que afetam o crescimento e a atividade microbiana no solo, entre eles, pelos fatores ambientais como umidade, pH, temperatura e potencial redox do solo. Esses autores também comentam que a mineralização é máxima entre 20 e 40°C, decrescendo muito acima de 40 e abaixo de 10°C. Nesse estudo a temperatura média durante o período experimental variou de 17,4°C (junho) a 24,7°C (fevereiro), estando dentro do limite favorável a atividade enzimática. A temperatura e a umidade podem influir no crescimento dos microrganismos do solo acelerando a decomposição da matéria orgânica.

Como observado para os dias de avaliação em

**Tabela 5** - Atividade da arilsulfatase ( $\mu\text{g}$  paranitrofenol/g solo) em pastagens de cultivares de *Urochloa* de acordo com as ofertas de forragem (kg MS/100 kg PC) e dias de avaliação para cada cultivar avaliada.

Oferta de forragem		Dias de avaliação				
Marandu	1	21	42	63	183	
4	31,09 B d	40,43 A bc	39,83 AB c	43,08 A ab	44,39 A a	
7	27,34 C b	23,77 C c	42,55 A a	39,55 B a	41,91 A a	
10	35,57 A ab	37,05 B a	32,17 C c	32,54 C bc	37,43 B a	
13	24,79 C c	23,51 C cd	38,02 B a	21,72 D d	29,58 C b	
Xaraés	1	21	42	63	183	
4	15,65 C d	18,46 B bc	20,61 A b	27,89 B a	16,56 B cd	
7	10,42 D d	18,51 B b	14,26 B c	17,30 D b	51,51 A a	
10	30,49 A b	27,64 A c	12,28 B e	36,64 A a	16,77 B d	
13	22,92 B b	27,83 A a	18,75 A c	21,03 C bc	20,03 A c	
Mulato	1	21	42	63	183	
4	36,46 A a	23,70 B c	22,51 B c	15,01 C d	28,11 A b	
7	29,43 B b	27,28 A bc	26,63 A bc	36,18 A a	24,74 B c	
10	31,44 B a	25,08 AB b	18,38 C c	31,86 B a	19,86 C c	
13	11,64 C d	21,77 B b	16,58 C c	28,72 B a	26,27 AB a	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

cada oferta de forragem estudada, a atividade da arilsulfatase (Tabela 5) sofreu modificações, também, nas diferentes ofertas, com o decorrer do período experimental, mas sem seguir um padrão definido. Na cv. Marandu, no primeiro dia de avaliação, a maior ( $P < 0,05$ ) atividade da arilsulfatase (Tabela 5) ocorreu na oferta de forragem de 10 kg MS/100 kg PC; aos 21 dias, na oferta de 4 kg MS/100 kg PC; aos 42 dias, na oferta de 7 kg MS/100 kg PC que obteve valor significativamente semelhante ( $P > 0,05$ ) a oferta de forragem de 4 kg MS/100 kg PC. Aos 63 dias, maior ( $P < 0,05$ ) atividade foi observada na oferta de forragem de 4 kg MS/100 kg PC e aos 183 dias nas ofertas 4 e 7 kg MS/100 kg PC.

Na pastagem da cv. Xaraés, no primeiro dia de avaliação, a maior ( $P < 0,05$ ) atividade da arilsulfatase (Tabela 5) ocorreu na oferta de forragem de 10 kg MS/100 kg PC; aos 21 dias, nas ofertas de 10 e 13 kg MS/100 kg PC; aos 42 dias nas ofertas de 4 e 13 kg MS/100 kg PC; aos 63 dias, na oferta de 10 kg MS/100 kg PC; e aos 183 dias nas ofertas de 7 e 13 kg MS/100 kg PC. No solo sob a pastagem da cv. Mulato, no primeiro dia de avaliação, a maior ( $P < 0,05$ ) atividade da arilsulfatase (Tabela 5) ocorreu na oferta de forragem de 4 kg MS/100 kg PC e aos

21 dias, na oferta de forragem de 7 kg MS/100 kg PC que não diferiu ( $P > 0,05$ ) da oferta de 10 kg MS/100 kg PC. Aos 42 e 63 dias, maiores ( $P < 0,05$ ) atividades foram registradas na oferta de 7 kg MS/100 kg PC e aos 183 dias, na oferta de 4 kg MS/100 kg PC que foi semelhante ( $P > 0,05$ ) à de 13 kg MS/100 kg PC.

Como observado para o comportamento das enzimas desidrogenase, protease e arilsulfatase, as ofertas de forragem não mantiveram um padrão para a atividade da celulase (Tabela 6) ao longo do período de avaliação. A atividade da celulase (Tabela 6), no solo das pastagens da cv. Marandu foi maior ( $P < 0,05$ ) nas ofertas de forragem de 4, 7 e 13 kg MS/100 kg PC, no dia de avaliação 21 e, na oferta de 10 kg MS/100 kg PC, aos 63 dias. Na cv. Xaraés, a maior ( $P < 0,05$ ) atividade dessa enzima ocorreu, também, nas ofertas de forragem de 4 e 13 kg MS/100 kg PC, aos 21 dias; na oferta de 7 kg MS/100 kg PC, aos 21, 63 e 183 dias; e na oferta de 10 kg MS/100 kg PC, aos 21 e 183 dias. Na cv. Mulato, nas ofertas de forragem de 4 e 7 kg MS/100 kg PC, a maior ( $P < 0,05$ ) atividade da celulase foi registrada no último dia de avaliação; na oferta de 10 kg MS/100 kg PC, no primeiro e aos 63 dias; e na oferta de forragem de 13 kg MS/100

**Tabela 6** - Atividade da celulase ( $\mu\text{g C/g solo}$ ) em pastagens de cultivares de *Urochloa* de acordo com as ofertas de forragem (kg MS/100 kg PC) e dias de avaliação para cada cultivar avaliada.

Oferta de forragem		Dias de avaliação				
Marandu	1	21	42	63	183	
4	4,84 A d	16,06 B a	12,96 A b	10,92 B c	9,27 C c	
7	4,72 A c	20,64 A a	11,17 B b	12,02 B b	11,41 B b	
10	4,06 AB d	10,97 C b	9,75 B bc	19,45 A a	8,55 C c	
13	2,90 B d	20,73 A a	9,87 B c	8,88 C c	15,86 A b	
Xaraés	1	21	42	63	183	
4	9,25 B c	20,76 A a	10,70 A c	4,89 D d	13,89 B b	
7	8,16 B b	15,05 C a	2,33 D c	13,64 B a	14,93 B a	
10	11,41 A c	18,86 B a	5,20 C d	15,95 A b	19,77 A a	
13	11,51 A b	19,23 AB a	7,41 B c	11,28 C b	11,80 C b	
Mulato	1	21	42	63	183	
4	9,30 B b	9,69 C b	3,71 B c	4,21 D c	14,43 C a	
7	7,47 B c	10,08 BC bc	4,44 B d	10,70 C b	28,97 A a	
10	16,60 A a	12,41 B b	8,22 A c	18,16 B a	13,13 C b	
13	8,38 B c	16,36 A b	8,33 A c	21,16 A a	18,63 B ab	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

kg PC, aos 63 dias, sendo esse semelhante ( $P>0,05$ ) a última avaliação.

A atividade da celulase (Tabela 6) sofreu modificações com o decorrer do período experimental, nas diferentes ofertas de forragem, porém sem seguir um comportamento definido. Na cv. Marandu, as maiores ( $P<0,05$ ) atividades da celulase (Tabela 6) ocorreram, no primeiro dia de avaliação, nas ofertas de forragem de 4 e 7 kg MS/100 kg PC, que obtiveram valores significativamente semelhantes ( $P>0,05$ ) à de 10 kg MS/100 kg PC. Atividades maiores ( $P<0,05$ ) da celulase foram observadas, aos 21 dias, nas ofertas de forragem de 7 e 13 kg MS/100 kg PC; aos 42 dias, na oferta de 4 kg MS/100 kg PC; aos 63 dias, na oferta de 10 kg MS/100 kg PC; e aos 183 dias na oferta de 13 kg MS/100 kg PC.

Na pastagem da cv. Xaraés, as maiores ( $P<0,05$ ) atividades da celulase (Tabela 6) foram observadas, no primeiro dia de avaliação, nas ofertas de forragem de 10 e 13 kg MS/100 kg PC e aos 21 dias na oferta de 4 kg MS/100 kg PC, semelhante ( $P>0,05$ ) ao valor obtido na de 13 kg MS/100 kg PC. Aos 42 dias, maior ( $P<0,05$ ) atividade foi observada na oferta de 4

kg MS/100 kg PC e aos 63 e 183 dias, na oferta de 10 kg MS/100 kg PC. No solo sob a pastagem da cv. Mulato, maior ( $P<0,05$ ) atividade da celulase (Tabela 6) ocorreu, no primeiro dia de avaliação, na oferta de forragem de 10 kg MS/100 kg PC; aos 21 dias, na oferta de 13 kg MS/100 kg PC; aos 42 dias, nas ofertas de 10 e 13 kg MS/100 kg PC; aos 63 dias, na oferta de 13 kg MS/100 kg PC; e aos 183 dias na oferta de 7 kg MS/100 kg PC.

A atividade da celulase sofreu oscilações com o decorrer do experimento. Pode-se inferir que as ofertas de forragem e cv. estudadas, não produziram quantidade suficiente de material orgânico para promover diferença entre os tratamentos. Isso pode ter ocorrido devido ao pouco tempo de avaliação. Outros autores como SILVA et al. (2015) também relacionam a atividade dessa enzima com a quantidade de substrato disponível para a ação dos microrganismos. Esses autores avaliaram um sistema de integração lavoura-pecuária com soja cultivada no verão e *Urochloa ruziziensis* no inverno, submetida a diferentes intensidades de pastejo (10, 20, 30 e 40 cm) bem uma área sem pastejo e, observaram que a menor

atividade da celulase foi observada na área sem pastejo. A maior atividade da enzima foi observada nas intensidades de pastejo de 10, 20, 30 e 40 cm em comparação ao tratamento sem pastejo. Segundo os autores, isso é devido a gramíneas e presença de animais, o que aumenta a reciclagem pela deposição de resíduos, aumentando a entrada de substrato rico em celulose no sistema.

Outras pesquisas como de Azenha (2014) e Raposo (2013) em solos sob pastagens na mesma região onde foi realizado o presente estudo, não encontraram diferenças na atividade das enzimas desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase nos tratamentos avaliados, mas sim do tempo de avaliação. Azenha (2014) estudou o efeito das alturas do dossel de 15, 25 e 35 cm em pastagens da cv. Marandu sob pastejo contínuo e observou que as intensidades de pastejo não afetaram a atividade das enzimas, sendo que houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) somente das estações do ano. Raposo (2013) avaliou o solo sob pastagens da cv. Xaraés sob lotação rotacionada e quatro resíduos pós-pastejo, definidos pelos índices de área foliar residual de 0,8; 1,3; 1,8 e 2,3). A autora verificou que não houve diferença entre os tratamentos na atividade enzimática, sendo que apenas na atividade da desidrogenase verificou-se variações sazonais.

## CONCLUSÕES

As ofertas de forragem estudadas afetaram a atividade enzimática da desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase no solo das pastagens de *Urochloa* da cv. Marandu, cv. Xaraés e cv. Mulato, porém não ocorreu um padrão dessa atividade.

Sugere-se a necessidade de maior tempo de estudo para que ofertas de forragem demonstrem maior especificidade em relação ao comportamento da atividade enzimática do solo em pastagens de *Urochloa*.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Estadual Paulista (UNESP/FCAV), Jaboticabal, SP e ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia por oferecer as condições necessárias e a oportunidade para a realização desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, V.G.; BATELLO, C.; BERRETTA, E.J.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; LI, X.; MCIVOR, J.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A.; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*, v.66, p.2-28, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>
- ANDRADE BONETTI, J.; ANGHINONI, I.; ZULPO, L. Temperatura e umidade do solo em sistema de integração soja-bovinos de corte com diferentes manejos da altura do pasto. *Scientia Agraria*, v.18, p.11-21, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i2.51150>
- AZENHA, M.V. **Alturas de pastos de capim-Marandu na interface solo-planta**. 129f. 2014. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2014. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/110731/000791157.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 20 out. 2019.
- BOROWIK, A.; WYSZKOWSKA, J. Soil moisture as a factor affecting the microbiological and biochemical activity of soil. *Plant, Soil and Environment*, v.62, p.250-255, 2016. <https://doi.org/10.17221/158/2016-pse>
- BOWLES, T.M.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; CALDERÓN, F.; JACKSON, L. E. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. *Soil Biology and Biochemistry*, v.68, p.252-262, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.004>
- CHAER, G.M.; GAIAD, S.; DOS SANTOS, A.B.; GROCHOSKI, R. Caracterização microbiológica do solo. In: PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; BONNET, A. (Ed.). **Monitoramento da revegetação do COMPERJ**: etapa inicial. Brasília, DF: Embrapa, p. 159-173, 2014. Embrapa Florestas-Capítulo em livro científico (ALICÉ). <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/109122/1/CaracterizacaoMicrobiologica0001.pdf>
- FERREIRA, E.P.B.; STONE, L.F.; MARTIN-DIDONET, C.C.G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. *Revista Ciência Agronômica*, v.48, p.22-31, 2017. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20170003>
- MAZZETTO, A.M.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. Atividade da biomassa microbiana do solo alterada pelo uso da terra no sudoeste

- da Amazônia. **Bragantia**, v.75, p.79-86, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.066>
- MELO, W.J.; MELO, G.M.P.; ARAÚJO, A.S.F.; MELO, V.P. **Avaliação da atividade enzimática em amostras de solo**. In: FIGUEIREDO, M.V.B.; BURITY, H. A.; OLIVEIRA, J.P.; SANTOS, C. E. R.S.; STAMFORD, N.P. (Eds.) *Biotecnologia aplicada à agricultura*. Brasília, EMBRAPA. Informação tecnológica, Recife, Instituto Agrônomo de Pernambuco, p.158-187, 2010.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Atualizada e ampliada. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.
- PAVANELLI, L.E.; ARAÚJO, F.F. Parâmetros químicos e biológicos indicadores de qualidade de solo sob cultivo de braquiárias e soja no oeste paulista. **Ceres**, v.57, p. 118-124, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2010000100019>.
- PRIETO, L.H.; BERTILLER, M.B.; CARRERA, A.L.; OLIVERA, N.L. Soil enzyme and microbial activities in a grazing ecosystem of Patagonian Monte, Argentina. **Geoderma**, v.162, p.281-287, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.02.011>
- RAPOSO, E. **Dinâmica de carbono e nitrogênio em pastos de capim-xaraés submetidos a diferentes resíduos pós-pastejo**. 70f. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013. Disponível em < [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96535/raposo\\_e\\_me\\_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96535/raposo_e_me_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y) > Acesso em: 20 out. 2019.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2018. URL <https://www.R-project.org/>.
- SANTANA, A.S.; SILVA CHAVES, J.; SANTANA, A.S.; RODRÍGUEZ, C.A.; MORAES, E.R. Biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo no sul do estado de Roraima. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, v.6, p.43-50, 2017.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- SILVA, A.S.D.; COLOZZI FILHO, A.; NAKATANI, A.S.; ALVES, S.J.; ANDRADE, D.D.S.; GUIMARÃES, M.D.F. Microbial characteristics of soils under an integrated crop-livestock system. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, p.40-48, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbcs20150185>
- VIEIRA, R.F. Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. Embrapa Meio Ambiente-Livro científico (ALICE). Brasília, DF: Embrapa, 2017. 163p. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1090589>