

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Decomposição da biomassa de raízes em pastos de capim Mulato II em resposta
ao método de pastejo

Paulo César da Silva Santos

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal
e Pastagens

Piracicaba
2021

Paulo César da Silva Santos
Zootecnista

**Decomposição da biomassa de raízes em pastos de capim Mulato II em resposta ao método de
pastejo**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **CARLOS GUILHERME SILVEIRA PEDREIRA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

Piracicaba
2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Santos, Paulo César da Silva

Decomposição da biomassa de raízes em pastos de capim Mulato II em resposta ao método de pastejo / Paulo César da Silva Santos. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2021.

49 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Mulato 2. Decomposição de raízes 3. Lotação contínua 4. Lotação rotativa 5. *Urochloa spp* l. Título

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por sempre proporcionar saúde e paz a toda minha família, guiando-a e fortalecendo-a com Fé em todos os momentos! E por estar sempre comigo, mesmo quando foi descrente em algum dia!

Minha avó Cícera (in memorian), minha mãe Aparecida, minha irmã Sueli, minha esposa Andréa e minha filha Sophia, vocês constituem o meu norte! Agradeço ao meu bondoso Deus por ter as colocado na minha vida. Amo vocês!

À Profa. Dra. Renata Helena Branco do Instituto de Zootecnia do Estado de São Paulo – IZ e à Profa. Dra. Flávia Thomaz Verechia Pereira da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP por terem acreditado em mim, enviando cartas com minhas referências acadêmicas para que pudesse prestar a seleção do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Patógenos – CAP da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP.

Ao Prof. Dr. Carlos Guilherme Silveira Pedreira por todas as oportunidades dadas e todos os ensinamentos passados durante esta jornada, sempre bem humorado e respeitoso desde o dia que o conheci em 2016, agradeço!

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES e à Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ por concederem bolsas de estudo para minha manutenção durante o curso e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP por conceder o auxílio financeiro para fazer as análises laboratoriais!

À Assistente Social Solange Souza por todo auxílio desde que ingressei no programa de pós-graduação, o que permitiu morar na vila estudantil dos pós-graduandos quando, mesmo com bolsa, não tinha condição de pagar aluguel.

A todos integrantes pós-graduandos do Grupo de Pesquisa em Pastagens – GP² da ESALQ/USP: Juliana Assis, Solange Holschuch, Patrícia Barbosa, Gabriel Pedroso, Fagner Gomes, Otávio Almeida, Júnior Yasuoka e Theyson Maranhão, além da agregada Alyce Santos provinda do CENA/USP, por toda troca de conhecimentos e contribuições nas atividades experimentais durante o curso de mestrado, fosse no campo, laboratório ou pavilhão, agradeço imensamente!

A todos os estagiários do GP² pela grande colaboração na condução deste trabalho, fosse no campo ou laboratório: Gabriela Silva (Gabi), Gabriel Ferreira (Potro), Vinícius Grillo (Cain), Marcos Martins (Relâpago), Yan Ribeiro, Ana Ongaro (Aninha), Evanilda Barbosa (Eva), Renan Endres (Gaúcho), Rogério Furlan (Molotov) e Pedro Cavalcanti.

Aos demais integrantes pós-graduandos do Laboratório de Plantas Forrageiras – LAPF da ESALQ/USP: Alex Silva e Larissa Garcia por sempre estarem dispostos a ajudar nas mais diversas vezes que necessitei de ajuda de ambos.

Ao Prof. Dr. José Carlos Batista Dubeux Jr da University of Florida – UF e à Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP pela valorosa orientação sobre todos procedimentos adotados no ensaio de decomposição da biomassa radicular realizado neste estudo, estando sempre dispostos a ajudar.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Pelegrino Cerri e ao Prof. Dr. Miguel Cooper, ambos da Universidade de São Paulo – USP, pelo auxílio na indicação e na mensuração da porosidade da malha de amostras de tecidos para confecção dos sacos utilizados no ensaio de decomposição da biomassa radicular, anteriormente à aquisição do material (nylon poliéster).

Ao Prof. Dr. Flávio Augusto Portela Santos e ao Prof. Dr. Marco Antônio Penatti e aos estagiários do Clube de Práticas Zootécnicas – CPZ da ESALQ/USP pelo empréstimo de animais utilizados durante o experimento.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Hipótese	11
1.2 Objetivo	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Produção de bovinos de corte em pasto no Brasil.....	13
2.2 Métodos de pastejo.....	14
2.3 Relação entre órgão aéreos e subterrâneos em plantas forrageiras.....	15
2.4 Decomposição da biomassa de raízes em pastagens.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Localização e condução experimental.....	19
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	20
3.3 Avaliações.....	21
3.3.1 Massa de forragem pré-pastejo e acúmulo de forragem.....	21
3.3.2 Composição morfológica da forragem e índice de área foliar no pré-pastejo.....	22
3.3.3 Intercepção de luz pelo dossel no pré-pastejo	22
3.3.4 Densidade populacional de perfilhos e peso médio de perfilhos no pré-pastejo..	22
3.3.5 Biomassa radicular e produção de material para o ensaio de decomposição	23
3.3.6 Composição química e ensaio de decomposição da biomassa radicular.....	23
3.3.7 Carbono orgânico do solo.....	26
3.4 Análise estatística	26
4 RESULTADOS	27
4.1 Acúmulo de forragem e intercepção de luz pelo dossel.....	27
4.2 Massa de forragem, composição morfológica da forragem e índice de área foliar.....	27
4.3 Densidade populacional de perfilhos e peso médio de perfilhos.....	28
4.4 Composição química e ensaio de decomposição da biomassa radicular.....	29
4.5 Carbono orgânico do solo.....	31
4.6 Relações entre respostas da parte aérea / subterrânea e carbono orgânico do solo	32
5 DISCUSSÃO	35
5.1 Acúmulo de forragem e intercepção luminosa.....	35
5.2 Massa de forragem, composição morfológica e índice de área foliar.....	35

5.4 Composição química e ensaio de decomposição da biomassa radicular.....	37
5.5 Carbono orgânico do solo.....	39
5.6 Relações entre respostas da parte aérea / subterrânea e carbono orgânico do solo.....	40
6 CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS	43

RESUMO

Decomposição da biomassa radicular em pastos de capim Mulato II em resposta ao método de pastejo

As gramíneas apresentam elevada renovação de raízes, fornecendo nutrientes às plantas e incorporando carbono orgânico no solo por meio de seus tecidos decompostos. O manejo do pastejo pode afetar as respostas do dossel, afetando a composição química e a decomposição dos tecidos radiculares. Este estudo teve por objetivo foi quantificar e explicar as respostas de pastos de capim Mulato II a lotação contínua e lotação rotativa, com alturas médias do dossel de 20 e 30 cm sobre acúmulo de forragem, composição morfológica, decomposição da biomassa radicular e carbono orgânico do solo. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados com combinação fatorial entre três métodos de pastejo (lotação contínua = LC, lotação rotativa leniente = LRL e lotação rotativa moderada = LRM) e duas alturas médias do dossel forrageiro (20 e 30 cm). As seguintes variáveis foram estudadas: acúmulo de forragem (AF), interceptação de luz pelo dossel (IL), proporção de folha (PF), colmo (PC) e material morto (PM) na massa de forragem, densidade populacional (DPP) e peso médio de perfilhos (PMP), composição e decomposição química da biomassa radicular, e carbono orgânico do solo (COS). Métodos de pastejo e altura média do dossel forrageiro, isolados ou interados, não afetaram a DPP, o PoolC, a LIG e a BR7. Os pastos sob LC acumularam 3900 kg MS ha⁻¹ a mais que os pastos sob LRL e LRM, com uma IL de 95,3%. Pastos mantidos sob LRL e LRM no pré-pastejo apresentaram maior IAF (6,4), MF (8950 kg MS ha⁻¹), PF (40%), BRT (84%) e LIG:N (24,6) e menor PC (25%) e PM (34%) em média que os pastos sob LC. Os pastos manejados a 30 cm apresentaram maior IAF, IL, PMP, MF, PC, PM e C:N e menor PF e N. Os pastos mantidos sob LRL apresentaram maior PMP e AFE e os pastos mantidos sob LRM apresentaram maior BRT. Pastos mantidos a 30 cm apresentaram maior IAF, IL, PMP, MF, PC, PC e C:N e menor PF e N. A interação entre os métodos de pastejo e as alturas médias do dossel afetou o PMP, a BR0, o N, o NFDA e o COS da seguinte forma: menor PMP (2 g perfilho⁻¹), BR0 (8 g cm⁻³) e COS (21 g kg⁻¹) foram obtidos nos pastos sob LC quando manejados a 20 cm de altura média do dossel. As alturas médias afetaram mais as respostas relacionadas à composição e decomposição da biomassa radicular que os métodos de pastejo impostos. Os métodos de pastejo afetaram as respostas produtivas dos pastos, acarretando em maior produção de forragem nos pastos sob lotação contínua. A interação método de pastejo × altura média revelou que os pastos de capim Mulato II sob LC mantido a 20 cm apresentam menor COS.

Palavras-chave: Método de pastejo, Altura do dossel, Raízes, Decomposição, Carbono, Mulato II

ABSTRACT

Root decomposition of biomass in pastures of Mulato II grass in response to grazing method

The grasses have high root turnover, providing nutrients to plants and incorporating organic carbon into the soil through their decomposed tissues. Grazing management can affect canopy responses, affecting the chemical composition and decomposition of root tissues. This study aimed to quantify and explain how the grazing method contrasting defoliation intensities alter the composition and decomposition of the root biomass and affect the organic carbon in the soil in Mulato II grass pastures. The experimental design was in complete randomized blocks with a factorial combination of three grazing methods (continuous stocking = LC, rotating stocking = LRL and moderate rotating stocking = LRM) and two average height of the forage canopy (20 and 30 cm). The following variables were studied: accumulation of forage (AF), interception of light by the forage canopy (IL), proportion of leaf, stem and dead material (PM) in the forage mass, population density (DPP) and average tiller weight (PMP), composition and chemical decomposition of root biomass, and soil organic carbon (COS). Grazing methods and average height of the forage canopy, isolated or interacted, did not affect DPP, PoolC, LIG and BR7. Pastures under LC accumulated 3900 kg DM ha⁻¹ more than pastures under LRL and LRM, with IL of 95,3%. Pastures kept under LRL and LRM in the pre-grazing showed higher IAF (6,4 cm² cm²), MF (8900 kg MS ha⁻¹), PF (40%), BRT (84%) and LIG: N (24,6) and lower PC (25%) and PM (34%) in average than pastures are LC. Pastures managed with an average forage canopy height of 30 cm showed higher IAF, IL, PMP, MF, PC, PM and C:N and lower PF e N. Pastures kept under LRL had higher PMP and AFE and pastures kept under LRM had higher BRT. Pastures kept with an average height of 30 cm from the forage canopy showed higher IAF, IL, PMP, MF, PC, PC and C: N and lower PF and N. The interaction between grazing methods × average height of the forage canopy affected the PMP, BR0, N, PoolN, NFDA and COS as follows: lower PMP (2 g perfilho⁻¹), BR0 (8 g cm⁻³) and COS (21 g kg⁻¹) were obtained in pastures under LC when managed with a 20 cm average height of the forage canopy. The medium heights affected the responses reacted to the composition and decomposition of the root biomass more than the grazing methods imposed. Grazing methods affected the productive responses of the pasture, resulting in greater forage production in pastures under LC. The interaction between method × average height revealed that the pastures of Mulato II grass under LC, when it was maintained with an average height of 20 cm of the forage canopy, had less COS.

Keywords: Grazing method, Canopy height, Root, Decomposition, Carbon, Mulato II

1 INTRODUÇÃO

Dentre os setores da economia brasileira, o agronegócio se destaca por ajudar a manter o equilíbrio da balança comercial, contribuindo atualmente com aproximadamente 22% para o produto interno bruto total (CEPEA, 2020). No decorrer das últimas décadas, o agronegócio tem sido o responsável por um superávit que veio compensando o déficit obtido por outros setores econômicos no Brasil. Tal resultado perante aos outros setores podem ser atribuídos ao fato de o país, além de apresentar vasta extensão territorial com condição edafoclimática favorável tanto à agricultura quanto à pecuária, ter apresentado avanços tecnológicos nas cadeias produtivas que resultaram em relativos ganhos de produtividade, levando-o a se tornar um grande produtor/exportador de alimentos.

Apesar da sua inquestionável importância para a economia, o agronegócio brasileiro vem sofrendo pressão da sociedade e do mercado mundial, os quais têm solicitado que as atividades do setor sejam desenvolvidas em sistemas de produção agropecuários produtivos e sustentáveis, com imposições para que se mantenha a produtividade em áreas que são muito produtivas e se aumente a produtividade em áreas que são pouco produtivas, no intuito de minimizar impactos negativos sobre o ambiente. Um estudo apontou que manter e/ou aumentar produtividade nas terras agropecuárias de forma sustentável têm sido estratégico para reduzir conflitos entre expansão da produção agropecuária e conservação dos recursos naturais em agroecossistemas (LATAWIEC et al., 2014).

Na 15ª Conferência das Partes da Organização das Nações Unidas (COP-15) realizada na Dinamarca em 2009, foram definidas ações que mitigassem as causas do aquecimento da atmosfera terrestre, com o objetivo de garantir a sobrevivência da população humana. Entre 2010 e 2011, o Brasil deu uma resposta à COP-15 ao elaborar o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), firmando um compromisso de recuperar 15 milhões de hectares de pastagens degradadas com estratégias que as mantenham adequadamente manejadas e adubadas (FREITAS et al., 2016).

As pastagens degradadas geram impactos econômicos e ambientais negativos, não sustentando faixa mínima viável de produção animal (MACEDO et al., 2013) e emitindo quantidade de carbono maior do que fixa porque produzem reduzida quantidade biomassa vegetal. O manejo da pastagem e do pastejo que promova a melhoria em aspectos tanto econômicos quanto ambientais tem sido foco de estudos ao longo das últimas décadas no Brasil, sobretudo em opções promissoras de materiais forrageiros. Cada material forrageiro responde satisfatoriamente a faixas específicas de altura do dossel (MARQUES et al., 2017) e/ou a métodos de pastejo, o que deve ser considerado nas suas recomendações estratégicas de manejo e evita que seu potencial tanto de quantidade quanto de qualidade de forragem produzida não seja subestimado ou superestimado pelos produtores.

Normalmente, se espera que um determinado capim apresente respostas distintas ao ser submetido a métodos de pastejo distintos (e. g., lotação contínua e lotação intermitente) por estes implicarem em dosséis com arquiteturas ou estruturas distintas. Porém, um estudo utilizando modelagem matemática comparou o índice de área foliar médio e equivalente entre lotação contínua e lotação rotativa e sugeriu que ambos os métodos de pastejo apresentam repostas semelhantes (PARSONS; PENNING, 1988). O índice de área foliar consiste numa variável que apresenta correlação positiva com altura do dossel (HODGSON, 1990), podendo ser traduzido em tratamentos sob distinta condição de altura média do dossel que se equivalha entre os métodos de pastejo.

Métodos de pastejo e alturas médias do dossel afetam as características morfofisiológicas da vegetação, que são refletidas tanto acima quanto abaixo da superfície do solo, afetando a incorporação de carbono no solo. Nos ecossistemas pastoris, as raízes são reconhecidas como importantes contribuintes para o sequestro de carbono por meio de tecidos radiculares decompostos no solo (FISHER et al., 1994). Existem evidências de que a biomassa vegetal abaixo da superfície do solo em pastos de capim Braquiária [*Brachiaria decumbens* (Stapf) RD Webster] foi aproximadamente três vezes maior ($5,3 \text{ Mg ha}^{-1}$) do que a biomassa vegetal acima da superfície do solo ($1,9 \text{ Mg ha}^{-1}$) (APOLINÁRIO et al., 2013; SARAIVA et al., 2014). Estudos também revelaram que a renovação da biomassa radicular ocorreu com metade do tempo da renovação da biomassa foliar (FRESCHE T et al., 2013), sendo esta diferença relacionada à composição química.

Apesar da importância da contribuição do sistema radicular para o estoque de carbono no solo sob pastagens, há uma clara escassez de informações sobre este tópico na literatura, o que pode ser devido à dificuldade em determinar a decomposição das raízes. Contrariamente ao que ocorre com a biomassa vegetal acima do solo, as raízes senescem, morrem e se decompõem no interior do solo, sendo a amostragem de raízes senescidas e/ou mortas frequentemente difícil (FRESCHE T et al., 2013). No Brasil, alguns estudos foram realizados para verificar o impacto da taxa de lotação e de níveis de adubação nitrogenada sobre a decomposição da biomassa radicular em pastos de capim Elefante [*Pennisetum purpureum* (Schumach.) Morrone] (SILVA et al., 2015) e de capim Braquiária (SILVA et al., 2019), com a técnica de litter bags (DUBEUX et al., 2006).

O processo de decomposição da biomassa acima e abaixo do solo é controlado por diversos fatores, tais como: condição edafoclimática local (e. g., temperatura, umidade e microbiota), composição química do tecido vegetal (e. g., carbono, nitrogênio, celulose e lignina), manejo da área de pastejo (e. g., correção e adubação do solo) e manejo do pastejo (e. g., método e intensidade de pastejo), com o efeito animal propriamente imposto no que se refere à deposição de resíduos vegetais provenientes de perdas de forragem e à deposição de excretas animais (e. g., urina e fezes). Entre tais fatores, o manejo do pastejo certamente consiste no principal fator que

afeta o processo de decomposição de raízes, uma vez que os limites morfofisiológicos que materiais forrageiros frente às desfolhações que ocorrem em pastagens intensivamente manejadas são determinados por ele. Após serem desfolhadas, o aparato fotossintético remanescente tem sua eficiência reduzida, o que faz com que as plantas direcionem compostos de reservas armazenados nas raízes para as folhas restabelecerem a área foliar mais rapidamente. Isto faz a biomassa radicular ser reduzida porque mais raízes são senescidas e mortas, o que é proporcional à intensidade de desfolhação e afeta o estoque de carbono incorporado como biomassa radicular em gramíneas.

Um equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade em sistemas de produção animal em pasto tem sido uma demandado, com o objetivo de mitigar seus impactos negativos sobre o ambiente, principalmente no que se refere à sua contribuição na emissão de carbono para a atmosfera. Por esta razão, manter ou aumentar a quantidade de carbono incorporado no solo consiste numa ferramenta importante para a busca de sustentabilidade ambiental. Neste aspecto, muitos cultivares de gramíneas forrageiras tropicais manejados adequadamente podem exercer papel relevante no balanço de carbono em pastagens, sendo a escolha das mesmas fator estratégico para mitigar parte dos impactos negativos da produção de carne e leite sobre o ambiente (MGANGA et al., 2013).

1.1 Hipótese

Pastos de capim Mulato II mantidos com alturas médias equivalentes sob métodos de pastejo distintos apresentam decomposição semelhante da biomassa radicular e da quantidade de carbono orgânico do solo.

1.2 Objetivo

O objetivo do estudo foi quantificar e explicar as respostas de pastos de capim Mulato II a lotação contínua e lotação rotativa, com alturas médias do dossel de 20 e 30 cm sobre acúmulo de forragem, composição morfológica, decomposição da biomassa radicular e carbono orgânico do solo.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de bovinos de corte em pasto no Brasil

Na cadeia produtiva brasileira da carne bovina, relativas melhorias nas áreas de genética, nutrição, sanidade e reprodução do rebanho têm sido observadas e propiciado que os animais desempenhem melhor e/ou mais rapidamente do nascimento até o abate (ANUALPEC, 2019). A melhora nestas áreas vem se refletindo positivamente tanto na produção quanto na exportação de carne bovina brasileira. Em 2019 foram produzidas 10,96 milhões de toneladas de equivalente carcaça bovina no Brasil, das quais 2,02 milhões de toneladas foram exportadas, sendo que este volume de carne exportado até então inalcançável pelo país rendeu US\$6,57 bilhões para cadeia produtiva nacional da carne bovina (USDA, 2019). Tal desempenho da bovinocultura de corte nacional ajudou a pecuária ser responsável por aproximadamente 7% do total do PIB em 2019 (CEPEA, 2020).

Os reflexos positivos que fizeram com que o país atingisse tanto a produção quanto a exportação de carne bovina supracitada ocorrem, nitidamente, de forma heterogênea nas diversas regiões brasileiras, uma vez que estas apresentam elevada diversidade de infraestrutura e de nível tecnológico nos sistemas de produção de bovinos. No Brasil, apesar dos sistemas de semiconfinamento e de confinamento terem crescido acentuadamente nos últimos anos, os sistemas de produção baseados no uso de pastagens são predominantemente explorados, sendo responsáveis por abrigar mais 95% do rebanho bovino brasileiro (LALA et al., 2018; ANUALPEC, 2019). Os sistemas de produção de bovinos em pasto apresentam custos de produção de carne mais baixos porque grande parte dos nutrientes (e. g., carboidratos e proteínas) ingeridos pelo rebanho são obtidos em pastejo (PAULINO et al., 2008) – condição em que não há necessidade de colher, processar e distribuir a dieta aos animais com o uso de maquinários por eles mesmos serem os responsáveis por tais eventos –, o que garante maior sustentabilidade econômica à fazenda produtoras de carne.

Por outro lado, a bovinocultura tanto de corte quanto de leite brasileira desenvolvida em sistema de produção em pasto vem sendo pressionada a ser mais eficiente do ponto de vista tanto econômico quanto ambiental. Uma alternativa para o aumento de eficiência produtiva em pastagens é explorar o potencial de uso de cultivares forrageiros melhorados, os quais, normalmente, apresentam potencial satisfatório de produção de semente, eficiência de utilização de fertilizante, acúmulo de forragem e valor nutritivo por meio de plantas que resistem melhor a agentes estressores edafoclimáticos (VALLE et al., 2008) ou a estresses decorrentes de plantas invasoras, pragas ou doenças. O capim Mulato II – híbrido resultante do cruzamento entre *Brachiaria ruziziensis* × *Brachiaria decumbens* × *Brachiaria brizantha* – foi desenvolvido pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) na Colômbia, onde apresentou resultados satisfatórios em sistemas de produção de leite em pasto, apresentando adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade e resistência a cigarrinhas das

pastagens (ARGEL et al., 2007). Alguns estudos realizados no condições brasileiras demonstraram o elevado potencial de acúmulo de forragem com bom valor nutritivo do capim Mulato II em diferentes regimes de desfolhação (PEQUENO et al., 2015; SILVA et al., 2016; MARQUES et al., 2017; YASUOKA et al., 2018; DEMSKI et al., 2019), mostrando ser uma promissora opção forrageira.

2.2 Métodos de pastejo

Métodos de pastejo são definidos como técnicas e/ou procedimentos de manipulação de animais no espaço (i. e., em diferentes locais) e no tempo (i. e., em diferentes momentos; ALLEN et al., 2011), sendo que todos são derivados ou da lotação contínua, em que os animais têm acesso contínuo à área de pastejo, ou da lotação rotativa, em que os animais têm acesso alternado à área de pastejo que é subdividida em áreas menores e submetida a períodos alternados de ocupação e/ou de descanso (SOLLENBERGER et al., 2012). É normalmente esperado que um determinado material forrageiro apresente respostas distintas ao ser submetido a métodos de pastejo distintos porque estes implicarem em dosséis com estruturas distintas. Isto se deve ao fato de que sob lotação contínua, o dossel é mantido com altura constante, o que leva a pequenas variações estruturais ao longo da estação de pastejo devido à luz que o incide ser interceptada por seus estratos mais altos e, que sob lotação intermitente, o dossel passa por bruscas mudanças de altura entre momentos de pré- e de pós-pastejo, o que leva a grandes variações estruturais ao longo do período de descanso devido à luz que o incide ser interceptada inicialmente por estratos mais altos e posteriormente por estratos mais baixos.

Por outro lado, há argumentos de que os métodos de pastejo possam desempenhar similarmente em relação ao potencial de produção tanto vegetal quanto animal. Em estudo utilizando um modelo matemático, foi enfatizado que comparações entre os métodos de pastejo devam ser realizadas por meio de uma mesma base de comparação no atributo a ser estudado. Neste estudo, ao determinarem tal comparação por meio do índice de área foliar, os pesquisadores verificaram que a produtividade máxima sob lotação rotativa e sob lotação contínua semelhante, os mesmos sugeriram que a produção de forragem em ambos os métodos de pastejo poderia ser melhor caracterizada em relação a uma condição média do dossel que fosse estudada (PARSONS; PENNING, 1988).

Tal caracterização pode ser traduzida impondo tratamentos sob distinta condição de altura média do dossel, em que a média entre as alturas do dossel nos momentos do pré- e do pós-pastejo nos pastos sob lotação rotativa equivalham a uma altura média de manutenção do dossel nos pastos sob lotação contínua. Mesmo sob as distintas formas de métodos de pastejo impostas, a comparação entre os métodos de pastejo se baseia em uma condição média que deve ser alcançada por meio de ajuste na taxa de lotação animal nos pastos sob lotação contínua ou de ajuste nos períodos de ocupação

e de descanso nos pastos sob lotação rotativa, de forma que o ritmo de crescimento e o limite de resistência morfofisiológica da planta forrageira sejam respeitados. Por esta razão, se deve entender como opções de métodos de pastejo e de alturas médias do dossel possam contribuir para o aumento da sustentabilidade tanto econômica quanto ambiental nos sistemas de produção animal em pasto.

2.3 Relação entre órgão aéreos e subterrâneos em plantas forrageiras

Para que se desenvolvam, as plantas requerem tanto a síntese de compostos orgânicos pelas folhas quanto absorção de nutrientes pelas raízes (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001), o que acarreta numa contínua interação entre seus órgãos acima e abaixo da superfície do solo. Em gramíneas, esta interação se inicia desde os primeiros estágios de vida, visto que perfilhos jovens apresentam conexões radiculares com perfilhos que lhe deram origem para obter nutrientes até que se tornem fisiologicamente independentes (LANGER, 1963). A partir de então, perfilhos passam a dispor de sistemas radiculares próprios para se fixarem e obterem nutrientes (HODGSON, 1990).

Mesmo havendo uma importante interação entre todos os órgãos vegetais, a maioria das pesquisas sobre plantas forrageiras em pastagens foca na avaliação de variáveis dos órgãos da parte aérea, o que fez com que o sistema radicular fosse rotulado há mais quatro décadas como “componente esquecido das pastagens” (DAVIDSON, 1978). Isto se deve à dificuldade de se avaliar o sistema radicular em condições de campo, com metodologias que inviabilizam repetições de coleta no mesmo local de amostragem. No entanto, os métodos de avaliação do sistema radicular têm avançado, facilitando sua caracterização frente a práticas de manejo (NELSON et al., 2017), o que fez com que o mesmo, antes tido como “componente esquecido das pastagens”, passasse a ter mais importância por sua alta capacidade de incorporar carbono no solo tanto pelo elevado volume quanto pela elevada renovação de raízes (NADAL-ROMERO et al., 2016; RAMALHO et al., 2019).

Raízes se renovam por terem o ritmo de crescimento paralisado e de senescência aumentado devido à quantidade de compostos de reserva (i. e., carboidratos não estruturais e compostos nitrogenados) demandada pelas plantas após o dossel ser desfolhado (MATTHEW, 1992). No período inicial de estresse morfofisiológico acarretado por tal processo, no qual as plantas podem estar em balanço negativo de carbono (SANDERSON; STAIR; HUSSEY, 1997), a biomassa radicular se reduz e, somente, volta a aumentar quando área foliar volta a se recompor (DOVRAT; DAYAN; KEULEN, 1980). Logo, quanto mais o dossel for intensamente desfolhado, os compostos de reserva armazenados são mais demandados para que as plantas restabeleçam a área foliar mais rápido (CORSI; MARTHA JR; PAGOTTO, 2001) e como, normalmente, tais compostos são armazenados nas raízes, a biomassa radicular se reduz devido esta condição acarretar em senescência/morte de raízes.

Posterior aos processos de senescência e de morte das plantas, ocorre o fim da etapa do ciclo em que o carbono fica incorporado na biomassa vegetal propriamente dita, sendo iniciada a etapa de decomposição do material. Nesta nova etapa, a quantidade de carbono até então incorporada via fotossíntese na biomassa vegetal pode seguir caminhos distintos: parte retorna para a atmosfera e parte fica incorporada à matéria orgânica do solo, a qual pode se humificar, permitindo que o carbono fique incorporado por mais tempo no solo, ou se mineralizar, permitindo que o nitrogênio fique disponível.

2.4 Decomposição da biomassa de raízes em pastagens

Uma análise de dados referentes a estudos sobre avaliação em diferentes pastagens verificou que 33% de toda a biomassa vegetal contida nesses ecossistemas estavam alocados como biomassa radicular (FRESCHE et al., 2013). Em estudo que estimou a renovação (i. e., a produção primária) de biomassa radicular em pastagens na Colômbia, onde foi avaliado pastos de capim Llanero [*Brachiaria dictyoneura* (Fig. & De Not.) Stapf cv. Llanero], obteve-se 16 toneladas de biomassa seca de raízes por hectare (TRUJILLO; FISHER; LAL, 2006). Por estarem relacionados com a fixação e/ou a sustentação das plantas no solo, as raízes apresentam elevada proporção de tecidos como o esclerênquima, com células densamente agrupadas que têm parede celular mais espessada por conta da elevada concentração de componentes estruturais como celulose e lignina (TAIZ; ZEIGER, 2017), os quais, por sua vez, influenciam o processo de decomposição em ecossistemas pastoris.

A decomposição de materiais orgânicos consiste num processo complexo que ocorre com os resíduos provenientes de biomassa tanto de plantas quanto de animais continuamente adicionados ou não na superfície ou no interior do solo (MCNEILL; UNKOVICH, 2007). Quanto a resíduos de plantas provenientes tanto da parte aérea quanto da parte subterrânea, o processo de decomposição pode ser influenciado pela composição química (e. g., concentração de carbono, nitrogênio e lignina) e pela condição ambiental (e. g., umidade, temperatura e microbiota do solo), que em conjunto determinam quanto de carbono e/ou de nitrogênio contribui para formar a matéria orgânica do solo (SILVER; MIYA, 2001; DUBEUX et al., 2006; LIU et al., 2011; BANEGAS et al., 2015). Numa condição edafoclimática favorável, os microrganismos decompõem os tecidos vegetais mortos sem impedimentos perturbadores porque o solo se apresenta melhor estruturado, com presença de agregados mais estáveis (GARCIA-PAUSAS et al., 2012; SILVA et al., 2015) em quais a comunidade microbiana se adere para interceptar e disponibilizar os nutrientes necessários à sua coexistência (DUCHICELA et al., 2013). Em condição como esta, a composição química passa a ser o principal agente que afeta decomposição tecidos dos vegetais, os quais conforme a recalcitrância e/ou a resistência dos seus componentes celulares determina a extensão do referido processo no solo.

Os estudos sobre a decomposição dos resíduos vegetais em pastagens normalmente seguem duas linhas de pesquisa avaliadas de forma tanto isolada quanto conjunta: uma avalia o processo para revelar sua contribuição na disponibilidade de nutrientes e outra avalia para revelar sua contribuição no estoque de carbono. Muitos estudos com tal objetivo avaliaram os órgãos da parte aérea das plantas (LIU et al., 2011; SILVA et al., 2012; APOLINÁRIO et al., 2013; RAPOSO et al., 2014). Entretanto, os estudos sobre a decomposição de raízes em pastagens apontaram que os tecidos radiculares se decompõem mais lentamente por apresentarem composição química mais recalcitrante (i. e., mais resistente à decomposição) e por se encontrarem incorporados no interior do solo, onde há uma menor atividade microbiológica quando comparado à superfície do solo (FRESCHE'T et al., 2013; SMITH et al., 2014; BANEGAS et al., 2015; KIRSCHBAUM et al., 2017; SILVA et al., 2019), fazendo com que o carbono presente na biomassa destes órgãos permaneça por mais tempo no solo.

Este fato sugere que as plantas forrageiras de clima tropical, sobretudo as gramíneas, sejam consideradas como importantes alternativas para o aumento de sequestro de carbono, uma vez que, além do elevado volume de raízes produzido, o processo de decomposição mais lento em seus tecidos radiculares faz com que o carbono permaneça por maior tempo incorporado no solo. Por esta razão, alguns estudos recentes têm avaliado a importância do papel do sistema radicular no estoque carbono orgânico do solo em pastagens ao avaliarem o processo de decomposição da biomassa de raízes (SILVA et al., 2012; FRESCHE'T et al., 2013; SMITH et al., 2014; SARAIVA et al., 2014; SILVA et al., 2015; SILVA et al., 2019), o que vem se tornando cada vez mais importante para um melhor entendimento da sua dinâmica na etapa do ciclo do carbono nos ecossistemas pastoris. Apesar da extrema importância do ponto de vista tanto econômico quanto ambiental, os estudos sobre o processo de decomposição da biomassa radicular em pastagens frequentemente avaliaram apenas um método de pastejo (SILVA et al., 2012; FRESCHE'T et al., 2013; SMITH et al., 2014; SARAIVA et al., 2014; SILVA et al., 2015; SILVA et al., 2019), não explorando os contrastes entre as possíveis respostas de materiais forrageiros submetidos a diferentes métodos de pastejo por meio de intensidades de desfolhação baseadas em metas de alturas médias do dossel equivalentes.

Métodos de pastejo são tidos como fatores que podem afetar as respostas do sistema radicular, o qual está intimamente relacionado ao acúmulo de matéria orgânica após suas raízes serem senescidas, mortas e decompostas. Tais métodos podem resultar em composições químicas semelhantes de biomassa radicular, se forem comparados adotando um mesmo atributo na avaliação (e. g., altura média do dossel), que por sua vez gerariam semelhantes extensão de decomposição e acúmulos de carbono orgânico no solo sob pastagens. Os estudos fundamentados em tal comparação poderão gerar subsídios para que as práticas acerca do manejo do pastejo sejam recomendadas com

embasamentos técnico-científicos, conciliando produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção animal em pasto para que os recursos naturais sejam maximamente preservados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e condução experimental

Este estudo fez parte de projeto de pesquisa iniciado em 2012, que foi conduzida entre janeiro e dezembro de 2019 numa área experimental do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), Piracicaba, São Paulo, Brasil (latitude: 22°42'30" S, longitude: 47°38'00" W e altitude: 546 m) (Figura 1). O clima do local é do tipo Cwa (mesotérmico úmido subtropical de inverno seco) (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007), sendo os dados climáticos locais (Tabela 1) obtidos no posto meteorológico da ESALQ/USP.

Tabela 1 - Pluviosidade e temperatura durante o período experimental e média histórica (1917–2019).

Variável climática	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	2019											
Temp. máx. (°C)	33	30	30	30	28	27	26	28	31	34	30	31
Temp. mín. (°C)	20	19	19	18	15	12	9	12	15	17	18	19
Pluviosidade (mm)	146	153	73	162	55	11	51	6	56	109	223	188
	1917 – 2019											
Temp. máx. (°C)	30	30	30	29	26	25	25	27	28	29	28	30
Temp. mín. (°C)	19	19	18	16	12	11	10	11	14	16	17	18
Pluviosidade (mm)	229	180	141	66	55	44	29	30	61	109	136	197



Figura 1 – Imagem de satélite da área experimental do projeto obtida no Google Maps.

A área experimental apresenta solo do tipo Nitossolo Vermelho Eutroférico típico (EMBRAPA, 2006) de alta fertilidade. De acordo com a análise de terra coletada (na profundidade

0–20 cm) e realizada em 2019, o solo da área não necessitou de correção quando o estudo foi iniciado por ter apresentado as características apresentadas na tabela abaixo (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise química de amostras de terra do solo coletadas na área experimental (março de 2019 e março de 2020).

Ano	pH	MO*	S	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB**	V***	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³				%	mg dm ⁻³	mg kg ⁻³				
2019	5,5	37	<7	31,5	440	7,4	2,1	<1	4,8	11	69,6	0,49	5,3	31,5	40,5	13,9
2020	5,4	36	<7	27,2	355	6,7	2,0	<1	5,0	10	66,7	0,44	5,2	24,6	43,3	9,1

*MO: matéria orgânica do solo; **SB: soma de bases; ***V: saturação por base.

Os pastos de capim Mulato II – híbrido resultante do cruzamento entre *Brachiaria ruziziensis* × *Brachiaria decumbens* × *Brachiaria brizantha* – foram estabelecidos em janeiro de 2012 e conforme descrito por Silva et al. (2016), foi utilizada grade aradora para o preparo do solo, seguido de semeadura a lanço com 8 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis e de aplicação de 16 kg ha⁻¹ de P via superfosfato simples. No presente estudo, as coletas de amostras das variáveis da parte aérea foram realizadas 08 de janeiro e 23 de abril de 2019, sendo as amostras de raízes coletadas a partir de 29 de janeiro de 2019. Porém, o ensaio de decomposição da biomassa radicular foi iniciado em 21 de março de 2019, as quais permaneceram incubadas no solo dentro das unidades experimentais pelos seguintes tempos de incubação propostos no estudo: zero, 4, 8, 16, 32, 64, 128 ou 256 dias.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, com três repetições, totalizando 18 unidades experimentais (piquetes de 200 m²). Os fatores estudados foram métodos de pastejo (lotação contínua, lotação rotativa leniente e lotação rotativa moderada) e alturas médias do dossel (20 e 30 cm) determinadas como base para comparação equivalentes entre os métodos de pastejo, que deram origem aos seguintes tratamentos: 1) lotação contínua com 20 cm de altura média (variação de 10% em torno de 20 cm) = LC20; 2) lotação contínua com 30 cm de altura média (variação de 10% em torno de 20 cm) = LC30; 3) lotação rotativa leniente com 20 cm de altura média entre alturas de pré- (24 cm) e pós-pastejo (16 cm) = LRL20; 4) lotação rotativa leniente com 30 cm de altura média entre alturas de pré- (36 cm) e pós-pastejo (24 cm) = LRL30; 5) lotação rotativa moderada com 20 cm de altura média entre alturas de pré- (26 cm) e pós-pastejo (14 cm) = LRM20; e 6) lotação rotativa moderada com 30 cm de altura média entre alturas de pré- (39 cm) e pós-pastejo (21 cm).

À medida que a altura do dossel atingiu os limites máximos ou mínimos das alturas médias designadas para cada tratamento, os animais (vacas leiteiras não lactantes com média de 450 kg de peso corporal) foram respectivamente colocados e retirados das unidades experimentais adotando o protocolo “*mob-stocking*” e assim, fosse reduzida a possibilidade de formação de áreas de rejeição e maximizada a homogeneidade do dossel. A altura do dossel foi monitorada semanalmente em 50 pontos distribuídos em grid ao longo de 05 transectas equidistantes por unidade experimental.

Os pastos foram adubados com 200 kg ha⁻¹ de N e de K₂O via nitrato de amônio e cloreto de potássio respectivamente. A adubação foi parcelada em quatro doses de 50 kg ha⁻¹ nos piquetes sob lotação contínua (LC). No primeiro dia do período experimental, os piquetes manejados sob lotação rotativa (LR) recebeu uma dose equivalente aos piquetes sob LC (50kg ha⁻¹) e nas demais aplicações foi utilizado para cálculo, uma dose diária de 1,5 kg ha⁻¹ multiplicada pelo número de dias do período de descanso obtidos no ciclo de pastejo para cada piquete, sendo aplicada no pós-pastejo até que fosse completada a dose total determinada para o período experimental.

3.3 Avaliações

3.3.1 Massa de forragem pré-pastejo e acúmulo de forragem

A massa de forragem (MF) foi quantificada coletando-se a vegetação presente dentro de duas molduras de 0,25 m² a 2 cm acima da superfície do solo no pré- e no pós-pastejo de cada ciclo de pastejo nos piquetes sob lotação rotativa (LR) e usando gaiolas de exclusão nos piquetes sob lotação contínua (LC). Para tanto, a escolha dos locais de amostragens foi realizada selecionando dois pontos representativos da condição média do dossel forrageiro de cada piquete. Tais amostras foram pesadas, homogeneizadas, subamostradas entre 200 e 250 g e levadas à estufa de circulação de ar forçada a 55°C, onde permaneceram até atingirem peso constante e fossem pesadas novamente.

Nos pastos manejados sob LC, o acúmulo de forragem (AF) foi calculado por meio da diferença entre a MF média dentro de duas gaiolas de exclusão (0,9 m de diâmetro) fixadas em dois pontos representativos da MF média do dossel de cada piquete e a MF média do piquete no momento em que as gaiolas foram ancoradas, 21 dias antes. Nos piquetes manejados sob LR, o AF foi calculado por meio da diferença entre a MF coletada em dois pontos representativos da MF média do dossel no pré-pastejo de um determinado ciclo e a MF coletada em dois pontos representativos da MF média do dossel no pós-pastejo do ciclo imediatamente anterior.

O acúmulo total de forragem tanto dos pastos sob LC quanto dos pastos sob LR foi calculado somando-se os AF de todos os ciclos de amostragem obtidos durante todo verão agrostológico.

3.3.2 Composição morfológica da forragem e índice de área foliar no pré-pastejo

A composição morfológica da forragem foi estimada a partir de duas subamostras da condição média de MF de cada piquete. Cada subamostra entre 200 e 250 g foi separada em lâmina foliar, colmo (pseudocolmo + bainha) e material morto, sendo estas frações levadas à estufa de circulação forçada a 55°C até que atingissem peso constante e pesadas novamente. O peso seco de cada fração morfológica foi utilizado para a determinação da proporção relativa de folhas, colmos e material morto na MF.

Previamente à secagem, parte das lâminas foliares foram escaneadas em integrador de área foliar modelo LI 3100 (Li-Cor[®], Lincoln, Nebraska, EUA) para obtenção da área foliar. A relação da área e do peso seco das lâminas foliares foram utilizados para obter o peso específico das folhas e para estimar a área total das folhas, os quais foram utilizados para calcular índice de área foliar (IAF).

3.3.3 Intercepção de luz pelo dossel no pré-pastejo

A intercepção de luz pelo dossel (IL) foi medida com o auxílio de analisador de dossel modelo LAI-2000 (Li-Cor[®], Lincoln, Nebraska, EUA). A cada mensuração acima do dossel (sem obstrução) eram realizadas oito mensurações abaixo do dossel próximo do nível da superfície do solo, totalizando 45 leituras por piquete. As medidas foram realizadas em momentos de predominância de radiação difusa (i. e., condição de céu nublado ou baixa elevação solar), dando preferência para que as medidas fossem realizadas no final da tarde ou início da manhã (WELLES; NORMAN, 1991).

3.3.4 Densidade populacional de perfilhos e peso médio de perfilhos no pré-pastejo

A densidade populacional de perfilhos (DPP) foi determinada por meio da contagem total de perfilhos no interior de duas molduras metálicas de 0,75 × 0,35 m (0,25 m²) posicionadas em pontos representativos da condição média do dossel no momento da avaliação. O peso médio de perfilhos (PMP) foi calculado por meio da divisão dos valor médio da MF pelo valor médio da DPP.

3.3.5 Biomassa radicular e produção de material para o ensaio de decomposição

A coleta de amostras de raízes foi realizada entre janeiro e fevereiro de 2019, sendo que em cada evento de amostragem foram coletadas amostras em dois pontos representativos da condição média do dossel em cada unidade experimental, utilizando uma moldura de 0,1 m² (0,2 x 0,5 m) em profundidade de 0,20 m. Antes do início das coletas, foi removida toda a massa vegetal acima da superfície do solo e em seguida retirado um volume de solo de 20000 cm³ (bloco) no qual estava contida a biomassa radicular, com o auxílio de marreta e de alavanca metálica (Figura 2).



Figura 2 – Coleta de blocos de terra contendo biomassa radicular nos pastos com auxílio de alavanca metálica e marreta.

Os blocos de solo removidos contendo a biomassa radicular foram lavados em água corrente sobre peneiras com malhas de abertura distintas (variando entre 1 e 5 mm) para remover o solo e para prevenir a perda de raízes. Após a lavagem das raízes, as amostras de cada unidade experimental foram combinadas para formar uma amostra composta, acondicionadas em sacos de pano, levadas a estufa de circulação de ar forçada a 100°C por uma hora para a inativação das enzimas respiratórias e após este período permaneceram na mesma estufa a 55 °C por período máximo de 72 horas e pesadas para quantificar a biomassa seca de raízes.

3.3.6 Composição química e ensaio de decomposição da biomassa radicular

Posteriormente à secagem, as amostras de biomassa de raízes coletadas em cada unidade experimental foram separadas da base dos seus respectivos colmos, misturadas para formar uma amostra composta por unidade experimental e cortadas em pedaços variando entre 5 e 10 cm de comprimento. Cada amostra composta deu origem a 14 subamostras de aproximadamente 12 g de MS de raízes, as quais foram acondicionadas em sacos de nylon confeccionados com dimensões de

15 × 20 cm e com porosidade de 75 µm (Figura 3) e selados a quente para que ficassem completamente vedados durante o ensaio de decomposição, permitindo que apenas os microrganismos decompositores pudessem adentrar no interior dos mesmos. Sacos com as mesmas dimensões foram confeccionados e incubados no solo sem amostras juntamente com os sacos com amostras para que fosse realizada uma correção da mudança de peso acarretada pela sugidade aderida nos mesmos durante todo o período em ocorreu o ensaio de decomposição.

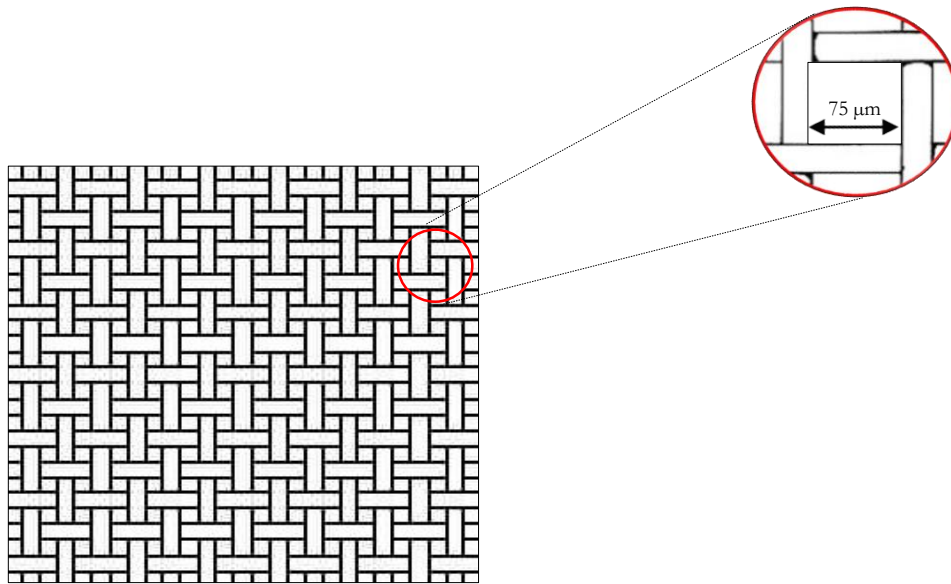


Figura 3 – Representação da porosidade do tecido (nylon poliéster) utilizado para confecção dos sacos utilizados no ensaio de decomposição da biomassa radicular.

O ensaio de decomposição consistiu em incubar subamostras de biomassa radicular acondicionadas em sacos de nylon no interior do solo sob os tratamentos impostos nas unidades experimentais durante períodos pré-determinados, a saber: 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias, seguindo a metodologia de sacos de nylon ou litter bags (DUBEUX et al., 2006; SILVA et al., 2019). Em cada unidade experimental houve dois locais de incubação próximos, nos quais foram enterrados sete sacos de nylon contendo as subamostras radicular por local, totalizando duas subamostras por unidade experimental e 14 subamostras por período de decomposição. Os sacos foram dispostos horizontalmente (lado a lado) a cerca de 2 cm um do outro nos locais de incubação em uma profundidade de 20 cm (Figura 4) e enterrados, sendo que após este procedimento os locais de incubação foram mantidos com palhada e sob efeito dos respectivos tratamentos. Subamostras de biomassa radicular de cada unidade experimental foram preservadas sem incubação e consideradas como o tempo zero no ensaio de decomposição.



Figura 4 – Local e disposição dos sacos de nylon contendo subamostras de biomassa radicular antes de serem enterrados.

Ao final de cada tempo de incubação, os sacos nylon foram desenterrados, limpos com pincel ou escova, secos em estufa de circulação forçada a 55°C por no máximo 72 horas e pesados. Os sacos de nylon foram abertos e as subamostras de biomassa radicular remanescente retiradas e moídas individualmente em moinho com peneira de abertura 1 mm. Após tal procedimento, subamostras correspondentes a cada tempo de incubação e a cada unidade experimental foram misturadas para formar amostras compostas e enviadas para análise de composição química.

Na caracterização da composição química das amostras de biomassa radicular antes e depois da decomposição, os seguintes componentes foram quantificados: matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), carbono (C), lignina (LIG), celulose (CEL) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NFDA). As concentrações de C e de N foram determinadas com o auxílio de analisador elementar por combustão modelo SC-144DR (Leco[®], Michigan, EUA), no qual as amostras foram inseridas em atmosfera de oxigênio puro a 1350°C, com combinação entre a temperatura do forno e o fluxo de oxigênio, que oxida o C em CO₂ e o N em N₂ e detecta as massas de tais elementos por meio de infravermelho. As concentrações de LIG, de CEL e de NFDA foram determinadas com auxílio de analisador de fibras modelo A2000 (Ankom[®], New York, EUA), no qual as amostras foram inseridas dentro de sacos de nylon para que fossem digeridas, lavadas e filtradas baseado no método de Van Soest para se determinar fibra em detergente ácido (VAN SOEST et al., 1991). Posteriormente a tais análises, foram calculadas concentrações de LIG, CEL e NFDA e relações C:N, LIG:N e LIG:NIDA.

3.3.7 Carbono orgânico do solo

Entre março e abril de 2019, foi coletada uma amostra composta de terra em cada unidade experimental para que se determinasse a quantidade de carbono orgânico do solo. Esta determinação foi realizada por meio do método baseado na oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio em ácido sulfúrico, no qual o teor de carbono orgânico é obtida pela titulação do excesso de dicromato de potássio após a oxidação (DONAGEMA et al., 2011).

3.4 Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio do método de modelos lineares mistos (PROC MIXED), com estrutura paramétrica, utilizando o software estatístico SAS[®] 9.4 (LITTEL et al., 2006). Para as variáveis agrônômicas, o bloco foi considerado efeito aleatório. Os métodos de pastejo, as alturas média do dossel e as suas interações foram consideradas efeitos fixos. O modelo utilizado foi: $Y_{ijk} = \mu + b_j + H_i + I_k + (HI)_{ik} + a_{ijk} + C_l + d_{ijkl} + Y_m + \varepsilon_{ijklm}$ onde, Y_{ijk} = resposta esperada; μ = média geral; b_j = parâmetro aleatório associado ao bloco $j \sim \text{NID}(0, \sigma^2 b)$; H_i = parâmetro fixo associado ao método de pastejo i ; I_k = parâmetro fixo associado à altura média i ; $(HI)_{ik}$ = parâmetro fixo associado à interação método \times altura ik ; a_{ijk} = erro associado ao tratamentos ik , no bloco $j \sim \text{NID}(0, \sigma^2 a)$; ε_{ijklm} = erro experimental $\sim \text{ND}(0, \sigma^2 \varepsilon)$.

Os gráficos preditores lineares e quantil-quantil dos resíduos foram utilizados para verificar a homogeneidade da variância e a normalidade do resíduo. A matriz de variância e covariância foi selecionada usando o critério de informação de Akaike (WOLFINGER, 1993). A correção dos graus de liberdade foi realizada pelo método de "kenwardroger" (KENWARD; ROGER, 1997), as médias pelo procedimento "LSMEANS" e as comparações múltiplas pelo procedimento "PDIF".

A análise de componentes principais (PCA) foi realizada utilizando o software R[®] 4.0.2 (R Development Core Team, 2015) e os pacotes "Cluster", "FactoMiner" e "Factoextra", a fim de caracterizar as variáveis de resposta da parte aérea (MF, PF, PC, PM, AFE, IAF, AF, IL, DPP e PMP) e da parte subterrânea (BR0, BR7, BRT, C, N, PoolC, PoolN, CEL, LIG, NFDA, C:N, LIG:N e LIG:NFDA) em resposta aos tratamentos. Com o mesmo banco de dados utilizado para a análise de PCA, uma análise de cluster foi realizada para LC20, LC30, LRL20, LRL30, LRM20 e LRM30, em diferentes alturas médias do dossel (i. e., 20 e 30 cm) e métodos de pastejo (LC, LRL e LRM), para que fossem gerados gráficos heatmaps com o objetivo de facilitar a leitura e a interpretação das análises de agrupamento dos fatores utilizando 'heatmap.2', pacote 'gplots'.

4 RESULTADOS

4.1 Acúmulo de forragem e interceptação de luz pelo dossel

O acúmulo de forragem (AF) foi afetado pelo método de pastejo ($P = 0,0080$). Para esta variável, os pastos sob LC acumularam $3930 \text{ kg MS ha}^{-1}$ a mais de forragem que os pastos sob LRL e LRM (Tabela 3). A interceptação luminosa pelo dossel forrageiro (IL) foi afetada tanto pelo método de pastejo ($P = 0,0071$) quanto pela altura média do dossel forrageiro ($P < 0,0001$). Para o efeito dos métodos de pastejo, a IL foi menor nos pastos sob LC (Tabela 3) e para o efeito das alturas médias do do dossel forrageiro, a IL foi menor nos pastos manejados com altura de 20 cm (Tabela 4).

Tabela 3 - Acúmulo de forragem (AF) e interceptação luminosa pelo dossel (IL) no pré-pastejo em pastos de capim Mulato II submetidos a três métodos de pastejo em Piracicaba, SP, Brasil.

Método de pastejo	AF	IL
	kg MS ha ⁻¹ ano ⁻¹	%
LC	12660 a	95,3 b
LRL	9340 b	97,3 a
LRM	8120 b	96,6 a
EPM ^a	1127,65	0,39

Letras na coluna comparam métodos de pastejo ($P < 0,10$).

^aEPM = Erro padrão da média.

LC = Lotação contínua, LRL = Lotação rotativa leniente, e LRM = Lotação rotativa moderada.

Tabela 4 - Interceptação luminosa pelo dossel (IL) no pré-pastejo em pastos de capim Mulato II submetidos a duas alturas médias do dossel em Piracicaba, SP, Brasil.

Altura média	IL
cm	%
20	95,0 b
30	97,8 a
EPM ^a	0,34

Letras na coluna comparam alturas médias ($P < 0,10$).

^aEPM = Erro padrão da média.

4.2 Massa de forragem, composição morfológica da forragem e índice de área foliar

A massa de forragem (MF), as proporções de folhas (PF), colmos (PC) e material morto da forragem (PM), a área foliar específica (AFE) e o índice de área foliar (IAF) foram afetados pelo método de pastejo ($P = 0,0013$; $P < 0,0001$; $P = 0,0644$; $P < 0,0001$; $P < 0,0001$; $P = 0,0063$; respectivamente). Exceto a AFE, a MF, as proporções de PF, PC e PM, e o IAF foram afetadas pela altura média do dossel forrageiro ($P = 0,0002$; $P = 0,0014$; $P = 0,0002$; $P = 0,0171$; $P = 0,0469$;

respectivamente). Pastos sob LRL e LRM apresentaram maiores MF, FOL e IAF (Tabela 5) e pastos manejados com as maiores alturas médias do dossel (30 cm) apresentaram maiores MF, COL, MMF e IAF (Tabela 6). A AFE foi maior nos pastos sob LRM e semelhante nos pastos sob LC e LRL.

Tabela 5 - Massa de forragem (MF), proporção de folha (PF), colmo (PC) e material morto (PM) na forragem, área foliar específica (AFE) e índice de área foliar (IAF) no pré-pastejo em pastos de capim Mulato II submetidos a três métodos de pastejo em Piracicaba, SP, Brasil.

Método de pastejo	MF	PF	PC	PM	AFE	IAF
	kg MS ha ⁻¹	-----%-----			cm ⁻² g ⁻¹	cm ⁻² cm ⁻²
LC	6650 b	25,9 b	26,5 a	47,6 a	166 b	3,5 a
LRL	9360 a	39,2 a	25,7 b	35,7 b	190 a	6,6 b
LRM	8550 a	41,5 a	25,5 b	33,5 b	169 b	6,3 b
EPM ^a	420	1,59	0,40	1,73	4,66	0,36

Letras na coluna comparam métodos de pastejo ($P < 0,10$).

^aEPM = Erro padrão da média.

LC = Lotação contínua, LRL = Lotação rotativa leniente, e LRM = Lotação rotativa moderada.

Tabela 6 - Massa de forragem (MF), proporção de folha (PF), colmo (PC) e material morto (PM) na forragem, e índice de área foliar (IAF) no pré-pastejo em pastos de capim Mulato II submetidos a duas alturas médias do dossel em Piracicaba, SP, Brasil.

Altura média	MF	PF	PC	PM	IAF
cm	kg MS ha ⁻¹	-----%-----			cm ⁻² cm ⁻²
20	6950 b	38,7 a	24,9 b	36,8 b	5,0 b
30	9430 a	32,3 b	26,9 a	41,2 a	5,9 a
EPM ^a	360	1,41	0,37	1,54	0,29

Letras na coluna comparam alturas médias ($P < 0,10$).

^aEPM = Erro padrão da média.

4.3 Densidade populacional de perfilhos e peso médio de perfilhos

A densidade populacional de perfilhos (DPP) não afetada nem pelo método de pastejo, nem pela altura média do dossel e nem pela interação método de pastejo × altura média do dossel ($P > 0,10$), tendo apresentado média de 277 perfilhos m⁻². O peso médio de perfilhos (PMP) foi afetado pela interação método de pastejo × altura média do dossel ($P = 0,0264$). Para o efeito de interação, o PMP foi, em geral, menor nos pastos sob LC20 (Tabela 7).

Tabela 7 - Efeito da interação entre métodos de pastejo × alturas médias do dossel no peso médio de perfilhos (PMP) no pré-pastejo em pastos de capim Mulato II em Piracicaba, SP, Brasil.

Altura média	Método de pastejo			EPM ^b
	LC	LRL	LRM	
cm	-----g perfilho ⁻¹ -----			
20	2,1 b	2,6 ab	3,0 a	0,29
30	3,2 b	4,7 a	3,3 b	0,27
<i>P</i> ^a	0,0177	0,0005	0,5477	
EPM ^b	0,27	0,30	0,27	

Letras na mesma linha comparam alturas médias dentro de métodos de pastejo.

^aValor de $P < 0,10$ indica o efeito do método de pastejo dentro das alturas médias.

^bEPM = erro padrão da média.

LC = Lotação contínua; LRL = Lotação rotativa leniente; LRM = Lotação rotativa moderada.

4.4 Composição química e ensaio de decomposição da biomassa radicular

A biomassa radicular antes do ensaio de decomposição (BR0) e a concentração de nitrogênio (N) e de nitrogênio indigestível em detergente ácido (NFDA) foram afetadas pela interação entre método de pastejo × altura média do dossel ($P = 0,0480$; $P = 0,0483$; $P = 0,0947$; $P = 0,0605$; respectivamente). Pastos sob LC mantidos com altura média do dossel menor (20 cm) apresentaram menores BR0, tendo os pastos sob LRL e LRM apresentado BR0 semelhante, independentemente da altura média em que seus dosséis foram mantidos (Tabela 8). Pastos sob LC e sob LRM mantidos com altura média do dossel menor (20 cm) apresentaram menores concentrações de N, tendo os pastos sob LRL apresentado menores concentrações de N quando mantidos na altura média do dossel de 30 cm (Tabela 9). Pastos sob LC, LRL ou LRM mantidos com altura média do dossel menor (20 cm) apresentaram maiores concentrações de NFDA, tendo os pastos sob LC mantidos nesta altura média apresentado maiores concentrações de NFDA (Tabela 10).

A biomassa radicular remanescente (BR7), as concentração de lignina (LIG) e a relação lignina e nitrogênio indigestível em detergente ácido (LIG:NFDA) após o ensaio de decomposição não foram afetadas por método de pastejo, altura média do dossel e interação método de pastejo × altura média do dossel ($P > 0,10$), com os respectivos valores 57,4%, de 3841 g m⁻², de 296 g kg⁻¹ e de 402,8.

A biomassa radicular remanescente total (BRT), as concentrações de carbono (C), nitrogênio (N), celulose (CEL) e nitrogênio indigestível em detergente ácido (NFDA) e a relação lignina e nitrogênio (LIG:N) após o ensaio de decomposição foram afetados pelo método de pastejo ($P = 0,0082$; $P = 0,0294$; $P = 0,0178$; $P = 0,0268$; $P = 0,0050$; $P = 0,0509$; respectivamente). Pastos sob LRM apresentaram maiores BRT e concentração de CEL e pastos sob LC apresentaram maiores concentrações de C e NFDA, tendo os pastos sob LRL apresentaram maiores

concentrações de N e relação LIG:N (Tabela 11). As concentrações de N, CEL e NFDA e as relações C:N e NFDA:N foram afetadas pela altura média do dossel ($P = 0,0544$; $P = 0,0180$; $P = 0,0001$; $P = 0,0921$; $P = 0,0159$; respectivamente). Pastos manejados com altura média do dossel de 30 cm apresentaram menores concentrações de N, CEL e NFDA e relação NFDA:N e menores relações C:N (Tabela 12).

Tabela 8 - Efeito da interação entre métodos de pastejo \times alturas médias do dossel na biomassa de raízes antes do ensaio de decomposição (BR0) em pastos de capim Mulato II em Piracicaba, SP, Brasil.

Altura média cm	Método de pastejo			EPM ^b
	LC	LRL	LRM	
	-----g cm ⁻³ -----			
20	8,0 b	9,8 a	9,6 a	0,65
30	9,6 a	8,9 a	8,7 a	0,63
<i>P</i> ^a	0,0461	0,2065	0,2705	
EPM ^b	0,63	0,64	0,65	

Letras na mesma linha comparam alturas médias dentro de métodos de pastejo.

^aValor de $P < 0,10$ indica o efeito do método de pastejo dentro das alturas médias.

^bEPM = erro padrão da média.

LC = Lotação contínua; LRL = Lotação rotativa leniente; LRM = Lotação rotativa moderada.

Tabela 9 - Efeito da interação entre métodos de pastejo \times alturas médias do dossel na concentração de nitrogênio (N) da biomassa radicular remanescente total (BRT) após o ensaio de decomposição (média dos valores de todos os tempos: 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias) em pastos de capim Mulato II em Piracicaba, SP, Brasil.

Altura média cm	Método de pastejo			EPM ^b
	LC	LRL	LRM	
	-----g kg ⁻¹ -----			
20	12,6 b	14,3 a	12,2 b	0,31
30	12,5 a	12,5 a	12,3 a	0,31
<i>P</i> ^a	0,7241	0,0055	0,8414	
EPM ^b	0,31	0,31	0,31	

Letras na mesma linha comparam alturas médias dentro de métodos de pastejo.

^aValor de $P < 0,10$ indica o efeito do método de pastejo dentro das alturas médias.

^bEPM = erro padrão da média.

LC = Lotação contínua; LRL = Lotação rotativa leniente; LRM = Lotação rotativa moderada.

Tabela 10 - Efeito da interação entre métodos de pastejo × alturas médias do dossel na concentração de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NFDA) da biomassa radicular remanescente total (BRT) após o ensaio de decomposição (média dos valores de todos os tempos: 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias) em pastos de capim Mulato II em Piracicaba, SP, Brasil.

Altura média	Método de pastejo			EPM ^b
	LC	LRL	LRM	
cm	-----g kg ⁻¹ -----			
20	0,86 a	0,81 b	0,78 b	0,0140
30	0,74 a	0,72 a	0,74 a	0,0132
<i>P</i> ^a	0,0002	0,0029	0,0451	
EPM ^b	0,0124	0,0148	0,0136	

Letras na mesma linha comparam alturas médias dentro de métodos de pastejo.

^aValor de $P < 0,10$ indica o efeito do método de pastejo dentro das alturas médias.

^bEPM = erro padrão da média.

LC = Lotação contínua; LRL = Lotação rotativa leniente; LRM = Lotação rotativa moderada.

Tabela 11 - Biomassa radicular remanescente total (BRT), concentrações de carbono (C), nitrogênio (N), celulose (CEL) e nitrogênio indigestível em detergente ácido (NFDA), e relação lignina e nitrogênio (LIG:N) após o ensaio de decomposição (média dos valores de todos os tempos: 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias) em pastos de capim Mulato II submetidos a três métodos de pastejo em Piracicaba, SP, Brasil.

Método de pastejo	BRT	C	N	CEL	NFDA	LIG:N
	%	-----g kg ⁻¹ -----				
LC	82 b	440 a	12,6 b	453 b	0,8 a	22 b
LRL	83 b	425 b	13,4 a	467 b	0,7 b	25 a
LRM	85 a	421 b	12,2 b	489 a	0,7 b	24 a
EPM ^a	0,64	0,46	0,23	10,76	0,011	0,91

Letras na coluna comparam métodos de pastejo ($P < 0,10$).

^aEPM = Erro padrão da média.

LC = Lotação contínua, LRL = Lotação rotativa leniente, e LRM = Lotação rotativa moderada.

Tabela 12 – Concentração de nitrogênio (N), celulose (CEL), nitrogênio indigestível em detergente ácido (NFDA) e relações carbono e nitrogênio (C:N), e nitrogênio indigestível em detergente e nitrogênio (NFDA:N) da biomassa de raízes após tempos de incubação no solo (média dos valores de todos os tempos: 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias) em pastos de capim Mulato II em resposta à altura média do dossel em Piracicaba, SP, Brasil.

Altura média	N	CEL	NFDA	C:N	NFDA:N
Cm	-----g kg ⁻¹ -----				
20	13,0 a	482 a	0,8 a	34 b	0,064 a
30	12,4 b	457 b	0,7 b	36 a	0,060 b
EPM ^a	0,19	9,79	0,01	0,68	0,0010

Letras na coluna comparam alturas médias ($P < 0,10$).

^aEPM = Erro padrão da média.

4.5 Carbono orgânico do solo

O teor de carbono orgânico do solo (COS) foi afetado pela interação método de pastejo × altura média do dossel forrageiro ($P = 0,0725$). Pastos sob LC mantidos com altura média do

dossel forrageiro menor (i. e., 20 cm) apresentaram menores teores de COS, tendo os pastos sob LRL e LRM apresentado teores semelhantes de COS, independente da altura média que dosses foram mantidos (Tabela 13).

Tabela 13 - Efeito da interação entre métodos de pastejo × alturas médias do dossel no teor de carbono orgânico do solo (COS) em pastos de capim Mulato II em Piracicaba, SP, Brasil.

Altura média	Método de pastejo			EPM ^b
	LC	LRL	LRM	
Cm	-----g kg ⁻¹ -----			
20	21,0 b	22,1 a	22,5 a	0,48
30	22,2 a	21,9 a	21,6 a	0,46
<i>P</i> ^a	0,0602	0,7571	0,1497	
EPM ^b	0,47	0,45	0,49	

Letras na mesma linha comparam alturas médias dentro de métodos de pastejo.

^aValor de $P < 0,10$ indica o efeito do método de pastejo dentro das alturas médias.

^bEPM = erro padrão da média.

LC = Lotação contínua; LRL = Lotação rotativa leniente; LRM = Lotação rotativa moderada.

4.6 Relações entre respostas da parte aérea / subterrânea e carbono orgânico do solo

A análise dos componentes principais (PCA) explicou 67,4% da variância dos dados no PC1 e PC2 no biplot (Figura 5). O PC1 expressou 40,4% da variabilidade dos dados, sugerindo que este eixo seja suficiente para explicar maior parte da variabilidade das respostas (Figura 5). No grupo 1 (localizado no quadrante superior direito) do PC1, as respostas de IL, PMP, AFE, MF e IAF e as respostas de BR0, PoolC, PoolN e COS estão mais correlacionadas e associadas aos tratamentos LRL30 e LRM30. O grupo 1 tem respostas inversamente correlacionadas com as respostas (DPP, BR7, NFDA e NFDA:N) do grupo 3 (localizado no quadrante inferior esquerdo). No grupo 4 (localizado no quadrante inferior direito) do PC1, as respostas de BRT, N, CEL, LIG, LIG:N e LIG:NFDA estão mais correlacionadas e associadas aos tratamentos LRL20 e LRM20. O grupo 4 tem respostas inversamente correlacionadas com as respostas (AF, PC, PM, C e C:N) do grupo 2 (localizado no quadrante superior direito).

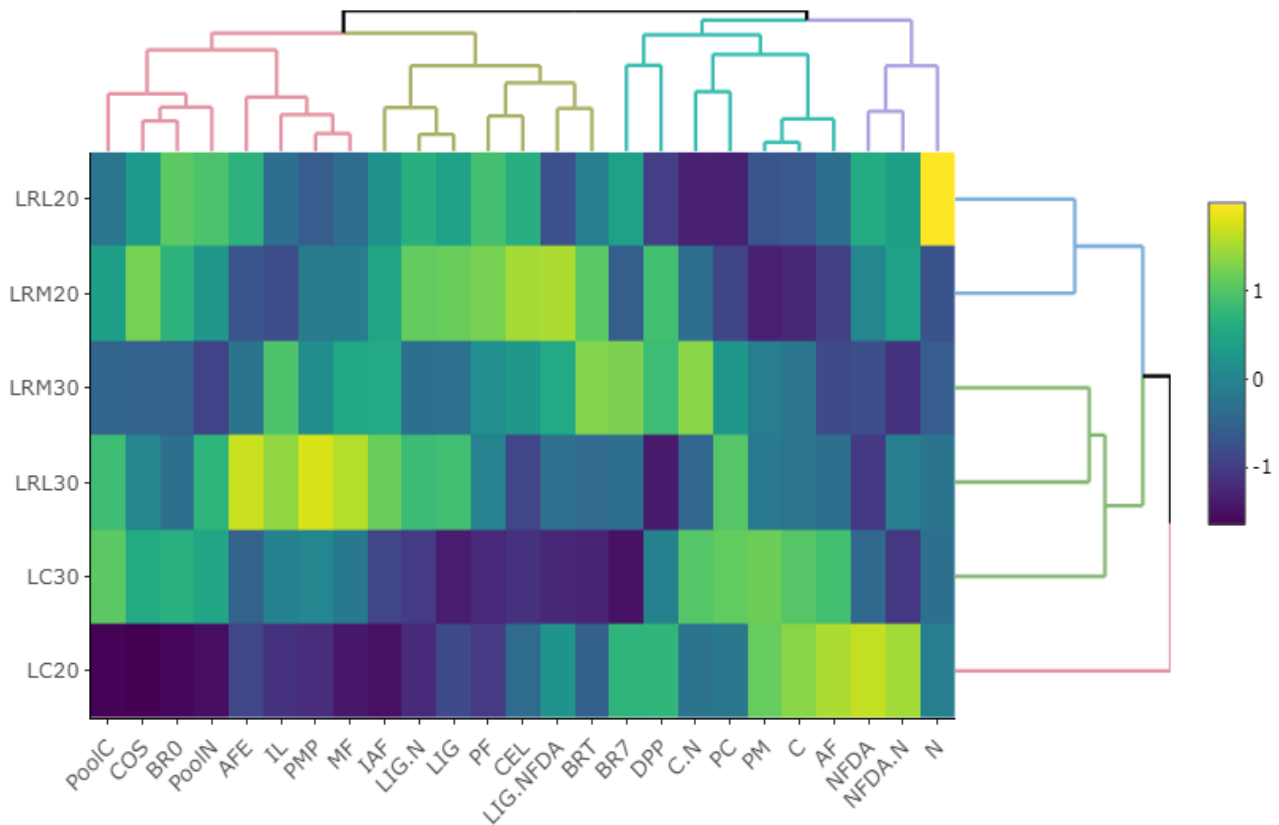


Figura 6 – Heatmap para as respostas de pastos de capim Mulato II aos métodos de pastejo e às alturas médias do dossel.

LC20 = lotação contínua com altura média de 20 cm; LC30 = lotação contínua com altura média de 30 cm; LRL20 = lotação rotativa leniente com altura média de 20 cm; LRL30 = lotação rotativa leniente com altura média de 30 cm; LRM20 = lotação rotativa moderada com altura média de 20 cm; LRM30 = lotação rotativa moderada com altura média de 30 cm.

IAF = índice de área foliar, IL = interceptação de luz, DPP = densidade populacional de perfilhos, PMP = peso médio de perfilhos, AF = acúmulo de forragem, MF = massa de forragem, PF = proporção de folha, PC = proporção de colmo, PM = proporção de material morto, AFE = área foliar específica, BR0 = biomassa radicular antes do ensaio de decomposição, BR7 = biomassa radicular após o ensaio de decomposição por 256 dias, BRT = biomassa radicular após o ensaio de decomposição (média dos valores de todos os tempos: 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias, C = carbono, N = nitrogênio, PoolC = pool de carbono, PoolN = pool de nitrogênio, C:N = relação carbono e nitrogênio, CEL = celulose, LIG = lignina, LIG:N = relação lignina e nitrogênio, NFDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido, NFDA:N = relação nitrogênio insolúvel em detergente ácido e nitrogênio, LIG:NFDA = relação lignina e nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

5 DISCUSSÃO

5.1 Acúmulo de forragem e interceptação luminosa

Os pastos sob LC apresentaram maior AF que os pastos sob LRL e LRM (Tabela 3), os quais atingiram maiores alturas do dossel, tiveram maior percentual de desfolhação (33,4 e 46,7%, respectivamente) e demoraram mais para recuperar a área foliar. No terço final da curva de restabelecimento da área foliar após o pastejo, o aumento em IAF no dossel aumenta a taxa de respiração para que os tecidos menos fotossinteticamente ativos sejam mantidos. Este processo se intensifica quando o dossel intercepta 95% da radiação solar incidente e pode ter resultado em menor AF nos pastos sob LRL e sob LRM, os quais apresentaram IL próxima de 100%, indicando auto-sombreamento nos dosséis (BROUGHAM; GLENDAY, 1967) que explica os resultados.

Devido à IL apresentar correlação com a altura e com o IAF (PEDREIRA; PEDREIRA; SILVA, 2007), dosséis mantidos mais altos (30 cm) apresentaram maiores IL (Tabela 4). A IL e o IAF apresentam estreita relação com a capacidade fotossintética do dossel e afetam o AF (PARSONS et al., 1983). Uma pequena diferença em altura pode ser suficiente para que folhas se sobreponham às outras quando há competição por luz (HAYNES, 1980). Em pastos sob lotação tanto contínua (SILVA et al., 2016; YASUOKA et al., 2018) quanto rotativa (PEDREIRA; PEDREIRA; SILVA, 2007; GIMENES et al., 2011) foi relatado maior AF em dosséis mais altos.

5.2 Massa de forragem, composição morfológica e índice de área foliar

Com os valores de MF foi possível quantificar outras respostas de interesse, tais como: o AF, as proporções dos componentes morfológicos (PF, PC e PM), a AFE e o IAF. Os pastos sob LRL e sob LRM apresentaram maior MF acompanhada de menor PC e PM, apesar de terem atingido IL mais próxima de 100%, que consiste numa condição relacionada à maior senescência dos tecidos. Pesquisas sobre gramíneas de clima tropical, respectivamente com o capim Mombaça (CARNEVALLI et al., 2006) e com o capim Xaraés (PEDREIRA; PEDREIRA; SILVA, 2007), apontaram que após desfolhação, os perfilhos inicialmente priorizam surgimento e desenvolvimento de novas folhas para que restabeleçam o aparato fotossintético até o dossel forrageiro atinja 95% de IL, quando se intensifica uma maior competição por luz dentro da comunidade vegetal, a qual resulta em maior senescência dos tecidos ou dos órgãos (i. e., em aumento da PM). Em contrapartida, isto não foi observado nos pastos sob LRL e LRM com relação à composição morfológica, mesmo estes tratamentos apresentando IAF elevados (Tabela 5). Uma explicação pode ser o fato dos mesmos demorarem mais para atingir altura de pré-pastejo, o que

faz com que as folhas senesçam, se desprendam e se decomponham no solo, sem que possam ser contabilizadas nos percentuais de componentes morfológicos (ALMEIDA, 2018).

A disposição dos componentes morfológicos no dossel foi afetada pela altura média, de forma que os pastos mais baixos (20 cm) apresentaram menor MF, mas com maior PF e com menor PC e PM. É sabido que em pastos mantidos mais baixos, há menor alongamento de colmo por haver menor auto-sombreamento e por esta razão, apresentam menor PC e PM. Por outro lado, pastos mantidos mais altos resultam em aumento no tamanho das folhas como uma resposta para aumentar interceptação de luz (GIACOMINI et al., 2009; MARTUSCELLO et al., 2009).

É possível que o padrão de resposta supracitado tenha ocorrido nos pastos sob LRL e LRM pelo fato de terem apresentado maiores AFE que os pastos sob LC (Tabela 5), que por sua vez foi acompanhada de maior IAF. Uma vez que apresentam maior taxa fotossintética que outros componentes morfológicos para incorporar o carbono atmosférico na biomassa vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2017), as folhas desenvolvem relevante função nas plantas forrageiras pelo fato de serem desfolhadas sucessivamente por herbívoros, o que faz com que respondam morfofisiologicamente ao impacto do método de pastejo. Em pastos sob lotação rotativa, folhas remanescentes após desfolhação apresentam eficiência fotossintética reduzida por serem mais velhas e terem se desenvolvido em ambiente sombreado do que folhas de dosséis sob lotação contínua.

5.3 Densidade populacional de perfilhos e peso médio de perfilhos

Quando o dossel intercepta mais de 95% de IL tanto em pastos sob lotação rotativa quanto sob lotação contínua, o ambiente luminoso se altera no interior dossel de forma que a relação vermelho:vermelho distante se reduz (GAUTIER; VARLET-GRANCHER; HAZARD, 1999) – faixa espectral responsável por priorizar o suprimento de fotoassimilados para manutenção dos perfilhos velhos em detrimento dos perfilhos novos, a qual faz com que o pasto apresente um menor número de perfilhos maiores e mais pesados (DEREGIBUS; SANCHEZ; CASAL, 1983; MATTHEW, 2000). Por esta razão, os dosséis que interceptam mais que 95% de radiação solar, independentemente do método de pastejo adotado, apresentam menor DPP e maior PMP.

Os pastos sob LRL e LRM e os pastos mantidos com maior altura média (30 cm) apresentaram maior PMP (Tabela 7) mesmo tendo todos os pastos apresentado DPP similares. Uma possível explicação para isso é o fato do PMP ser calculado por meio da divisão do valor de DPP pelo valor de MF.

5.4 Composição química e ensaio de decomposição da biomassa radicular

Em condições que os dosséis forrageiros são mantidos mais baixos os perfilhos, além de menores tamanhos e pesos, apresentam sistemas radiculares com raízes menores porque sua biomassa aérea possivelmente exerce menor efeito amortecedor sobre o peso dos animais em pastejo por eles terem menos tecidos designados à estrutura anatômica. Tal efeito resulta em menor resistência para que as raízes penetrem e descompactem o solo, fazendo com que as mesmas se apresentem mais próximas da superfície do solo e o descompacte menos (LIMA et al., 2018). É possível que tal efeito tenha ocorrido no solo dos pastos sob LC mantidos mais baixos (i. e., com 20 cm), uma vez que apresentaram menor PMP (Tabela 7) e menor de BR0 (Tabela 8).

Os pastos sob LRM sofreram maior remoção do estrato forrageiro de seus dosséis (i. e., 46,2%) que os pastos sob LC e LRL (i. e., 18,2% e 33,3%, respectivamente), apresentando, portanto, períodos mais longos para restabelecerem morfosilogicamente a comunidade de plantas no que se refere aos órgãos vegetais tanto acima quanto abaixo da superfície do solo após serem desfolhados. Em plantas mais velhas, ocorre redução nos componentes do interior celular (e. g., proteínas ou carboidratos solúveis) e elevação nos componentes da parede celular (e. g., CEL ou LIG), independentemente de os órgãos serem folhas, colmos ou raízes. Possivelmente, os pastos sob LRM apresentaram tecidos radiculares com uma maior concentração de componentes recalcitrantes na parede de suas células (e. g., esclerênquima) e este fato, pode ter resultado em maior BRT nos mesmos (Tabela 11). A composição dos tecidos vegetais e o ambiente edafoclimático explicam aproximadamente 90% do processo de decomposição (ZHANG et al., 2008), sendo que estes fatores são considerados os principais fatores que afetam a dinâmica da biomassa radicular durante as etapas de decomposição dos tecidos (SILVER; MIYA, 2001).

Em pastos sob LRM, a menor quantidade radiação solar não interceptada pelos seus dosséis forrageiros (3,4%) pode ter chegado até o solo e ter aumentado a umidade do solo, o que, do ponto de vista de condição ambiental, favorece os microrganismos decompositores edáficos que mantêm o funcionamento fisiológico adequado dentro de uma faixa ótima de temperatura e de umidade (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Tal fato, por outro lado, não foi suficiente para que a BRT foi menor nestes pastos, levando ao entendimento de que a umidade e a temperatura do solo de forma isolada não explicam o quão a biomassa vegetal se decompõe mais ou menos rapidamente e devendo a composição química dos tecidos ser levada em conta. Em pastos de capim Elefante [*Pennisetum purpureum* (Schumach.)] submetidos a taxas de lotação animal e a níveis de adubação nitrogenada, houve uma maior decomposição da biomassa radicular no segundo de dois períodos de 512 dias de incubação avaliados, o que foi atribuído à combinação entre a maior precipitação e a composição química menos recalcitrante (SILVA et al., 2015).

No presente estudo, a biomassa radicular foi menos decomponível nos pastos sob LRM (Tabela 11), o que pode ser explicado por ela ter apresentado concentração menor de N e maior quantidade de CEL, além de maior relação LIG:N. Quanto menor a concentração de N numa determinada biomassa vegetal mais lento será a sua decomposição (ZHANG et al., 2008), uma vez que isto faz com que ocorra redução da população microbiana edáfica por reduzirem sua atividade enzimática. Ao analisar a concentração de N na biomassa vegetal durante o processo de decomposição, o N pode ser advindo ou dos componentes não estruturais da célula (e. g., proteínas) ou dos componentes estruturais da célula (e. g., nitrogênio aderido à fibra). No final da decomposição, o acesso da microbiota ao N que permaneceu aderido no tecido vegetal pode ser limitado devido à natureza recalcitrante da CEL e da LIG (BERG; MCCLAUGHERTY, 2014) e nesta condição, o N é denominado nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NFDA).

Apesar da concentração de NFDA remanescente na BRT ter sido menor nos pastos sob LRL e LRM e a concentração de LIG não ter sido afetada pelo método de pastejo, a relação LIG:N foi maior nestes pastos e explica que a BRT tenha sido maior em pasto sob LRM (Tabela 11). Em estudos sobre a decomposição de resíduos vegetais acima da superfície do solo (littera), foi relatado que a relação LIG:N seria um adequado indicador da velocidade com que tal biomassa se decompõe (ZHANG et al., 2008; CHEN et al., 2017), sobretudo nos estágios finais do referido processo (HEAL et al., 1997). Conforme a decomposição avança, a tendência é que a concentração de LIG aumente na biomassa remanescente porque os compostos menos recalcitrantes vão se decompondo mais rapidamente e compostos mais recalcitrantes vão se decompondo mais lentamente (SILVER; MIYA, 2001). A concentração de LIG está relacionada com a sustentação da planta e com a proteção física da célula vegetal contra o ataque dos microrganismos patogênicos quando viva e dos decompositores enquanto morta ao conteúdo celular. Por esta razão, a LIG impacta negativamente o processo de decomposição da biomassa radicular (AUSTIN; BALLARE, 2010), se decompondo somente devido à ação de fungos altamente especializados que possibilitam o acesso a este tipo de substratos por meio de suas hifas e que produzem e secretam enzimas específicas para tal (BANI et al., 2018). Ao considerarem a decomposição como um todo (i. e., não somente a sua etapa inicial, intermediária ou final), Chen et al. (2017) verificaram que a concentração de LIG explicou 60% da taxa com que a biomassa radicular se decompõe.

As plantas forrageiras se adaptam a diferentes estratégias de manejo do pastejo impostas para assegurar sua perenidade e por esta razão, o esperado era que os pastos manejados com altura média do dossel 30 cm apresentassem menor DPP e maior concentração de CEL, LIG e NFDA na sua BRT por eles terem apresentado maior PMP (Tabela 7), maior PC, maior PM, maior IAF (Tabela 6) e IL (Tabela 3). Por outro lado, tais pastos apresentaram menor concentração de N e

maior relação C:N na BRT, as quais normalmente são consideradas melhores índices nas etapas iniciais do processo de decomposição da biomassa radicular (WOLF; SNYDER, 2003). Ao serem mantidos mais altos, os pastos normalmente apresentam IAF (mais elevado) associado a maiores PC e PM resultantes auto-sombreamento no dossel. Nesta condição, a planta apresenta maior proporção de tecidos destinados à sua sustentação e fixação no solo, tais como o colênquima (em folhas e colmos) e o esclerênquima (em folhas, colmos e raízes), os quais são constituídos por células densamente agrupadas, com paredes celulares mais espessas (PACIULLO, 2002), que dificultam a ação dos microrganismos edáficos na biomassa vegetal tanto aérea quanto subterrânea devido a maiores concentrações de CEL e LIG (BERG; MCCLAUGHERTY, 2008).

5.5 Carbono orgânico do solo

Nos ecossistemas pastoris, o carbono orgânico no solo pode ser afetado pela forma como o dossel é desfolhado (URQUIAGA et al., 2010) porque a deposição e a decomposição dos órgãos vegetais tanto acima quanto abaixo da superfície do solo são afetadas (DUBEUX et al., 2006). As práticas de manejo impostas em determinados pastos podem alterar o interior do dossel forrageiro, a composição química da biomassa vegetal e o ambiente edáfico (e. g., temperatura, umidade e microbiota), interferindo na velocidade em que folhas, colmos e raízes se decompõem e, portanto, a quantidade de matéria orgânica e de carbono orgânico do solo sob as pastagens é afetada.

No presente estudo, o teor de COS nos pastos sob LC foi menor quando os dosséis foram mantidos mais baixos (20 cm; Tabela 13). Geralmente, duas premissas são apontadas para que alguns pastos apresentem maior teor de COS que outros: na primeira, mais biomassa deve depositada do que decomposta e na segunda, o processo para que a biomassa se decomponha deve ocorrer mais lentamente (CORREIA et al., 2015). Pastos mantidos mais baixos apresentam renovação mais acelerada de plantas (ZANINE et al., 2013), as quais por serem mais jovens apresentam tecidos com paredes celulares menos espessas em função de menor concentração de CEL e LIG nos seus órgãos (PACIULLO, 2002), fazendo com que a biomassa vegetal, seja proveniente de folhas, colmos ou raízes se decomponha mais facilmente pela microbiota do solo (BERG; MCCLAUGHERTY, 2008).

Pastos submetidos a maiores intensidades de pastejo são menos beneficiados com contribuição de resíduos vegetais e mais beneficiados com contribuição de excretas animais, proporcionando matéria orgânica do solo mais lábil (SOUZA et al., 2008). Um estudo impondo taxas de lotação e níveis de adubação nitrogenada em pastos de capim elefante [*Pennisetum purpureum* (Schum.)] revelou que a maior taxa de lotação (5,8 UA ha⁻¹) promoveu redução no teor de COS

presente na fração leve da matéria orgânica (SILVA et al., 2019), a qual consiste numa condição em que o sistema radicular tem seu desenvolvimento prejudicado pelo solo oferecer maior resistência às raízes (LIMA et al., 2018). Isto sugere que os pastos devam ser manejados de forma que permita uma deposição mínima de biomassa para manter um estoque de carbono.

5.6 Relações entre respostas da parte aérea / subterrânea e carbono orgânico do solo

Com a análise multivariada foi possível identificar quatro grupos de tratamentos, os quais poderiam ser considerados como quatro tratamentos ao invés de seis tratamentos. O grupo 1 (quadrante superior direito) do PC1 equivaleu ao cluster 2, o grupo 2 (quadrante superior direito) equivaleu ao cluster 3, o grupo 3 (quadrante superior esquerdo) equivaleu ao cluster 4, e o grupo 4 (quadrante inferior esquerdo) equivaleu ao cluster 1. Os grupos visualizados no biplot e no heatmap foram equivalentes, demonstrando que estas análises são eficientes para explicar e visualizar mais facilmente o comportamento das relações entre variáveis das plantas forrageiras acima e abaixo da superfície do solo e para ser utilizadas como ferramenta nas tomadas de decisões de manejo.

As respostas de IAF, IL, AFE e PMP presentes no quadrante superior direito do biplot (Figura 5 e 6) se correlacionam positivamente e biologicamente porque pastos com dosséis mais altos atingem maior IAF e interceptam mais luz devido suas folhas se adaptarem ao auto-sombreamento de forma que apresentam maior AFE, maior PMP e menor DPP, maior BR0 e maior COS. As respostas de concentração de C e de relação C:N da BRT presentes no quadrante superior esquerdo do biplot (Figura 5 e 6) se correlacionam positivamente e biologicamente porque pastos com dosséis mais altos apresentam maior PC e PM e se correlacionam negativamente e biologicamente com menor PF e com menor N na BRT em pastos com dosséis mais baixos.

6 CONCLUSÃO

Os métodos de pastejo apresentaram respostas produtivas distintas no pastos e mesmo tendo sido comparados por meio de alturas médias equivalentes, os pastos de capim Mulato II sob lotação contínua produziram mais forragem do que os pastos sob lotação rotativa leniente e moderada. Sob lotação rotativa moderada, os pastos de capim Mulato II apresentam maior BRT, com concentração menor de N e maior de CEL e maior relação LIG:N, o que sugere que estes estocam COS por mais tempo e sob lotação contínua, os pastos de capim Mulato II apresentam menor BRT, com concentração menor de CEL e maior relação LIG:N, o que sugere que estes armazenam COS por menos tempo. Embora tenham apresentado menor COS, o ensaio de decomposição permite inferir que os pastos sob lotação contínua com 20 cm de altura média contribuem com a fertilidade do solo por terem apresentado composição química menos recalcitrante da BRT que permite mineralização mais rápida de nutrientes.

REFERÊNCIAS

ABIEC. **Beef report 2020: perfil da pecuária no Brasil**. Disponível em: <<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

ALMEIDA, O. G. de. **Acúmulo , composição morfológica , e valor nutritivo da forragem do capim Convert HD 364 em resposta ao manejo do pastejo sob lotação contínua e rotativa**. 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. 26. ed. São Paulo: IEG FNP / Agribusiness Intelligence, 2019.

APOLINÁRIO, V. et al. Deposition and decomposition of signal grass pasture litter under varying nitrogen fertilizer and stocking rates. **Agronomy Journal**, v. 105, p. 999–1004, 2013.

ARGEL, P. et al. **Cultivar Mulato II (Brachiaria híbrida CIAT 36087): gramínea de alta qualidade e produção forrageira, resistente a cigarrinhas e adaptada a solos tropicais ácidos**. 1. ed. [s.l.: s.n.]

BANEGAS, N. et al. Non-linear dynamics of litter decomposition under different grazing management regimes. **Plant and Soil**, v. 393, n. 1–2, p. 47–56, 2015.

BANI, A. et al. The role of microbial community in the decomposition of leaf litter and deadwood. **Applied Soil Ecology**, v. 126, p. 75–84, 2018.

BARBERO, L. M. et al. Respostas morfogênicas e estruturais de plantas tropicais submetidas à desfolhação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, p. 321–330, 2015.

BERG, B.; MCCLAUGHERTY, C. **Plant litter decomposition, humus formation, carbon sequestration**. 3. ed. Berlin: Springer, 2014.

BROUGHAM, R.; GLENDAY, A. Grass growth in mid-summer: a re-interpretation of published data. **Journal of the British Grassland Society**, v. 22, p. 100–107, 1967.

BURNEY, J.; DAVIS, S.; LOBELL, D. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. v. 107, p. 1–6, 2010.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2. ed. [s.l: s.n.]

CEPEA. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

CORSI, M.; MARTHA JR, G.; PAGOTTO, D. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: MATTOS, W. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 838–852.

DAVIDSON, R. Root systems: the forgotten component of pastures. In: WILSON, J. (Ed.). **Plant relations in pastures**. 1. ed. East Melbourne: CSIRO, 1978. p. 86–94.

DEMSKI, J. B. et al. Milk production and ingestive behavior of COWS grazing on marandu and mulato ii pastures under rotational stocking. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, 2019.

DEREGIBUS, V. A.; SANCHEZ, R. A.; CASAL, J. J. Effects of Light Quality on Tiller Production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, v. 72, p. 900–902, 1983.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. [s.l: s.n.]

DONAGEMMA, G. K. et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2011.

DUBEUX, J. C. B. et al. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**. v. 1304, p. 1299–1304, 2006.

DUCHICELA, J. et al. succession along an abandoned agricultural field chronosequence in the Soil aggregate stability increase is strongly related to fungal community succession along an

abandoned agricultural field chronosequence in the Bolivian Altiplano. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, p. 1266–1273, 2013.

FISHER, M. J. et al. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, v. 371, p. 236–238, 1994.

FRESCHET, T. et al. Linking litter decomposition of above- and below-ground organs to plant – soil feedbacks worldwide. p. 943–952, 2013.

GARCIA-PAUSAS, J. et al. Decomposition of labelled roots and root-C and -N allocation between soil fractions in mountain grasslands. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 49, p. 61–69, 2012.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering Responses to the Light Environment and to Defoliation in Populations of Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L .) Selected for Contrasting Leaf Length. **Annals of Botany**, v. 83, p. 423–429, 1999.

GIACOMINI, A. A. et al. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 733–741, 2009.

GIMENES, F. M. de A. et al. Ganho de peso e produtividade animal em capim - marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, n. 46, p. 751–759, 2011.

HERRERO, M. et al. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop–livestock systems. **Science**, v. 327, p. 822–825, 2010.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. 4. ed. [s.l.] 1990, 1990.

KIRSCHBAUM, M. U. F. et al. Science of the Total Environment The trade-offs between milk production and soil organic carbon storage in dairy systems under different management and environmental factors. **Science of the Total Environment, The**, v. 577, p. 61–72, 2017.

LALA, B. et al. The brazilian green beef: the importance of pasture management for animal performance and quality of the meat. In: FURQUIM, N. R. (Ed.). **Beef: production and**

management practices. 1. ed. Dracena: Nova Science Publishers, 2018. p. 151–174.

LANGER, R. Tillering in herbage grass: a review. **Herbage Abstracts**, v. 33, p. 141–148, 1963.

LATAWIEC, A. E. et al. Suriname: Reconciling agricultural development and conservation of unique natural wealth. **Land Use Policy**, v. 38, p. 627–636, 2014.

LIMA, H. et al. Soil attributes of a silvopastoral system in Pernambuco Forest Zone Atributos del suelo en un sistema silvopastoril en la “ Zona da Mata ”, Pernambuco , Brasil. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 6, p. 15–25, 2018.

LIU, K. et al. Grazing intensity and nitrogen fertilization affect litter responses in ‘Tifton 85’ Bermudagrass pastures: II. decomposition and nitrogen mineralization. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 163–168, 2011.

MARQUES, D. L. et al. Production and chemical composition of hybrid Brachiaria cv. Mulato II under a system of cuts and nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, v. 33, p. 685–696, 2017.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Produção de gramíneas do gênero Brachiaria sob níveis de sombreamento Genus Brachiaria grass yields under different shade levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1183–1190, 2009.

MATTHEW, C. et al. 1-s2.0-S0305736485711353-main.pdf. **Annals of Botany**, v. 76, p. 579–587, 1995.

MATTHEW, C. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: Cabi Publishing, 2000. p. 127–150.

MGANGA, K. Z. et al. Grass and Forage Science The choice of grass species to combat desertification in semi-arid Kenyan rangelands is greatly influenced by their forage value for livestock. **Grass and Forage Science**, p. 161–167, 2013.

NADAL-ROMERO, E. et al. Science of the Total Environment How do soil organic carbon stocks change after cropland abandonment in Mediterranean humid mountain areas? **Science of**

the **Total Environment, The**, v. 566–567, p. 741–752, 2016.

NELSON, L. et al. Soil Biology & Biochemistry Digging into the roots of belowground carbon cycling following seven years of Prairie Heating and CO₂ Enrichment (PHACE), Wyoming USA. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 115, p. 169–177, 2017.

PACIULLO, D. S. C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. **Ciencia Rural**, v. 32, p. 357–364, 2002.

PARSONS, A. J. et al. The Physiology of Grass Production Under Grazing . II . Photosynthesis , Crop Growth and Animal Intake of Continuously-Grazed Swards. **British Ecological Society**, v. 20, p. 127–139, 1983.

PARSONS, A. J.; PENNING, P. D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis , leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, v. 43, p. 15–27, 1988.

PEDREIRA, B.; PEDREIRA, C.; SILVA, S. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 1, p. 281–287, 2007.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633–1644, 2007.

PEQUENO, D. N. L. et al. Forage accumulation and nutritive value of brachiariagrasses and Tifton 85 bermudagrass as affected by harvest frequency and irrigation. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 5, p. 1741–1749, 2015.

PIÑEIRO, G. et al. Pathways of grazing effects on soil organic carbon and nitrogen. **Rangeland Ecology and Management**, v. 63, p. 109–119, 2010.

RAMALHO, I. O. et al. Deposition and decomposition of litter in periods of grazing and rest of a tropical pasture under rotational grazing. **Ciencia Rural**, v. 49, n. 12, p. 1–8, 2019.

RAVEN, P.; EVERT, R.; EICHHORN, S. **Biology of plant**. 6. ed. [s.l: s.n.]

SARAIVA, F. M. et al. Root development and soil carbon stocks of tropical pastures managed under different grazing intensities. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 2, n. 3, p. 254–261, 2014a.

SARAIVA, F. M. et al. Root development and soil carbon stocks of tropical pastures managed under different grazing intensities. v. 2, p. 254–262, 2014b.

SBRISSIA, A. F. et al. Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermudagrass swards. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 38, n. 12, p. 1459–1468, 2003.

SBRISSIA, A. F. et al. Tillering Dynamics in Palisadegrass Swards Continuously Stocked by Cattle
Linked references are available on JSTOR for this article : Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. v. 206, n. 2, p. 349–359, 2010.

SILVA, H. M. S. et al. Signal grass litter decomposition rate increases with inclusion of calopo. **Crop Science**, v. 5, p. 1416–1423, 2012.

SILVA, H. M. S. et al. Stocking rate and nitrogen fertilization affect root decomposition of elephantgrass. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 4, p. 1331–1338, 2015a.

SILVA, H. M. S. et al. Stocking rate and nitrogen fertilization affect root decomposition of elephantgrass. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 4, p. 1331–1338, 2015b.

SILVA, H. M. S. et al. Root decomposition of grazed signalgrass in response to stocking and nitrogen fertilization rates. **Crop Science**, v. 59, n. 2, p. 811–818, 2019.

SILVA, V. J. et al. Canopy height and nitrogen affect herbage accumulation, nutritive value, and grazing efficiency of ‘Mulato II’ brachiariagrass. **Crop Science**, v. 56, n. 4, p. 2054–2061, 2016.

SILVER, W. L.; MIYA, R. K. Global patterns in root decomposition : comparisons of climate and litter quality effects. **Oecologia**, v. 129, p. 407–419, 2001.

SMITH, S. W. et al. Root traits predict decomposition across a landscape-scale grazing experiment.

v. 203, p. 851–862, 2014.

SOLLENBERGER, L. et al. Prescribed grazing on pasturelands. In: NELSON, C. (Ed.). **Conservation outcomes from pastureland and hayland practices: assessment, recommendations, and knowledge gaps**. 1. ed. Lawrence: ALLEN PRESS, 2012. p. 111–204.

SOUSA, B. M. de L. et al. Piata palisade grass deferred with two distinct initial heights: luminous environment and tillering dynamics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 1, p. 36–43, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: ARTIMED, 2017.

TRUJILLO, W.; FISHER, M. J.; LAL, R. Root dynamics of native savanna and introduced pastures in the Eastern Plains of Colombia. **Soil and Tillage Research**, v. 87, n. 1, p. 28–38, 2006.

VALLE, C. B. et al. Melhoramento genético de Brachiaria. In: EMBRAPA (Ed.). **Melhoramento de Forrageiras Tropicais**. 1. ed. [s.l: s.n.]p. 293.

YASUOKA, J. I. et al. Canopy height and N affect herbage accumulation and the relative contribution of leaf categories to photosynthesis of grazed brachiariagrass pastures. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 1, p. 183–192, 2018.

ZANINE, A. de M. et al. Tillering dynamics in Guinea grass pastures subjected to management strategies under rotational grazing. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 3, p. 155–161, 2013.

ZHANG, D. et al. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. **Journal of Plant Ecology**, v. 1, p. 85–93, 2008.