

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

**Efeitos do manejo pastoril em campo nativo do Rio Grande do Sul sobre a
atividade e diversidade de detritívoros**

Bruna Claudia da Silva Jorge

Orientador: Prof. Dr. Valério De Patta Pillar

Coorientadora: Dra. Bruna Raquel Winck

Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado ao
Instituto de Biociências – UFRGS, como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel do curso de Ciências
Biológicas.

Porto Alegre, junho de 2018.

Artigo Científico

No formato para submissão na revista Perspectives in Ecology and Conservation.

EFEITOS DO MANEJO PASTORIL EM CAMPO NATIVO DO RIO GRANDE DO SUL SOBRE A ATIVIDADE E DIVERSIDADE DE DETRITÍVOROS

Bruna Claudia S. Jorge¹, Bruna R. Winck¹, Felícia M. Fischer¹ e Valério De Patta Pillar¹

¹ Laboratório de Ecologia Quantitativa, Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil

EFEITOS DO MANEJO PASTORIL EM CAMPO NATIVO DO RIO GRANDE DO SUL SOBRE A ATIVIDADE E DIVERSIDADE DE DETRITÍVOROS

Bruna Claudia S. Jorge^{1*}, Bruna R. Winck¹, Felícia M. Fischer¹ e Valério De Patta Pillar¹

¹ Laboratório de Ecologia Quantitativa, Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil

* autor correspondente (brunnaclaudia@hotmail.com)

Resumo: Os campos sulinos são ecossistemas campestres naturais que garantem importantes serviços ecossistêmicos, com destaque o uso como forragem para produção animal. Entretanto, o manejo inadequado da intensidade de pastejo nestas áreas pode afetar processos funcionais que garantem a manutenção deste serviço, como a ciclagem de nutrientes, que é um processo regulado pela comunidade de detritívoros do solo que exerce grande influência na comunidade vegetal e qualidade do solo. Neste contexto, este trabalho objetivou avaliar os efeitos de diferentes intensidades de pastejo do campo sobre a atividade de detritívoros utilizando *Bait-lamina* e a diversidade e composição da comunidade colêmbolos pelos métodos de Berlese-Tüllgren e armadilhas *pitfall*. Os tratamentos consistiram de três intensidades de desfolhação determinadas pela soma de graus-dia (°C), sendo: 150 (desfolhação intensa) 300 (desfolhação moderada) e 750 (desfolhação leve), delimitadas em oito blocos com três parcelas de 0,5 x 0,5m cada. Para analisar o efeito dos tratamentos sobre a composição de colêmbolos, foi realizada análise multivariada com permutação (PERMANOVA) e os táxons que mais contribuíram para a dissimilaridade foram determinados pela porcentagem de similaridade (SIMPER). Para coletas com método Berlese-Tüllgren observou-se efeitos da intensidade de pastejo na distribuição da abundância dos táxons entre os tratamentos com intensidade de desfolhação intensa e moderada ($P = 0,0025$) sendo que os táxons *Arlea*, *Onychiurus* e *Psammisotoma* contribuíram com 38 % desta diferença. A atividade de detritívoros tendeu a ser menor nas maiores intensidades de desfolhação, porém não variou estatisticamente entre os tratamentos. Os resultados indicam que as intensidades de pastejo simulado podem afetar a comunidade de colêmbolos possivelmente pelas mudanças na disponibilidade de recursos, indicando que pode haver efeito dos tratamentos nos processos funcionais do solo, como a ciclagem de nutrientes.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes; Collembola; Pampa; Campos sulinos; Pastejo simulado;

1. INTRODUÇÃO

Os Campos Sulinos são formados por ecossistemas campestres pertencentes aos biomas Pampa e Mata Atlântica e se estendem sobre a região sul do Brasil, no Uruguai e na Argentina (Pillar et al., 2009). Estes ecossistemas garantem importantes serviços ambientais, tais como manutenção da biodiversidade e de recursos genéticos, polinização, regulação climática pelo sequestro de carbono no solo e, principalmente, produção de alimento por ser fonte forrageira para a atividade pastoril (Pillar et al., 2012; Pillar et al., 2009).

Nas últimas décadas, os campos sulinos sofreram drástica redução da sua área, com remanescente de apenas 40% da cobertura original (Vélez-Martin et al., 2015). As principais ameaças às áreas de campo são a conversão em lavouras (*i.e.* arroz e soja) e silvicultura (*i.e.* eucalipto e pinus), além do manejo inadequado da pecuária. O manejo quando realizado de forma intensiva pode levar à substituição e/ou perda de espécies de plantas, diminuindo a quantidade e qualidade da forragem disponível para os animais (Overbeck et al., 2007). Esta simplificação da comunidade vegetal pode ocasionar a redução das entradas de material orgânico no solo, afetando negativamente a biota edáfica e, portanto, a decomposição da matéria orgânica (Postma-Blaauw et al., 2010). A perda de biodiversidade pode resultar na redução de serviços e processos ecossistêmicos destes ambientes, bem como de sua estabilidade (Hautier et al., 2018). Sendo assim, o manejo pastoril adequado do campo nativo é uma das melhores estratégias para sua conservação, pois além de ser um dos principais fatores que mantém a eco-fisionomia do campo nativo, também favorece a manutenção da biodiversidade (Carvalho & Batello, 2009; Pillar et al., 2009)

A decomposição da serapilheira é a principal entrada de matéria orgânica no solo, além de ter efeito direto na ciclagem de nutrientes e melhoria da fertilidade do solo

(Hättenschwiler et al., 2005; Swift et al., 1979). Dentre diversos fatores que regulam o processo de decomposição, destaca-se a atividade e diversidade de detritívoros do solo, que são compostos por microrganismos e artrópodes, tais como ácaros, colêmbolos, isópodes, diplópodes, minhocas, cupins e alguns besouros (Lavelle, 1996; Hättenschwiler et al., 2005; Seastedt, 1984; Wang et al., 2009). A fragmentação da serapilheira, feita pelos detritívoros, afeta as taxas de decomposição (Swift et al. 1979) e de mineralização de nutrientes (Verhoef & Brussaard, 1990) e, portanto, o funcionamento do ecossistema (Barrios, 2007; de Vries et al., 2013).

O grupo Collembola abrange microartrópodes com tamanho variando de 0,2 a 3 mm, que são muito abundantes e diversos no solo, sendo considerado um dos principais detritívoros do solo (Zeppelini & Bellini 2004). Os colêmbolos podem ser divididos em três grupos funcionais definidos com base em seu hábito alimentar e na posição em que vivem no solo (Chahartaghi et al., 2005; Cole et al., 2006; Gisin, 1943). O grupo epiedáfico inclui as espécies que vivem na superfície do solo e se alimentam preferencialmente de fungos e material orgânico de alta qualidade. O grupo euedáfico é composto por espécies de colêmbolos que vivem dentro do solo e alimentam-se de fungos, algas, bactérias, compostos orgânicos e também são predadores oportunistas. Por fim, o grupo hemiedáfico é composto por colêmbolos que vivem na interface solo-serapilheira, apresentando características ecológicas intermediárias entre o grupo epiedáfico e euedáfico.

Os colêmbolos atuam no processo de decomposição no solo se alimentando de microrganismos (principalmente fungos) e de matéria orgânica em decomposição (Chamberlain et al., 2006; Cragg and Bardgett, 2001; Mebes and Filser, 1998; Lavelle, 1996; Winck et al., 2017), além de serem capazes de mudar a distribuição de nutrientes no solo através da liberação milhões de pelotas fecais ricas em nutrientes (Hopkin,

2002) e serem muito sensíveis às mudanças do habitat, sendo considerados bioindicadores da qualidade do solo (Baretta et al., 2008; Ponge et al., 2003). Apesar do seu importante papel ecológico, os colêmbolos são pouco estudados no Brasil. Globalmente estima-se que a riqueza total de colêmbolos é de 24000 espécies, mas atualmente estão registradas cerca de 8000 espécies (Wall, 2001). No Brasil 270 espécies foram catalogadas, sendo apenas duas destas registradas no Rio Grande do Sul (Abrantes et al., 2010). Devido ao seu tamanho diminuto e falta de dados há uma grande lacuna no conhecimento sobre estes detritívoros do solo, o que justifica a importância desse estudo. Além disso a maioria dos estudos brasileiros com colêmbolos visam a descrição taxonômica das espécies, mas poucos visam entender como estes organismos respondem às mudanças do solo e como eles afetam os processos ecossistêmicos, sobretudo em regiões campestres.

Este trabalho objetiva estudar os efeitos da intensidade de desfolhação na diversidade e atividade de detritívoros do solo, especificamente colêmbolos, em um ecossistema campestre. Para isso, será utilizado um experimento com simulação de pastejo através de diferentes intensidades de cortes periódicos da vegetação, causando a diminuição da biomassa em três níveis diferentes, onde visamos avaliar: 1) resposta da estrutura e composição da comunidade de colêmbolos aos diferentes níveis de intensidade de desfolhação; 2) efeito de diferentes intensidades de desfolhação no processo de decomposição do solo através de um indicador (proxy), que é a atividade de detritívoros. Nós hipotetizamos que a desfolhação intensa causada pelo pastejo simulado afete negativamente a estrutura e composição da comunidade de colêmbolos do solo e reduza as taxas de decomposição devido às mudanças causadas nas condições microclimáticas e na disponibilidade de recursos para a biota edáfica. Especificamente, hipotetizamos que: 1) a redução na biomassa vegetal, causada pela desfolhação intensa,

reduza a abundância e atividade de detritívoros do solo devido à maiores flutuações de temperatura e umidade causadas pela menor cobertura do solo; 2) espera-se uma relação direta entre mudanças na comunidade de plantas e de detritívoros do solo uma vez que a qualidade, quantidade e diversidade dos resíduos orgânicos adicionados pela vegetação podem também alterar a estrutura e composição da comunidade de detritívoros do solo e sua atividade (Hättenschwiler et al., 2005; Podgaiski et al., 2011; Postma-Blaauw et al., 2010).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo e Desenho Experimental

O estudo foi realizado em uma área de campo nativo na Estação Experimental Agronômica da UFRGS (30°05'27"S, 51°40'18"W a 46 m a.n.m), município de Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. O clima é classificado pela escala de Köppen-Geiger como Cfa (zona de transição entre clima tropical e temperado) (Peel et al, 2007). A topografia do relevo é suave ondulada e os solos predominantes são classificados como Argissolo Vermelho distrófico típico (Bergamaschi et al., 2013).

O experimento foi instalado em 2013 e consiste em oito blocos de 1,1 x 1,1m. Cada bloco contém três parcelas de 0,5 x 0,5m que foram submetidas à três diferentes tratamentos (Figura 1) distribuídos de forma aleatória dentro de cada parcelam. Os tratamentos simulam, através de cortes realizados com diferentes intensidades, a desfolhação ocasionada pelo pastejo. A intensidade de cortes foi definida pela soma térmica de 150, 300 e 750 graus-dia (°C), que é estabelecida pela soma da temperatura média de cada dia, que é somada à média dos dias anteriores. Quando alcançados os

graus correspondentes ao tratamento, a vegetação é cortada com um aparelho tosquiador à uma altura de 3 cm acima do solo. Desta forma obtivemos um gradiente de intensidade de desfolhação, sendo: 150 graus-dia (desfolhação intensa), seguido de 300 graus-dia (desfolhação moderada) e 750 graus-dia (desfolhação leve).

Vegetação

A produtividade primária foi medida quando a data de corte coincidiu entre os três tratamentos, em novembro de 2016. Todas as parcelas sofreram corte simultaneamente e não foram manejadas pelos próximos 15 dias. Após esse tempo de crescimento padrão, a biomassa de cada parcela foi cortada, seca em estufa e pesada. Posteriormente, a biomassa seca foi moída e analisada quanto às quantidades de carbono e nitrogênio foliar em analisador elementar (CHN). Por fim, foi realizado levantamento de espécies da comunidade vegetal em todas as parcelas para determinação da riqueza e diversidade de plantas.

Comunidade de Colêmbolos

A coleta de colêmbolos edáficos foi realizada em todas as parcelas em novembro de 2016. Foram utilizados dois métodos de coleta: 1) armadilhas de queda (*pitfall*) para colêmbolos epiedáficos e hemiedáficos; 2) coleta de solo com anel volumétrico (5 cm de diâmetro x 5 cm de altura) para extração de colêmbolos de todos grupos funcionais (epiedáfico, hemiedáfico e euedáfico).

No centro de cada parcela foi colocada uma armadilha de queda (*pitfall*) no nível da superfície do solo. O *pitfall* consistiu em um tubo falcon de 50 ml preenchido com

uma mistura de água e formaldeído a 4%, com detergente para romper a tensão superficial do líquido, que permaneceu em campo durante 15 dias.

As amostras de solo coletadas com anel volumétrico permaneceram por 15 dias em extrator de funis de Berlese-Tüllgren, neste método há uma fonte de calor (lâmpada) que é colocada sobre a amostra de solo, o que gera um gradiente de umidade. Os organismos que estão na amostra movem-se em direção oposta à fonte de calor, caindo no tubo coletor que contem álcool 70%.

Em laboratório, os colêmbolos coletados foram triados, clarificados e fixados em lâminas com meio Hoyer, , como descrito por Moraes e Flechtmann (2008), para então serem identificados até o nível taxonômico de gênero para organismos da família Isotomidae (Abrantes et al., 2010), Entomobryidae (Bellinger et al., 2018ab) e Onychiuridae (Pomorski et al., 2018), e até o nível de família para as demais ordens de colêmbolos (Zepellini and Bellini, 2004).

Atividade de Detritívoros do Solo

A atividade detritívora foi mensurada utilizando o ensaio de *bait-lamina* (von Torne, 1990), que representa o nível de atividade alimentar de invertebrados detritívoros. que está diretamente relacionada com os processos de decomposição que ocorrem no solo (Kratz, 1998). O método consiste em varetas (*lamina*) de plástico com 120 mm de comprimento, 6 mm de largura e 1 mm de espessura, que contém 16 orifícios preenchidos com massa alimentar (*bait*) a ser consumida pela fauna detritívora. A massa alimentar é composta de celulose em pó (70%), farinha de trigo (27%) e carvão ativado (3%) (Gestel et al., 2003).

Em cada parcela, foi disposta horizontalmente uma *bait-lamina* rente à vegetação durante 15 dias, conforme proposto por Podgaiski et al. (2011). Posteriormente, foram avaliadas com auxílio de um estereomicroscópio, contabilizando orifícios vazios ou parcialmente vazios como indicativo de atividade alimentar da fauna de superfície do solo (Gongalsky et al., 2008).

Índices Ecológicos

Os índices ecológicos foram calculados usando o software PAST v. 3.14 (Hammer, 2001). Para comunidade vegetal, foram calculados a riqueza e o índice de diversidade de Shannon. Enquanto que para a comunidade de colêmbolos foram calculados a abundância, riqueza, diversidade de Shannon, dominância, uniformidade e equitabilidade. A abundância de colêmbolos epiedáficos, avaliada através de armadilhas de queda (*pitfall*), foi considerada uma medida da atividade destes organismos.

Análise Estatística

O efeito das diferentes intensidades de desfolhação na comunidade vegetal (índices ecológicos, biomassa e nitrogênio foliar), nos índices ecológicos da comunidade de colêmbolos e na atividade de detritívoros foi avaliado através de análise univariada. Primeiramente testou-se a normalidade (Shapiro-Wilk) e a homocedasticidade (Teste de Levene) dos dados. Quanto ambas os pressupostos foram atendidas, aplicou-se uma análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas usando o teste de Tukey HSD. Quanto um dos pressupostos não foi atendido, os tratamentos foram comparados usando o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis.

Foi realizada uma análise de variância multivariada por permutação (PERMANOVA), utilizando Bray-Curtis como índice de similaridade, para avaliar a variação da composição e distribuição dos táxons de colêmbolos entre os tratamentos. Quando significativo, a contribuição de cada táxon na variação observada na PERMANOVA foi determinada pela porcentagem de similaridade (SIMPER). Por fim, utilizou-se o escalonamento multidimensional não métrico (N-MDS), utilizando Bray-Curtis como índice de similaridade, pra representar graficamente a variação observada na estrutura da comunidade de colêmbolos detectada na PERMANOVA. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software PAST v. 3.14 (Hammer et al., 2001).

3. RESULTADOS

Vegetação

Houve diferença na biomassa vegetal seca coletada nos diferentes tratamentos ($P= 0,05423$), sendo o único contraste significativo entre as intensidades de desfolhação leve (750 graus-dia) e intensa (150 graus-dia) (Figura 2). A média da biomassa foi de 10,7g nas parcelas com intensidade baixa de desfolhação e 8,06g nas parcelas com frequência alta de desfolhação. A riqueza de espécies de plantas ($P= 0,239$), o índice de diversidade de Shannon ($P= 0,8097$), os teores de nitrogênio ($P= 0,4765$) e de carbono ($P= 0,6805$) foliar não variaram significativamente entre os tratamentos.

Comunidade de Colêmbolos (Pitfall)

Na amostragem de colêmbolos de superfície (*pitfall*) foram encontrados 1775 indivíduos pertencentes à 21 táxons. Também não houve diferença entre os tratamentos quanto à riqueza ($P= 0,7661$), dominância ($P= 0,8916$), uniformidade ($P= 0,5808$), equitabilidade ($P= 0,7473$) e índice de Shannon ($P= 0,9228$). Além disso, não houve variação na composição de espécies entre os tratamentos ($P= 0,7014$) (Tabela 3). Estes resultados são refletidos na sobreposição destes tratamentos na ordenação (Figura 5). A atividade de colêmbolos epiedáficos, mensurada através do uso de microhabitat (quantidade de indivíduos), não foi afetada pelos tratamentos ($P= 0,8988$) (Figura 4).

Comunidade de Colêmbolos (Berlese-Tüllgren)

Na amostragem realizada através do método de Berlese-Tüllgren foram encontrados 85 colêmbolos de 20 táxons. Não foi observada diferença entre os tratamentos quanto à riqueza ($P= 0,9431$), dominância ($P= 0,7631$), uniformidade ($P= 0,6838$), equitabilidade ($P= 0,6676$) e índice de Shannon ($P= 0,9397$). Entretanto, houve diferença significativa na composição de espécies da comunidade, como observado nos resultados da PERMANOVA ($P= 0,0025$). A variação ocorreu entre os tratamentos de desfolhação moderada (300 graus-dia) e intensa (150 graus-dia) (Tabela 1). Isso está refletido na separação destes tratamentos na ordenação (Figura 3). Observou-se a partir da análise de similaridade (SIMPER) que os táxons que mais contribuíram para esta diferença foram: *Arlea* (18%), *Onychiurus* (10%), *Psammisotoma* (10%) e *Lanocyrtus* (9%) (Tabela 2).

Atividade de Detritívoros do Solo

A atividade de detritívoros do solo não diferiu significativamente entre os tratamentos ($P= 0,1019$). Entretanto, é possível observar na Figura 6 que existe uma tendência de maior atividade de detritívoros no tratamento com menor intensidade de desfolhação (consumo médio de 78,1%), seguido dos tratamentos com desfolhação moderada (consumo médio de 64,8%) e intensa (consumo médio de 57,8%).

4. DISCUSSÃO

No presente estudo demonstramos que diferentes intensidades de desfolhação afetam a composição de espécies de um grupo importante de detritívoros do solo. Desta forma, confirmamos parcialmente nossa hipótese original, uma vez que houve efeito da intensidade de desfolhação na composição da comunidade de colêmbolos, mas não afetou a diversidade e riqueza de espécies. Também demonstramos uma tendência a alterações na atividade de detritívoros devido à desfolhação, portanto, sugerimos que o manejo pastoril pode afetar a biota do solo e, por consequência, processos ecossistêmicos como a ciclagem de nutrientes.

As diferentes intensidades de desfolhação alteraram significativamente a biomassa da comunidade vegetal do campo nativo, com efeito negativo da desfolhação intensa. Este resultado indica que o manejo pastoril pode exercer um efeito direto na produtividade primária, que é um serviço ecossistêmico importante, assim como observado por Köster et al. (2015) e Milchunas & Vandever (2013). A ausência de variação na riqueza e diversidade de plantas entre os tratamentos indica que as espécies que compõe estas comunidades estão bem adaptadas aos níveis de distúrbio aplicados neste experimento. Estudos demonstraram que a produtividade primária pode ter um

efeito mais importante na fauna edáfica do que a diversidade de plantas (van der Wal et al., 2009). Portanto, o efeito do manejo sobre a biomassa vegetal observado neste experimento pode ser suficiente para afetar a biota do solo através da alteração da disponibilidade de recursos e mudanças no microclima.

Contrário às nossas expectativas, colêmbolos de superfície não responderam ao manejo. Isso pode ser devido ao fato de que a heterogeneidade na estrutura da vegetação (biomassa) ocasionada pelos tratamentos não os afetou, pois são organismos altamente móveis (Hopkin, 1997) capazes de explorar amplamente a área para obtenção de recursos e de habitats apropriados. Este resultado foi semelhante ao observado por Ponge et al, (2006) que discute a importância de levarmos em conta a capacidade de dispersão dos colêmbolos em trabalhos deste tipo, pois devido à sua alta mobilidade organismos epiedáficos podem não ser afetados pela heterogeneidade do ambiente. Entretanto, não descartamos que o resultado observado também seja devido à proximidade das parcelas, uma vez que a amostragem via *pitfall* é dependente da movimentação dos organismos, da distância entre os coletores e do tempo de permanência no campo (Cheli and Corley, 2010; Luff, 1975; Topping and Sunderland, 1992). Portanto, para experimentos com parcelas próximas o ideal é a amostragem de organismos de baixa mobilidade no solo, que responderam à desfolhação.

Os colêmbolos hemiedáficos e euedáficos, coletados com método de Berlese-Tullgren, se demonstraram sensíveis ao manejo da vegetação (Figura 3). Observamos variação na composição de táxons de Collembola decorrente da substituição de espécies entre os tratamentos que, diferente do esperado, ocorreu somente entre os tratamentos de intensidade de desfolhação intensa e (150 graus-dia) e moderada (300 graus-dia). Os táxons que representaram maior contribuição para esta dissimilaridade entre os tratamentos foram os gêneros *Arlea spp.* e *Onychiurus spp.*, que apresentaram maior

abundância no tratamento com desfolhação intensa. Tais colêmbolos apresentam corpo despigmentado e ausência de ocelos, características de organismos que vivem exclusivamente no interior do solo (euedáficos). É possível que o distúrbio intenso e frequente na superfície do solo esteja favorecendo uma maior abundância de organismos que vivem no interior do solo (Dombos, 2001). Outro táxon que representou significativa importância para a dissimilaridade entre os tratamentos foi o gênero *Psammisotoma spp.*, que abrange organismos hemiedáficos e epiedáficos (apresentam corpo muito pigmentado e presença de ocelos). Colêmbolos deste gênero foram encontrados somente em parcelas com tratamento moderado.

O efeito significativo de ambas as intensidades de desfolhação na comunidade de colêmbolos ocorreu possivelmente pelas mudanças que a produtividade primária acarreta na região da rizosfera (Schuster, 1964), levando a alterações na comunidade microbiana endofítica e simbiote (Eom et al., 2001), abundância de raízes finas (Schuster, 1964) e mudanças na composição e quantidade de rizodepósitos (Dawson et al., 2000). Tais modificações podem selecionar a composição de espécies de colêmbolos, já que estes organismos estão intimamente associados as raízes, especialmente por se alimentarem de fungos (Beare et al., 1992). Estes resultados corroboram aqueles encontrados previamente em outros estudos que demonstraram influência da desfolhação ocasionada por pastejo na comunidade de colêmbolos (Dombos, 2001; Petersen et al., 2004). Por outro lado, alguns trabalhos sugerem que o uso e manejo do solo podem acarretar em mudanças na diversidade funcional na comunidade de colêmbolos (Winck et al., 2017). Sendo assim, é possível que o efeito do manejo adotado neste trabalho possa refletir em mudanças nas características morfológicas dos colêmbolos (atributos funcionais), sem necessariamente afetar a

riqueza e diversidade taxonômica. Por fim, consideramos relevante o uso futuro de avaliações com abordagem funcional para este estudo.

Nossos resultados também apontam uma tendência de menor atividade alimentar de detritívoros em condições de alta intensidade de desfolhação. O teste de *bait-lamina* foi utilizado para medir a atividade alimentar de detritívoros, que reflete os processos de decomposição da matéria orgânica e mineralização de elementos no solo (Reinecke et al., 2008; von Torne, 1990). Resultados semelhantes foram encontrados por Podgaiski et al. (2011), que através do teste de *bait-lamina*, realizado na mesma área do presente estudo, observou menor atividade de organismos detritívoros em uma área pastejada, quando comparada à uma área não pastejada. Portanto, sugerimos que a intensidade de desfolhação seja capaz de modificar as condições de umidade e temperatura do solo devido à redução da biomassa, ocasionando maior flutuação destas variáveis. Estas propriedades abióticas do solo influenciam o crescimento e estruturação de raízes, a disponibilidade de recursos e, portanto, a atividade da microbiota do solo (Heinze et al., 2016). Como resultado, há efeitos sobre a fauna de solo, tais como os detritívoros (Gongalsky et al., 2008) e, conseqüentemente, nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes.

5. Conclusão

Este estudo mostrou que a desfolhação ocasionada pelo manejo do campo nativo pode exercer efeito sobre a composição da comunidade de colêmbolos hemiedáficos e euedáficos. Provavelmente este efeito deve-se ao fato de que estes organismos estão intimamente relacionados com as mudanças do solo (temperatura e umidade) e da rizosfera (raízes finas, rizodepósitos) (Bonkowski et al., 2009). O manejo com

intensidade alta de desfolhação afetou negativamente a produtividade primária, mas não alterou a riqueza e diversidade, tanto da comunidade vegetal como de colêmbolos. No entanto, não podemos descartar efeitos em outros grupos da biota do solo, como a comunidade microbiana da rizosfera (micorrizas, fixadores de nitrogênio, etc.) (Cheng et al., 2003). Sendo assim, seriam necessários mais estudos neste experimento que objetivem avaliar outros grupos da biota do solo e processos ecológicos relacionados. Por fim, observamos uma tendência de redução da atividade de organismos detritívoros em tratamentos com alta intensidade de desfolhação, indicando que a desfolhação pode afetar diretamente processos funcionais do solo relacionados com a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes.

6. Literatura Citada

Abrantes, E.A., Bellini, B.C., Bernardo, A.N., Fernandes, L.H., Mendonça, M.C., Oliveira, E.P., Queiroz, G.C., Sautter, K.D., Silveira, T.C., Zeppelini, D., 2010. Synthesis of Brazilian Collembola: An update to the species list. *Zootaxa* 22, 1–22.

Baretta, D., Ferreira, C.S., Sousa, J.P., Bran, E.J., Cardoso, N., 2008. Colêmbolos (hexapoda: collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia* (1). *Ci. Solo* 32, 2693–2699. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000700012>

Barrios, E., 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecol. Econ.* 64, 269–285. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.004>

Beare, M.H., Parmelee, R.W., Hendrix, P.F., Cheng, W., David, C., Crossley, D.A., 1992. Microbial and Faunal Interactions and Effects on Litter Nitrogen and Decomposition in Agroecosystems Published by: Wiley Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2937317> REFERENCES Linked references are available on JSTOR for this article : You may need 62, 569–591.

Bellinger, P. F.; Christiansen, K. A; Greenslade, P.; Cipola, N. G.; Morais, W. J.; Bellini, B. C.; Janssens, F. Checklist of the Collembola: Key to the genera of Entomobryinae, 2018a. Disponível em: <<http://www.collembola.org/key/entoinae.htm>> Acesso em 11 jun 2018.

Bellinger, P. F.; Christiansen, K. A; Greenslade, P.; Janssens, F. Checklist of the Collembola: Lepidocyrtinae, 2018b. Disponível em: <<https://www.collembola.org/taxa/lepiinae.htm>> Acesso em 11 jun 2018.

Bergamaschi, H., Melo, R.W. de, Guadagnin, M.R., Cardoso, L.S., Silva, M.I.G. da, Comiran, F., Dalsin, F., Tessari, M.L., Brauner, P.C., 2013. Boletins agrometeorológicos da estação experimental agronômica da UFRGS: Série histórica 1970-2012 8.

Bonkowski, M., Villenave, C., Griffiths, B., 2009. Rhizosphere fauna: the functional and structural diversity of intimate interactions of soil fauna with plant roots. *Plant Soil* 321, 213–233. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0013-2>

Carvalho, P.C. d F., Batello, C., 2009. Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: The natural grasslands dilemma. *Livest. Sci.* 120, 158–162. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.04.012>

Chahartaghi, M., Langel, R., Scheu, S., Ruess, L., 2005. Feeding guilds in Collembola based on nitrogen stable isotope ratios. *Soil Biol. Biochem.* 37, 1718–1725. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.02.006>

Chamberlain, P., Mcnamara, N., Chaplow, J., Stott, a, Black, H., 2006. Translocation of surface litter carbon into soil by Collembola. *Soil Biol. Biochem.* 38, 2655–2664. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.03.021>

Cheli, G.H., Corley, J.C., 2010. Efficient sampling of ground-dwelling arthropods using pitfall traps in arid steppes. *Neotrop. Entomol.* 39, 912–917. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600010>

Cheng, W.X., Johnson, D.W., Fu, S.L., 2003. Rhizosphere effects on decomposition: controls of plant species, phenology, and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67, 1418–1427. <https://doi.org/10.2136/sssaj2003.1418>

Cole, L., Bradford, M.A., Shaw, P.J.A., Bardgett, R.D., 2006. The abundance, richness and functional role of soil meso- and macrofauna in temperate grassland-A case study. *Appl. Soil Ecol.* 33, 186–198. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.11.003>

Cragg, R.G., Bardgett, R.D., 2001. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. *Soil Biol. Biochem.* 33, 2073–2081. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00138-9](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00138-9)

Dawson, L.A., Grayston, S.J., Paterson, E., 2000. Effects of Grazing on the Roots and Rhizosphere of Grasses. *Grassl. Ecophysiol. Grazing Ecol.* 61–84. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2002.12114.x>

de Vries, F.T., Thebault, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli, M.A., Bjornlund, L., Bracht Jorgensen, H., Brady, M. V., Christensen, S., de Ruiter, P.C., d’Hertefeldt, T., Frouz, J., Hedlund, K., Hemerik, L., Hol, W.H.G., Hotes, S., Mortimer, S.R., Setälä, H., Sgardelis, S.P., Uteseny, K., van der Putten, W.H., Wolters, V., Bardgett, R.D., 2013.

Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110, 14296–14301. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305198110>

Dombos, M., 2001. Collembola of loess grassland: Effects of grazing and landscape on community composition. *Soil Biol. Biochem.* 33, 2037–2045. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00125-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00125-0)

Eom, A.-H., Wilson, G.W.T., Hartnett, D.C., 2001. Effects of Ungulate Grazers on Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis and Fungal Community Structure in Tallgrass Prairie. *Mycologia* 93, 233. <https://doi.org/10.2307/3761643>

Gisin, H. Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im schweizerischen Exkursionsgebiet Basels. *Revue Suisse de Zoologie*, Geneve, v. 50, n. 1943, p. 131 – 224, 1943.

Gongalsky, K.B., Persson, T., Pokarzhevskii, A.D., 2008. Effects of soil temperature and moisture on the feeding activity of soil animals as determined by the bait-lamina test. *Appl. Soil Ecol.* 39, 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.11.007>

Hammer, Ø., Harper, D.A.T. a. T., Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol. Electron.* 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2008.05.025>

Hättenschwiler, S., Tiunov, A. V., Scheu, S., 2005a. Biodiversity and Litter Decomposition in Terrestrial Ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36, 191–218. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.112904.151932>

Hättenschwiler, S., Tiunov, A. V., Scheu, S., 2005b. Biodiversity and Litter Decomposition in Terrestrial Ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36, 191–218. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.112904.151932>

Hautier, Y., Isbell, F., Borer, E.T., Seabloom, E.W., Harpole, W.S., Lind, E.M., MacDougall, A.S., Stevens, C.J., Adler, P.B., Alberti, J., Bakker, J.D., Brudvig, L.A., Buckley, Y.M., Cadotte, M., Caldeira, M.C., Chaneton, E.J., Chu, C., Daleo, P., Dickman, C.R., Dwyer, J.M., Eskelinen, A., Fay, P.A., Firn, J., Hagenah, N., Hillebrand, H., Iribarne, O., Kirkman, K.P., Knops, J.M.H., La Pierre, K.J., McCulley, R.L., Morgan, J.W., Pärtel, M., Pascual, J., Price, J.N., Prober, S.M., Risch, A.C., Sankaran, M., Schuetz, M., Standish, R.J., Virtanen, R., Wardle, G.M., Yahdjian, L., Hector, A., 2018. Local loss and spatial homogenization of plant diversity reduce ecosystem multifunctionality. *Nat. Ecol. Evol.* 2, 50–56. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0395-0>

Heinze, J., Gensch, S., Weber, E., Joshi, J., 2016. Soil temperature modifies effects of soil biota on plant growth. *J. Plant Ecol.* rtw097. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw097>

Hopkin S.P., 2002. Collembola. *Encyclopedia of Soil Science*: 207-210.

Hopkin, S. P. *Biology of the springtail (Insecta: Collembola)*. [Oxford]: Oxford University Press, 1997.

- Köster, K., Berninger, F., Köster, E., Pumpanen, J., 2015. Carbon Dynamics Influences of reindeer grazing on above- and below- ground biomass and soil carbon dynamics. *Arctic, Antarct. Alp. Res.* 47, 495–503.
- Kratz, W., 1998. The bait-lamina test: General aspects, applications and perspectives. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 5, 94–96. <https://doi.org/10.1007/BF02986394>
- Lavelle, P. Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function. *Biology International*, Paris, v. 33, p. 3–16, 1996.
- Luff, M.L., 1975. Some features influencing the efficiency pitfall traps. *Oecologia* 19, 345–357. <https://doi.org/10.1007/BF00348110>
- M. C. Peel, B. L. Finlayson, T. A. McMahon. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, European Geosciences Union, 2007,11 (5), pp.1633-1644. <hal-00305098>
- Mebes, K.H., Filser, J., 1998. Does the species composition of Collembola affect nitrogen turnover? *Appl. Soil Ecol.* 9, 241–247. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(97\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(97)00051-6)
- Milchunas, D.G., Vandever, M.W., 2013. Grazing effects on aboveground primary production and root biomass of early-seral, mid-seral, and undisturbed semiarid grassland. *J. Arid Environ.* 92, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2013.01.012>
- Moraes G. J. e Flechtmann, C. H. W. Manual de acarologia. *Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil*, 1st ed. Ribeirão Preto: Holos, 2008, p. 288.
- Overbeck, G.E., Müller, S.C., Fidelis, A., Pfadenhauer, J., Pillar, V.D., Blanco, C.C., Boldrini, I.I., Both, R., Forneck, E.D., 2007. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 9, 101–116. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2007.07.005>
- Petersen, H., Jucevica, E., Gjelstrup, P., 2004. Long-term changes in collembolan communities in grazed and non-grazed abandoned arable fields in Denmark. *Pedobiologia (Jena)*. 48, 559–573. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2004.06.003>
- Pillar, V., Müller, S., Castilhos, Z., Jacques, A., 2009. Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade, Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade. <https://doi.org/10.2105/AJPH.89.8.1271>
- Pillar, V., Tornquist, C., Bayer, C., 2012. The southern Brazilian grassland biome: soil carbon stocks, fluxes of greenhouse gases and some options for mitigation. *Brazilian J. Biol.* 72, 673–681. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000400006>
- Podgaiski, L.R., Silveira, F.S., Mendonça Jr, M.M., 2011. Avaliação da atividade alimentar dos invertebrados de solo em campos do sul do Brasil – bait-lamina test. *EntomoBrasilis* 4, 108–113. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v4i3.159>

Pomorski, R. J.; Christiansen, K. A.; Sveenkova, Y. B.; Steinmann, D.; Janssens, F. Checklist of the Collembola: Key to the genera of Onychiurinae (2018). Disponível em: <<http://www.collembola.org/key/onycinae.htm>> Acesso em 11 jun 2018.

Ponge, J.F., Dubs, F., Gillet, S., Sousa, J.P., Lavelle, P., 2006. Decreased biodiversity in soil springtail communities: the importance of dispersal and landuse history in heterogeneous landscapes. *Soil Biol. Biochem.* 38, 1158–1161. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.09.004>

Ponge, J.F., Gillet, S., Dubs, F., Fedoroff, E., Haese, L., Sousa, J.P., Lavelle, P., 2003. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil Biol. Biochem.* 35, 813–826. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(03\)00108-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(03)00108-1)

Postma-Blaauw, M.B., De Goede, R.G.M., Bloem, J., Faber, J.H., Brussaard, L., 2010. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. *Ecology* 91, 460–473. <https://doi.org/10.1890/09-0666.1>

Reinecke, A.A.J., Albertus, R.M.C., Reinecke, S.A., Larink, O., 2008. The effects of organic and conventional management practices on feeding activity of soil organisms in vineyards The effects of organic and conventional management practices on feeding activity of soil organisms in vineyards 43, 66–74.

Schuster, Joseph L., 1964. Root Development of Native Plants Under Three Grazing Intensities Author (s): Joseph L . Schuster Published by : Wiley on behalf of the Ecological Society of America Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1937107> 45, 63–70.

Seastedt, T.R., 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Ann. Rev. Entomol.* 29, 25–46.

Swift, M. J.; Izac, A.-M. N.; Van Noordwijk, M. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes—are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 113–134, set. 2004.

Topping, C.J., Sunderland, K.D., 1992. Limitations to the Use of Pitfall Traps in Ecological Studies Exemplified by a Study of Spiders in a Field of Winter Wheat. *J. Appl. Ecol.* 29, 485. <https://doi.org/10.2307/2404516>

van der Wal, A., Geerts, R.H.E.M., Korevaar, H., Schouten, A.J., Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., Rutgers, M., Mulder, C., 2009. Dissimilar response of plant and soil biota communities to long-term nutrient addition in grasslands. *Biol. Fertil. Soils* 45, 663–667. <https://doi.org/10.1007/s00374-009-0371-1>

van Gestel, C. a M., Kruidenier, M., Berg, M.P., 2003. Suitability of wheat straw decomposition , cotton strip degradation and bait-lamina feeding tests to determine soil invertebrate activity. *Biol. Fertil. Soils* 37, 115–123. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0575-0>

Vélez-Martin, E., Rocha, C.H., Blanco, C., Azambuja, B.O., Hasenack, H., Pillar, V.D.P., 2015. Conversão e Fragmentação, Os Campos do Sul. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3873.3922>

Verhoef, H.A., Brussaard, L., 1990. Decomposition and nitrogen mineralization in natural and agro- ecosystems: the contribution of soil animals. *Biogeochemistry* 11, 175–211. <https://doi.org/10.1007/Bf00004496>

von Törne, E., 1990. Assessing feeding activities of soil-living animals. I. Bait-lamina-tests. *Pedobiologia*, 34: 89–101.

Wall, D. H.; Adam, G.; Parsons, A. N. Soil Biodiversity. In: Chapin, F. S.; Sala, O. E.; Huber-Sannwald, E. (Ed.). *Global biodiversity in a changing environment: Scenarios for the 21st.* [New York]: Springer-Verlag New York, 2001. p. 378.

Wang, S., Ruan, H., Wang, B., 2009. Effects of soil microarthropods on plant litter decomposition across an elevation gradient in the Wuyi Mountains. *Soil Biol. Biochem.* 41, 891–897. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.12.016>

Winck, B.R., Saccol de Sá, E.L., Rigotti, V.M., Chauvat, M., 2017. Relationship between land-use types and functional diversity of epigeic Collembola in Southern Brazil. *Appl. Soil Ecol.* 109d, 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.09.021>

Zepellini, F.; Bellini, B. C. *Introdução Ao Estudo Dos Collembola.* João Pessoa: Universidade Federal Da Paraíba, 2004.

7. Anexos

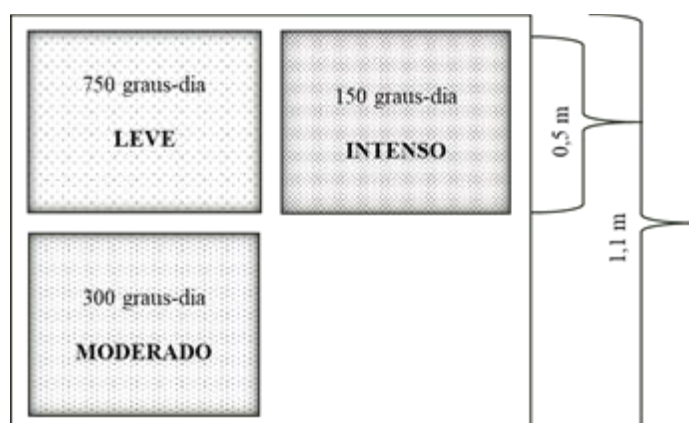


Figura 1. Design experimental de um bloco com três intensidades de desfolhação (simulação de pastejo), sendo 150 graus-dias (desfolhação intensa), 300 graus-dias (desfolhação moderada) e 750 graus-dias (desfolhação leve).

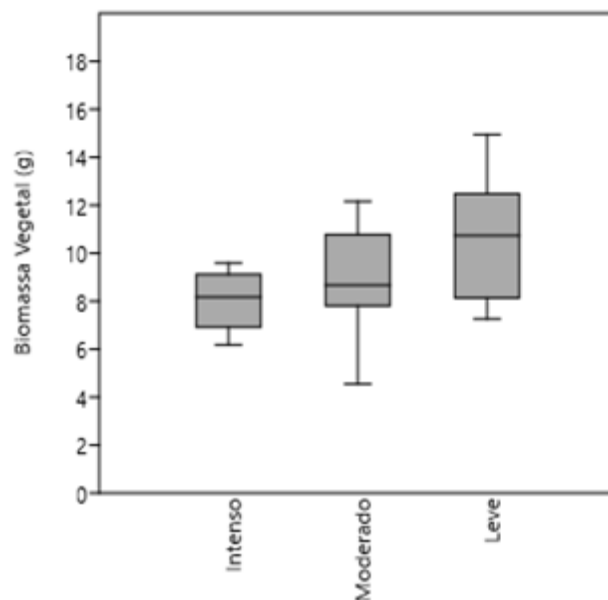


Figura 2. Biomassa vegetal em três intensidades de desfolhação (simulação de pastejo), sendo 150 graus-dias (desfolhação intensa), 300 graus-dias (desfolhação moderada) e 750 graus-dias (desfolhação leve).

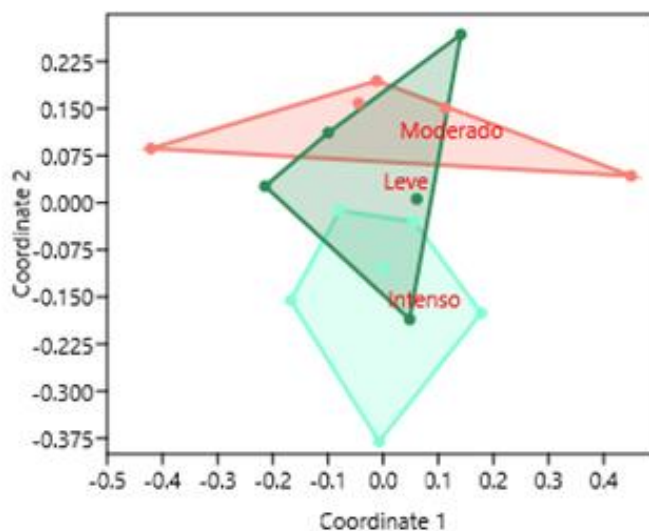


Figura 3. Escalonamento multidimensional não métrico (N-MDS) baseado em medidas de dissimilaridade Bray-Curtis derivadas a partir dos táxons de colêmbolos amostrados através do método de Berlese-Tüllgren em três diferentes intensidades de desfolhação, sendo 150 graus-dias (desfolhação intensa), 300 graus-dias (desfolhação moderada) e 750 graus-dias (desfolhação leve).

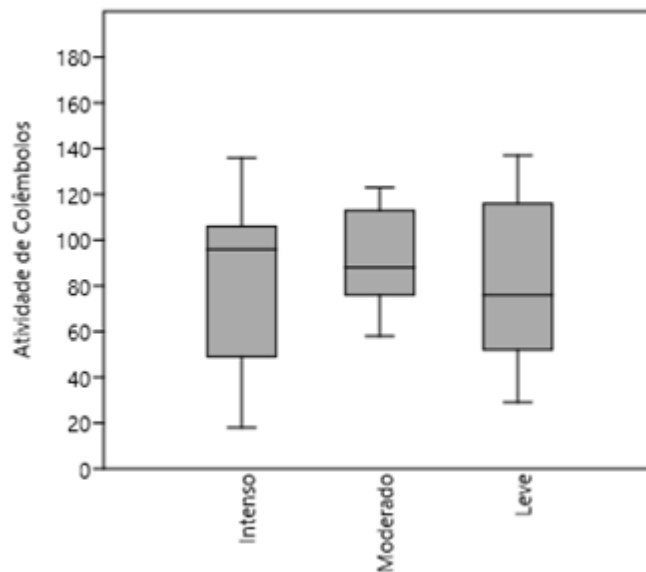


Figura 4. Atividade de colêmbolos do solo (*pitfall*) em três intensidades de desfolhação (simulação de pastejo), sendo 150 graus-dias (desfolhação intensa), 300 graus-dias (desfolhação moderada) e 750 graus-dias (desfolhação leve).

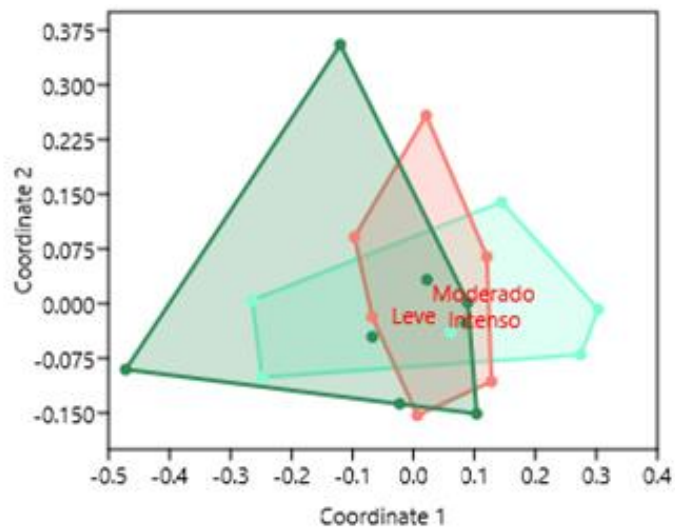


Figura 5. Escalonamento multidimensional não métrico (N-MDS) baseado em medidas de dissimilaridade Bray-Curtis derivadas a partir dos táxons de colêmbolos amostrados através de armadilhas de queda (*pitfall*) em três diferentes intensidades de desfolhação, sendo 150 graus-dias (desfolhação intensa), 300 graus-dias (desfolhação moderada) e 750 graus-dias (desfolhação leve).

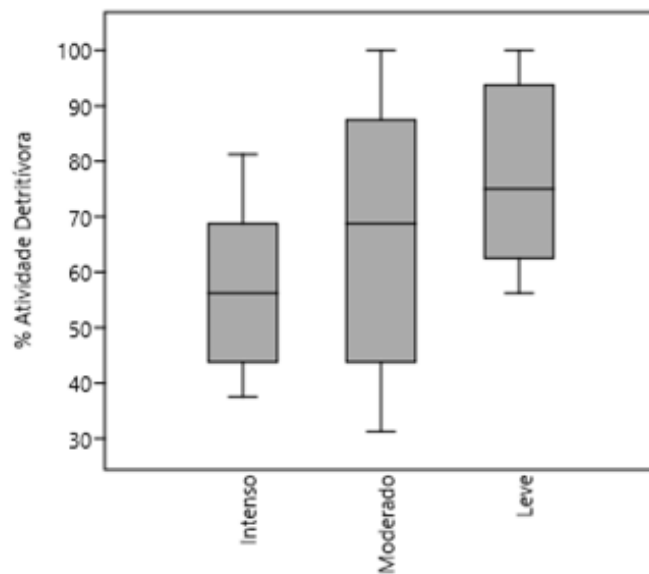


Figura 6. Atividade de organismos detritívoros amostrados através de *Bait-lamina* em três intensidades de desfolhação (simulação de pastejo), sendo 150 graus-dias (desfolhação intensa), 300 graus-dias (desfolhação moderada) e 750 graus-dias (desfolhação leve).

Tabela 1. Valores de *P* da análise de variância multivariada com permutação (PERMANOVA) entre comunidades de colêmbolos amostradas através do método de Berlese-Tüllgren em três diferentes intensidades de desfolhação, sendo 150 graus-dias (desfolhação intensa), 300 graus-dias (desfolhação moderada) e 750 graus-dias (desfolhação leve).

| | Intenso | Moderado | Leve |
|----------|---------|----------|--------|
| Intenso | | 0.0025 | 0.4723 |
| Moderado | 0.0025 | | 0.7824 |
| Leve | 0.4723 | 0.7824 | |

Tabela 2. Porcentagem da similaridade (SIMPER) de comunidades de colêmbolos, amostradas através do método de Berlese-Tüllgren, entre os tratamentos com intensidade de desfolhação intensa (150 graus-dias) e moderada (300 graus-dias).

Dissimilaridade Global (Intermediário X Intenso)

| Taxon | Dissimilaridade Média | Contribuição do Táxon | Contribuição Cumulativa% |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| <i>Arlea</i> | 16 | 18 | 18 |
| <i>Onychiurus</i> | 9,244 | 10 | 28 |
| <i>Psammisotoma</i> | 9 | 10 | 38 |
| <i>Lanocyrtus</i> | 9 | 9 | 47 |

Tabela 3. Valores de *P* da análise de variância multivariada (PERMANOVA) entre comunidades de colêmbolos amostradas através de *pitfall* em três diferentes intensidades de desfolhação, sendo 150 graus-dias (desfolhação intensa), 300 graus-dias (desfolhação moderada) e 750 graus-dias (desfolhação leve).

| | Intenso | Moderado | Leve |
|----------|---------|----------|--------|
| Intenso | | 0,4012 | 0,6944 |
| Moderado | 0,4012 | | 0,801 |
| Leve | 0,6944 | 0,801 | |