

MARIELLI APARECIDA BORGES DOS SANTOS

**DIVERSIDADE MORFOLÓGICA DE COLLEMBOLA EM SISTEMAS DE USO DO
SOLO NO LESTE DE SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Dr. Dilmar Baretta
Co-orientador: Dr. Álvaro Luiz Mafra

**LAGES, SC
2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Santos, Marcielli Aparecida Borges dos
Diversidade morfológica de Collembola em sistemas
de uso do solo no Leste de Santa Catarina /
Marcielli Aparecida Borges dos Santos. - Lages ,
2017.
105 p.

Orientador: Dilmar Baretta
Co-orientador: Álvaro Luiz Mafra
Co-orientador: Osmar Klauberg Filho
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência Do Solo, Lages, 2017.

1. Colêmbolos. 2. Morfotipagem. 3.
Bioindicadores. 4. Fauna do solo. 5. Sistemas de
uso do solo. I. Baretta, Dilmar . II. Mafra, Álvaro
Luiz . Klauberg Filho, Osmar .III. Universidade do
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência Do Solo. IV. Título.

MARCIELLI APARECIDA BORGES DOS SANTOS

DIVERSIDADE MORFOLÓGICA DE COLLEMBOLA EM SISTEMAS DE USO DO SOLO NO LESTE DE SANTA CATARINA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

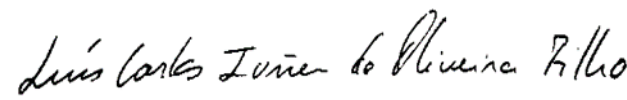
Banca examinadora:

Orientador:



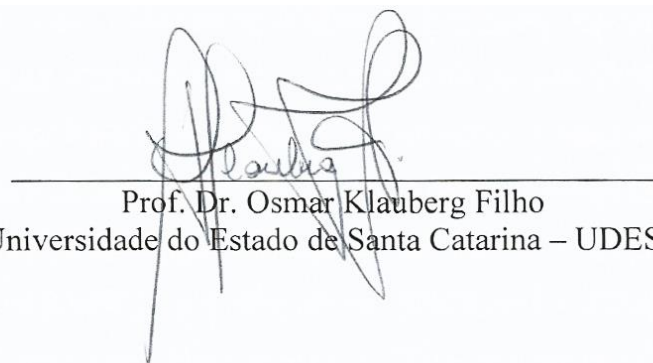
Prof. Dr. Dilmar Baretta
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro:



Prof. Dr. Luís Carlos Iuñes de Oliveira Filho
Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC

Membro:



Prof. Dr. Osmar Klauberg Filho
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Lages, SC 23 de fevereiro de 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus pela vida, por ter abençoado meus caminhos, me concedido muitas bênçãos e me mostrado as boas oportunidades para que eu fizesse as escolhas certas em minha caminhada. Também, por me dar força e discernimento, sempre que orei precisando disso, nessa jornada do mestrado.

À minha Mãe Beloni, por todo seu amor incondicional, por acreditar mais do que eu mesma na minha capacidade e sempre estar do meu lado, principalmente quando eu mais precisei. Ao meu Pai José, por todo apoio e incentivo, carinho e amor, durante toda a nossa vida. Ao meu namorado Thiaraju, pelo seu amor, cuidados, carinho, compreensão, e por me acompanhar nos momentos bons e principalmente me amparar nos ruins.

Ao meu orientador Prof. Dr. Dilmar Baretta que aceitou me guiar nessa caminhada, me ajudou, incentivou e contribuiu de maneira imprescindível para o meu crescimento profissional.

Aos Professores Dr. Álvaro Luiz Mafra, Dr. Júlio Cesar Pires Santos e Dr. Osmar Klauberg Filho, pelo apoio e orientação quando necessários.

Ao Dr. Luís Carlos Iuñes Oliveira Filho, pelos ensinamentos e auxílio com dados e análises, inclusive sugestões para enriquecer meu trabalho, sendo tudo isso muito importante para a conclusão do mestrado.

A todos os colegas do laboratório de Ecologia do Solo, pelas conversas, auxílios, apoios, risadas e experiências divididas durante esse tempo. À Pamela Niederauer Pompeo, por me socorrer sempre que precisei, principalmente com as análises. À Julia Machado, por me incentivar e ajudar na dissertação, e pelas boas conversas durante bons cafés. À Danielle Ortiz, por dedicar seu tempo e me auxiliar com muita paciência no laboratório, com os colêmbolos.

À minha amiga Josiane Mendonça Vitória, pela amizade construída nesse período, sua companhia, apoio, risadas, passeios, apuros, almoços e tardes agradáveis acompanhadas de um bom mate. Ao meu amigo Eder, pelas conversas construtivas, risadas e tardes de estudo.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, pela oportunidade de realizar o mestrado acadêmico. À FAPESC (nº 6.309/2011-6; FAPESC TR 231 PAP-UDESC), ao CNPq (nº 563251/2010-7 e 307162/2015-0), à CAPES e ao PROMOP/UDESC, pelo apoio financeiro ao projeto e concessão de bolsa no mestrado.

A todos que de alguma forma me ampararam e tornaram possível mais essa vitória.

A fé na vitória tem que ser inabalável.
(Dexter)

RESUMO

Os colêmbolos (Collembola) são organismos edáficos com enorme diversidade morfológica e são influenciados pelas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar se o uso do solo influencia na diversidade morfológica de colêmbolos e relacionar a ocorrência destes com atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo. Foram coletadas amostras na região do Leste Catarinense, envolvendo três municípios: Joinville, Blumenau e Timbó nos sistemas de usos do solo (SUS) de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD). As coletas de solo para determinação dos atributos edáficos e a instalação de armadilhas de solo (*Pitfall traps*) foram realizadas no inverno e verão, nos mesmos pontos, em grade amostral de 3×3 pontos. Os colêmbolos capturados foram contados e morfotipados, observando características como: presença ou ausência de ocelos e pelos, pigmentação, comprimento de antenas e tamanho de fúrcula. Para cada uma destas características se atribuiu uma pontuação e por meio da soma desses valores definiu-se o morfotipo e a sua adaptação ao solo. Os dados foram analisados por meio da abundância, diversidade de Shannon-Wiener (H'), uniformidade de Pielou (J), riqueza de morfotipos e de Margalef, e Índice de Qualidade Biológica do Solo (QBS) modificado. A abundância foi submetida à análise de componentes principais (ACP) para verificar a relação entre os morfotipos e os SUS, usando os atributos edáficos como variáveis ambientais explicativas. A riqueza de morfotipos de colêmbolos foi mais elevada em FN e ILP, enquanto a abundância de colêmbolos foi maior em ILP e PA, no inverno. Os índices H' e Margalef foram maiores no inverno no SUS em que a intensidade de uso é menor (FN). No verão, somente H' diferiu significativamente entre os SUS e foi maior em FN. Em todos os SUS estudados o índice QBS foi mais elevado na época do verão, com exceção da PA. A ACP mostrou distinção entre as épocas e os SUS. No inverno a ocorrência de morfotipos esteve mais relacionada aos atributos microbiológicos: carbono da biomassa microbiana, respiração microbiana e quociente metabólico; e químicos: acidez potencial, matéria orgânica e relação magnésio/potássio. Enquanto no verão, a ocorrência dos morfotipos foi mais explicada pelos atributos físicos: porosidade total, bioporos, umidade e macroporosidade; e químicos do solo: matéria orgânica e relação carbono/nitrogênio. A diversidade morfológica de colêmbolos foi influenciada pelas condições encontradas em cada SUS, mostrando sensibilidade às alterações no uso do solo, e desta forma, pode ser considerada uma boa ferramenta para avaliação da qualidade biológica do solo.

Palavras-chave: Colêmbolos. Morfotipagem. Bioindicadores. Fauna do solo. Sistemas de uso do solo.

ABSTRACT

The springtails (Collembola) are edaphic organisms with enormous morphological diversity and are affected by physical, chemical and biological soil properties. The aim of this study was to evaluate if the land-use influences the morphological diversity of springtails and to relate with the occurrence of these physical, chemical and microbiological soil attributes. Samples were collected in the eastern region of Santa Catarina, Brazil, involving three municipalities: Joinville, Blumenau and Timbó in the land-use systems (LUS) of native forest (NF), *Eucalyptus* plantation (EP), pasture (PA), integrated crop-livestock (ICL) and no-tillage crops (NT). The soil samples for determination of the edaphic attributes and the installation of Pitfall traps were carried in winter and summer, in the same points, from a sample grid of 3×3 points. The springtails captured were counted and morphotyped, observing characteristics such as: presence or absence of ocelli and fur, pigmentation, antenna length and furcula. For each one of these characteristics a score was assigned and by summing these values the morphotype and its adaptation to the soil were defined. The data were analyzed using abundance, Shannon-Wiener diversity index (H'), Pielou uniformity index (J), morphotypes richness and Margalef index, and modified Soil Biological Quality Index (QBS). Abundance was submitted to principal component analysis (PCA) to verify the relationship between morphotypes and LUS, using edaphic attributes as explicative environmental variables. The richness of springtails morphotypes was higher in NF and ICL, while the abundance was higher in ICL and PA in winter. The H' e Margalef indexes were higher in winter in the LUS where the intensity of use is lower (NF). In the summer, only H' differed significantly between LUS and was higher in NF. In all systems, the QBS index was higher in the summer season, with the exception of PA. The PCA showed a distinction between the seasons and the LUS, in which the occurrence of morphotypes was more related to microbiological attributes in the winter: microbial biomass carbon, microbial respiration and metabolic quotient; and chemical: potential acidity, organic matter and magnesium/potassium ratio. While in the summer, the morphotypes were explained by physical attributes: total porosity, biopores, soil moisture and macroporosity; and soil chemistry: organic matter and carbon/nitrogen ratio. The morphological diversity of springtails was influenced by conditions found in each LUS, showing sensitivity to changes in land-use, and thus can be considered a good tool for evaluation the biological quality of soil.

Keywords: Springtails. Morphotyping. Bioindicators. Soil fauna. Land-use systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Anatomia externa básica de um colêmbolo.	28
Figura 2 – Imagem ilustrativa dos aspectos morfológicos das principais ordens de Collembola: (A) Poduromorpha, (B) Entomobryomorpha, (C) Neelipleona, (D) Symphypleona e (E) Metaxypleona.....	29
Figura 3 – Localização dos municípios amostrados na região Leste de Santa Catarina.	35
Figura 4 – Grid amostral da coleta das amostras de solo para análises físicas, químicas e microbiológicas e instalação de armadilhas para captura de mesofauna edáfica. .	38
Figura 5 – Esquema representativo das diferenças morfológicas dos colêmbolos em relação ao nível de adaptação ao solo.	42
Figura 6 – Abundância de colêmbolos [organismos (org.) armadilha ⁻¹] em floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no inverno (a) e verão (b), na região Leste de Santa Catarina.....	48
Figura 7 – Riqueza de morfotipos de colêmbolos [número (nº) de morfotipos] em floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no inverno (a) e verão (b), na região Leste de Santa Catarina.	50
Figura 8 – Análise de componentes principais (ACP), dos morfotipos de Collembola (setas pretas) e sua relação com os sistemas de uso do solo (setas azuis) e as variáveis ambientais (setas vermelhas) utilizadas como explicativas, no inverno, na região Leste de Santa Catarina.	53
Figura 9 – Análise de componentes principais (ACP), dos morfotipos de Collembola (setas pretas) e sua relação com os sistemas de uso do solo (setas azuis) e as variáveis ambientais (setas vermelhas) utilizadas como explicativas, no verão, na região Leste de Santa Catarina.	57
Figura 10 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os sistemas de uso do solo: floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no inverno, na região Leste de Santa Catarina.	68
Figura 11 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos edáficos de Collembola, no inverno, na região Leste de Santa Catarina.....	69
Figura 12 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos hemiedáficos de Collembola, no inverno, na região Leste de Santa Catarina.....	70
Figura 13 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos epígeos de Collembola, no inverno, na região Leste de Santa Catarina.....	70
Figura 14 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os sistemas de uso do solo: floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão, na região Leste de Santa Catarina.	71
Figura 15 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos edáficos de Collembola, no verão, na região Leste de Santa Catarina.	72
Figura 16 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos hemiedáficos de Collembola, no verão, na região Leste de Santa Catarina.	73
Figura 17 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos epígeos de Collembola, no verão, na região Leste de Santa Catarina.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), para os municípios de Blumenau, Joinville e Timbó, na região Leste de Santa Catarina.....	37
Tabela 2 – Atributos físicos do solo (média \pm desvio padrão) na camada de 0-10 cm em sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), na região Leste de Santa Catarina (n = 15).....	39
Tabela 3 – Atributos químicos do solo (média \pm desvio padrão) na camada de 0-10 cm, em sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), na região Leste de Santa Catarina (n = 15).	40
Tabela 4 – Atributos do solo ligados à atividade biológica (média \pm desvio padrão) na camada de 0-10 cm em sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão e inverno, na região Leste de Santa Catarina (n = 15).....	41
Tabela 5 – Características e valores utilizados para o cálculo do valor EMI para distinção de diferentes morfotipos.	42
Tabela 6 – Valores dos índices de diversidade de Shannon (H'), uniformidade de Pielou (J) riqueza de Margalef, em floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD) no inverno e verão, na região Leste de Santa Catarina.....	51
Tabela 7 – Índice de qualidade biológica do solo (QBS) para os grupos eco-morfológicos edáficos (Ed), hemiedáficos (H) e epígeos (Ep) nos sistemas de uso do solo na região Leste de Santa Catarina.	60
Tabela 8 – Índice de qualidade biológica do solo (QBS) dos morfotipos mais representativos para os grupos eco-morfológicos, em floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no inverno, na região Leste de Santa Catarina.	64
Tabela 9 – Índice de qualidade biológica do solo (QBS) dos morfotipos mais representativos para os grupos eco-morfológicos, em floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão, na região Leste de Santa Catarina.....	65
Tabela 10 – Média ponderada do valor do trait (mT), desvio padrão (DP), total de grupos morfológicos (N_MF), número de morfotipos edáficos (N_Ed), hemiedáficos (N_H) e epígeos (N_Ep), nos sistemas de uso do solo na região Leste de Santa Catarina.	66

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	OBJETIVOS	21
1.1.1	Objetivo Geral	21
1.1.2	Objetivos Específicos	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	SISTEMAS DE USO DO SOLO	23
2.2	FAUNA EDÁFICA	25
2.2.1	Funções ecológicas	25
2.2.2	Collembola e sua importância	27
2.3	BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO	30
2.3.1	Colêmbolos como bioindicadores	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1	ÁREAS DE ESTUDO	35
3.2	COLETA DOS DADOS	37
3.3	ANÁLISE MORFOLÓGICA DOS COLÊMBOLOS	41
3.4	ÍNDICE DE QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO E MÉDIA PONDERADA DO VALOR DO <i>TRAIT</i> NA COMUNIDADE	43
3.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	ABUNDÂNCIA, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE MORFOTIPOS	47
4.2	ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO DE COMUNIDADES	52
4.3	ÍNDICE DE QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO (QBS)	60
4.4	MÉDIA PONDERADA DO VALOR DO <i>TRAIT</i> NA COMUNIDADE (mT)	65
4.5	ANÁLISE DE AGRUPAMENTO	67
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
	ANEXOS	91

1 INTRODUÇÃO

As diversas mudanças e a modernização da agricultura, que por um lado aumentaram a produtividade das lavouras, por outro, levaram a impactos ambientais indesejáveis, como a destruição das florestas e a degradação física e biológica dos solos. Soma-se a isso, a ação do homem para o desenvolvimento urbano e industrial, que determinou elevado progresso cultural, econômico e social do país, porém, ocasionou pressões cada vez maiores nos ecossistemas e, em especial, nos solos.

A preocupação com a qualidade do solo tem aumentado pelo fato dele ser um componente extremamente importante da biosfera, não só para a produção de alimentos, mas também para manter a qualidade ambiental. Nesse contexto, o uso intensivo do solo contribui para a redução da sua qualidade se comparado às áreas nativas, pois os atributos físicos, químicos e biológicos são afetados pelo tipo de uso das áreas (ARAÚJO; GOEDERT; LACERDA, 2007).

Entre os atributos biológicos estão os organismos da fauna edáfica, cuja ação está relacionada aos seus hábitos alimentares e à busca por abrigo. Dessa forma, participam de processos ecossistêmicos, que contribuem direta ou indiretamente para importantes serviços ambientais (e.g., ciclagem de nutrientes, dispersão de sementes, formação do solo, controle de erosão e enchentes), indispensáveis para o funcionamento sustentável dos ecossistemas terrestres.

Percebe-se, portanto, que qualquer alteração promovida pelas ações antrópicas no solo pode interferir na abundância, diversidade e atividade das populações edáficas. Segundo Huerta e Van Der Wal (2012) essa interferência ocorre principalmente pelas condições de uso e manejo do solo, pois perturbam o ambiente e alteram a quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo (MOS).

Então, por ser um fator dinâmico e pelo fato de estar intimamente associada aos processos e perturbações no solo, a fauna edáfica tem sido vista como bioindicadora, e desta forma, apresenta capacidade de sinalizar antecipadamente informações sobre a situação desse ambiente (LAVELLE, 1996; AQUINO, 2005; JÓZEFOWSKA; WOŚ; PIETRZYKOWSKI, 2016). Estas informações podem colaborar para o desenvolvimento de estratégias de recuperação ou mitigação dos danos.

A Classe Collembola, que é um dos grupos de microartrópodes da mesofauna edáfica, mais numerosos e bem distribuídos no solo, são excelentes representantes da diversidade da fauna edáfica (CASSAGNE; GERS; GAUQUELIN, 2003). Os colêmbolos têm influência

significativa na ecologia microbiana do solo, ciclagem de nutrientes e fertilidade, pois podem comportar-se como saprófagos; fragmentando os resíduos vegetais, ou como predadores; alimentando-se de microrganismos. Por isso, desempenham papel importante no solo com interferência em processos que afetam a sua qualidade (OLIVEIRA FILHO et al., 2015, OLIVEIRA FILHO; BARETTA, 2016).

Baretta et al. (2011) afirmam que a população de Collembola pode ser diretamente perturbada pelo uso indiscriminado ou incorreto do solo. Bengtsson et al. (2000) e a OECD/OCDE (2009) salientam que os colêmbolos são organismos sensíveis à aplicação de pesticidas e às diferentes práticas de manejo empregadas. E ainda, apresentam-se sensíveis às alterações de temperatura (ARBEA; BASCO-ZUMETA, 2001; RIEFF et al., 2014) e precipitação, pois são dependentes de fornecimento de água, em que a redução ou ausência de umidade, pode aumentar a taxa de mortalidade em espécies mais sensíveis (OLIVEIRA FILHO; BARETTA, 2016).

Além disso, apresentam distribuição distinta no solo, em que podem habitar diferentes posições dentro do perfil. Portanto, são identificadas três formas de vida típicas de colêmbolos, as quais indicam seu grau de adaptação ao solo, e são determinadas com base em características morfológicas de fácil identificação (*traits*) que estão ligadas ao comportamento e relação dos colêmbolos com o ambiente. Os colêmbolos são classificados então, como edáficos (mais adaptados ao solo), hemiedáficos (intermediários) e epígeos (mais adaptados à serapilheira). Por meio desta classificação baseada em características, é possível estudar a interferência de fatores abióticos sobre esses organismos, sem exigir, no entanto, um complexo conhecimento taxonômico (PEY et al., 2014; MACHADO, 2015; OLIVEIRA FILHO et al., 2016; SILVA et al., 2016).

Frente ao exposto, os colêmbolos são considerados organismos com grande potencial para serem utilizados como bioindicadores das condições edáficas. Então, a hipótese deste estudo é que a população de Collembola é influenciada por sistemas de uso do solo e é menos afetada naqueles com menor ação antrópica; assim, estes organismos podem ser bons bioindicadores da qualidade do solo nesses ambientes, apontando locais que precisem de maior ou menor atenção.

Destaca-se que são praticamente inexistentes trabalhos que tratam da diversidade de colêmbolos, bem como sua relação com atributos físicos e químicos do solo em sistemas de cultivo no Brasil, especialmente no estado de Santa Catarina.

Portanto, estudos que avaliem o efeito de sistemas de uso do solo, associados a gradientes de intensificação de uso, são necessários para elucidar ainda mais a contribuição da

biologia do solo, principalmente dos colêmbolos, na tarefa de apontar relações com as condições edáficas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo é avaliar o efeito da intensidade de uso do solo sobre a diversidade morfológica de colêmbolos, bem como sua relação com os atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, de forma a identificar seu papel como bioindicadores.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar a ocorrência de colêmbolos, por meio da identificação de morfotipos, nos sistemas de uso do solo;
- b) Avaliar a interferência dos sistemas de uso do solo e das épocas (inverno e verão) na diversidade e abundância morfológica de colêmbolos;
- c) Correlacionar a ocorrência de morfotipos de colêmbolos com os atributos físicos, químicos e microbiológicos das áreas, bem como analisar o potencial destes como indicadores de qualidade solo;
- d) Determinar o índice de qualidade biológica do solo (QBS) modificado e a média ponderada do valor das características na comunidade (mT), para os sistemas de uso do solo estudados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE USO DO SOLO

No solo existem diversas inter-relações entre os atributos físicos, químicos e biológicos, as quais controlam os processos e os aspectos relacionados à sua variação no tempo e no espaço. Desta forma, as alterações feitas no uso do solo podem alterar diretamente sua estrutura, atividade biológica e conseqüentemente, sua fertilidade, podendo promover prejuízos à qualidade do solo e à produtividade das culturas. Por isso, a variação desses atributos edáficos, determinada pelo uso e manejo, quando avaliada é importante ferramenta na busca de garantir a qualidade do solo e a sustentabilidade do ecossistema (CARNEIRO et al., 2009).

O uso do solo na agricultura é a combinação de um tipo de atividade e das intervenções necessárias para o seu sucesso. Estas intervenções, são as práticas de manejo do solo, que consistem numa série de operações realizadas para propiciar condições favoráveis à semeadura, ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas (EMBRAPA, 2006).

Os sistemas tradicionais de preparo do solo, nos quais o manejo é baseado no revolvimento intensivo e tráfego de máquinas agrícolas, podem compactar as camadas subsuperficiais do solo e causar erosão, levando à desestruturação (BERHE et al., 2013). Essa perda de estrutura além de estar associada à compactação e erosão, envolve outros processos como, a exposição das redes de hifas dos fungos as quais ajudam a unir as partículas de solo; variações de temperatura; modificações nas comunidades da fauna edáfica que são responsáveis pela criação de galerias e decomposição da MOS; em que a ocorrência conjunta desses processos culmina na redução da biodiversidade do solo. Por isso, a preocupação em diminuir os impactos que são responsáveis pelo declínio da biodiversidade em escala global, trouxe para o setor agropecuário, práticas de manejo que priorizam o uso racional do solo, que mantenham suas propriedades físicas, químicas e biológicas, e desta forma preservem a qualidade do mesmo.

Nesse sentido, surgem os sistemas conservacionistas de manejo do solo em áreas agrícolas, que têm como objetivo principal o controle da erosão, evitando desgaste ou degradação das áreas. Entre estes sistemas, destacam-se o plantio direto (PD) e a integração lavoura-pecuária (ILP), os quais têm demonstrado efeitos benéficos, não somente na melhoria dos atributos físicos e químicos, mas também do ponto de vista de diversidade biológica (PORTILHO et al., 2011; BARTZ et al., 2012).

Em sistemas de ILP, há implantação de diferentes atividades em uma mesma área, por exemplo, a produção de grãos, fibras, carne, leite, entre outros, que pode ocorrer de forma consorciada, sequencial ou rotacional (MACEDO, 2009). O interesse por esse modelo de produção deve-se aos benefícios que podem ser ganhos por essa associação, como, a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; quebra de ciclo de doenças e redução de plantas daninhas; diminuição de riscos econômicos pela diversificação de atividades; redução de custo da recuperação e da renovação de pastagens, quando se encontram em processo de degradação (VILELA et al., 2011).

Quando bem manejado, o plantio direto pode reverter a degradação dos solos, melhorar a rentabilidade dos agricultores e aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (O AGRÔNOMICO, 2004). O sistema de plantio direto baseia-se em três princípios: revolvimento mínimo do solo, restrito na linha de plantio; rotação de culturas; e manutenção dos restos culturais de uma safra para outra; ou seja, a palhada que protege o solo da ação das gotas da chuva, da erosão hídrica e possibilita a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas (PAUL et al., 2013; MARTÍNEZ et al., 2013).

A rotação de culturas garante a sustentabilidade do plantio direto, pois, permite a quebra de ciclos de pragas, doenças, plantas daninhas e proporciona quantidades apropriadas de palha para manter ou incrementar o nível de matéria orgânica no solo (LANDERS, 2005). Segundo Baretta et al. (2006) a rotação de culturas associada ao tipo de preparo do solo pode modificar as características físicas, químicas e afetar nas populações de organismos edáficos que nele habitam.

Gatiboni et al. (2011) analisaram as modificações na comunidade da fauna edáfica durante a decomposição de resíduos de aveia preta e centeio, cultivadas em sistema plantio direto e verificaram que a fauna edáfica tem sensibilidade à quantidade de palhada remanescente sobre o solo e que a redução da disponibilidade desta diminuiu a diversidade desses organismos.

A presença permanente de palhada sobre o solo permite o incremento acentuado na atividade biológica e favorece a ocorrência de representantes importantes da fauna para a manutenção da qualidade edáfica. Esse fato foi constatado por Abreu et al. (2014), sendo esse efeito atribuído ao tipo de resíduo, que proporciona abrigo e alimento para os organismos do solo.

Analisando o uso do solo com floresta plantada, Ferreira e Marques (1998) afirmaram após levantamento de campo, que devido à relação organismo-ambiente, maior número de espécies de artrópodes ocorre em área de mata nativa, quando comparada ao monocultivo de

eucalipto. Segundo os autores, isto possivelmente deve-se ao eucalipto apresentar dossel relativamente descontínuo com maior radiação solar, maior temperatura e serapilheira uniforme, se comparado à área de mata. De acordo com Pereira, Baretta e Cardoso (2015) é importante ressaltar que algumas práticas específicas do manejo florestal, podem ser responsáveis por alterações na biodiversidade do solo e conseqüentemente no desempenho do ecossistema.

No caso de áreas de pastagem, a permanência de organismos edáficos também depende das condições solo e das práticas de manejo empregadas nesse sistema. Portanto, uma pastagem mal manejada; principalmente pelo excesso da frequência e da intensidade de pastejo e ausência de adubação; têm sua capacidade produtiva limitada, pois não apresenta qualidade de atributos, químicos, físicos e biológicos (OLIVEIRA; CORSI, 2005).

Bartz et al. (2014) e Rosa et al. (2015) analisando a influência de diferentes usos do solo na diversidade da fauna edáfica no estado de Santa Catarina, observaram que os sistemas menos intensos forneceram melhores condições para o desenvolvimento de maior diversidade de grupos de organismos no solo em comparação com outros sistemas de uso que mostraram maiores graus de intervenção humana, independentemente da época de amostragem (inverno ou verão).

As variações da fauna edáfica em resposta aos diferentes sistemas de uso, manejo do solo e cobertura vegetal vêm sendo analisadas através de técnicas de análise multivariada, que proporcionam maior entendimento entre as relações dos componentes da fauna, além de identificar quais propriedades biológicas mais contribuem para discriminar sistemas de manejo do solo (BARETTA et al., 2005).

Sendo assim, as recomendações de manejo devem direcionar para práticas que favoreçam a biologia do solo, pois são os organismos edáficos, incluindo colêmbolos, os responsáveis por transformações físicas e químicas do solo, que o habilitam a exercer suas funções na natureza (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

2.2 FAUNA EDÁFICA

2.2.1 Funções ecológicas

A fauna edáfica é composta por organismos invertebrados que habitam o solo permanentemente ou que passam um ou mais ciclos de vida nele e, desta forma, desempenham funções importantes nesse ambiente (AQUINO; CORREIA, 2005; BARETTA et al., 2011).

Esses organismos dividem-se de acordo com sua atividade ou funcionalidade no solo em micro predadora, transformadora ou decompositora da serapilheira e engenheiros do ecossistema (LAVELLE, 1997). Também apresentam ampla variação quanto ao tamanho e hábitos de vida, fatos que lhes conferem habilidades diferenciadas na sua estratégia de alimentação e adaptação ao habitat (SILVA, 2012).

A classificação da biota do solo mais utilizada pelos pesquisadores é aquela proposta por Swift, Heal e Anderson (1979), em que os grupos são classificados de acordo com sua mobilidade, hábito alimentar, função que desempenham no solo e, principalmente, pelo seu tamanho, em: microfauna (<0,2 mm), mesofauna (0,2-2,0 mm) e macrofauna (>2,0 mm) (BARETTA et al., 2011).

A microfauna possui organismos como os rotíferos e nematoides, que atuam de maneira indireta, na ciclagem de nutrientes, regulando as populações de bactérias e fungos, por meio da sua ingestão (MELO et al., 2009).

A mesofauna apresenta invertebrados que se movimentam nos poros do solo e na interface entre a serapilheira e o solo. Destacam-se por apresentar funcionalidade alimentar diferente, pelo consumo de microrganismos e a fragmentação da serapilheira (KE; WINTER; FILSER, 2005; OLIVEIRA FILHO; BARETTA, 2016). Os animais que mais se destacam nesse grupo, em virtude da abundância e diversidade, são ácaros e colêmbolos. Os ácaros atuam como predadores, controlando a população de outros organismos no solo especialmente a microbiota; enquanto os colêmbolos ainda pouco estudados no Brasil, exercem importante função detritívora, contribuindo para a decomposição da matéria orgânica e o controle das populações de microrganismos e fungos (MELO et al., 2009).

A macrofauna, tem como principais funções, a fragmentação do resíduo vegetal e sua redistribuição, e a predação de outros invertebrados. Também são chamados de “engenheiros do solo” por atuarem na estruturação e escavação do mesmo. É representada pelas minhocas, aranhas, besouros, centopeias, cupins, formigas, larvas e outros organismos menos frequentes (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979).

Frente ao exposto, percebe-se que a atividade dos animais edáficos pode afetar uma série de processos ecossistêmicos, que contribuem direta e indiretamente para inúmeros serviços ambientais, os quais são essenciais para o funcionamento dos ecossistemas terrestres (LAVELLE et al., 2006).

A contribuição da fauna do solo é principalmente indireta para os serviços ambientais, por exemplo, na produção primária e secundária de alimentos (efeitos no crescimento das plantas, produção de biomassa vegetal e animal); atividades de recreação (para coleções de

lazer ou uso como isca para pescar); na pedogênese; na conservação da biodiversidade (por alteração do solo como habitat para outros organismos), entre outros, não menos importantes (BROWN et al., 2015).

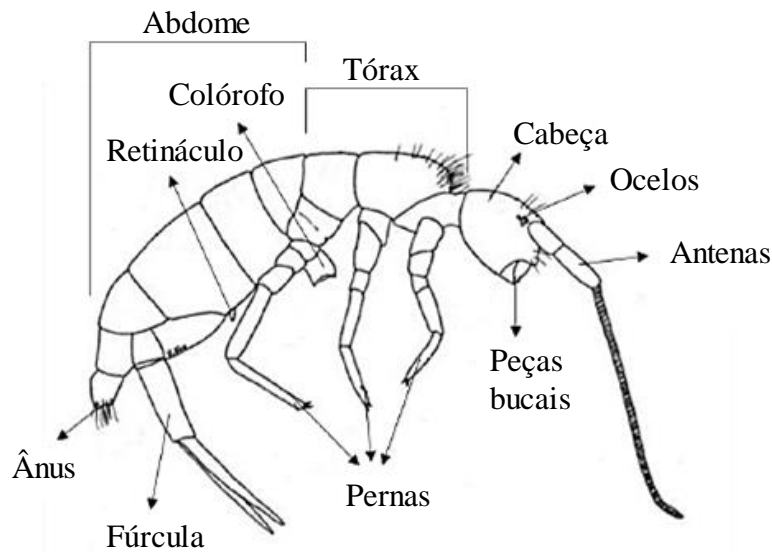
Além disso, a fauna do solo está relacionada com outros serviços ambientais, tais como: ciclagem de nutrientes e dinâmica da decomposição da matéria orgânica disponível no solo (por mudanças na estrutura e agregação do solo); polinização (principalmente por insetos) e tratamento de resíduos (por decomposição de resíduos ou degradação de pesticidas). Inclusive ocupam diferentes níveis tróficos, formando uma complexa teia alimentar (BARDGETT; PUTTEN, 2014).

Merlim (2005) salienta que analisar a diversidade e a importância de determinados grupos funcionais edáficos, pode ser a abordagem que mais contribua para a compreensão da capacidade reguladora da fauna dos solos nos ecossistemas.

2.2.2 Collembola e sua importância

A classe Collembola pertence à mesofauna edáfica e é representada por artrópodes muito pequenos, com padrão de tagmose do corpo onde se observa cabeça, tórax e abdome com até seis segmentos (Figura 1). Os colêmbolos são entognáticos, ou seja, suas peças bucais não são expostas, mas sim localizadas dentro de uma cavidade oral (BELLINGER; CHRISTIANSEN; JANSSENS, 2015). O corpo pode ser alongado ou globoso, onde a cutícula é normalmente coberta de pelos ou escamas, que protegem o organismo da perda de água e assim da desidratação (HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2014).

Figura 1 – Anatomia externa básica de um colêmbolo.



Fonte: Adaptado de Hopkin, 1997.

Os colêmbolos não possuem asas e apresentam apêndices abdominais particulares (ZEPPELINI FILHO; BELLINI, 2004), por exemplo, um colóforo no primeiro segmento abdominal, que está relacionado com a adesão ao substrato através da secreção de substância pegajosa e trocas iônicas com o ambiente; a fúrcula, estrutura localizada no quarto segmento abdominal, que os capacita ao movimento saltatório e auxilia na fuga; e o retináculo, no terceiro segmento abdominal que serve para apoiar a fúrcula contra o abdome (HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2014).

Seus corpos apresentam distintas colorações, em que pode observar-se cor cinza-azulado, desprovido de pigmento (HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2014), tons amarelados e avermelhados, bem como padrões específicos de coloração, os quais podem ser visualizados em www.collembola.org. São ovíparos, sendo seus ovos lisos e esféricos, depositados isolados ou em grupos, sobre o solo ou sobre a vegetação rasteira (BUZZI, 2013).

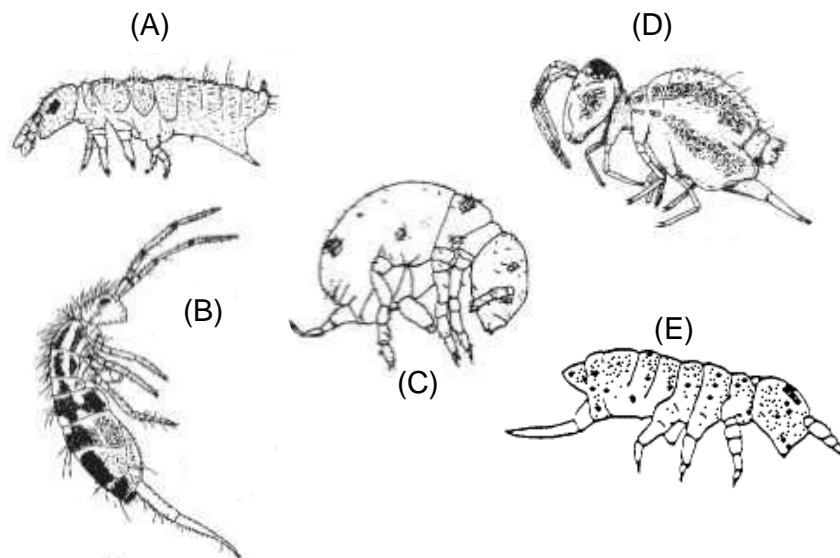
Estes organismos são classificados como ametábolos, ou seja, os colêmbolos recém emergidos apresentam características morfológicas semelhantes aos adultos, diferenciando-se apenas, pelo fato da pigmentação, as escamas ou pelos estarem reduzidos e pela ausência de abertura genital (ZEPPELINI FILHO; BELLINI, 2004).

Apesar de se tratar de um grupo onde os organismos possuem um padrão quanto às características morfológicas, estes apresentam distinções específicas, e por isso são divididos em quatro ordens, que até o momento são as mais aceitas: Poduromorpha, Entomobryomorpha, Neelipleona e Symphypleona (JANSSENS; CHRISTIANSEN, 2011). Alguns autores, ainda

distinguem uma nova ordem, *Metaxypleona*, com posição filogenética indefinida (DEHARVENG, 2004; ZEPPELINI, 2012) (Figura 2).

Os representantes de *Poduromorpha* caracterizam-se pelo corpo alongado, com nítida divisão dos segmentos, com pró-tórax visível e providos de cerdas na parte dorsal. Contudo, *Entomobryomorpha* possui um pró-tórax reduzido, com ausência de cerdas. Enquanto *Neelipleona* e *Symphyleona* separam-se dos anteriores por apresentar corpo globular e segmentos abdominais fundidos (D'HAESE, 2003).

Figura 2 – Imagem ilustrativa dos aspectos morfológicos das principais ordens de Collembola: (A) *Poduromorpha*, (B) *Entomobryomorpha*, (C) *Neelipleona*, (D) *Symphyleona* e (E) *Metaxypleona*.



Fonte: Adaptado de Zeppelini; Bellini, 2004.

Os colêmbolos se alimentam principalmente de hifas de fungos e de material vegetal em decomposição. Ao se alimentarem das hifas, beneficiam o crescimento dos fungos, principalmente, pela dispersão de propágulos e pela remoção de hifas velhas, induzindo o crescimento compensatório (RUSEK, 1998).

Buzzi (2013) salienta que os colêmbolos exercem papel importante na decomposição de elementos orgânicos tornando-os disponíveis à ação de fungos, de bactérias e acelerando o processo de ciclagem de nutrientes. Os colêmbolos também servem de alimento para inúmeros invertebrados e de pequenos vertebrados.

Segundo Bellinger, Christiansen e Janssens (2015) estes organismos são considerados ubíquos, ou seja, é possível encontrar representantes em qualquer habitat, podendo sobreviver

na serapilheira, árvores, litoral marinho e água doce, porém, ocorrendo em maior número e diversidade nos solos, principalmente onde há maior teor de matéria orgânica.

Também estão espalhados em regiões temperadas, nos trópicos e regiões do ártico e constituem uma linha evolutiva de artrópodes de maior sucesso comparado com outros invertebrados. Há relatos de espécies encontradas no monte Everest a mais de 6.000 metros de altitude e no sul do Antártida, onde conseguem sobreviver a temperaturas de -60°C (BUZZI, 2013).

Em todo o mundo, existem mais de 8.000 espécies descritas de colêmbolos, sendo a maior parte registrada em regiões de clima temperado, distribuídas em cerca de 600 gêneros de 30 famílias distintas (BELLINGER; CHRISTIANSEN; JANSSENS, 2015). No Brasil são registradas aproximadamente 287 espécies, distribuídas em 19 famílias e 94 gêneros (ABRANTES et al., 2012).

São invertebrados em que umidade e a temperatura são fatores que determinam o habitat ideal e influenciam a taxa de reprodução e crescimento dos indivíduos, bem como sua distribuição vertical ao longo de um perfil (ARBEA; BASCO-ZUMETA, 2001). Por isso, por adaptarem-se de maneira distinta no solo, as espécies de colêmbolos podem apresentar inúmeras funções e desempenhar papéis diferentes no ecossistema, pois exploram variados tipos de fontes de alimento em diferentes camadas do solo (POTAPOV et al., 2016).

O estudo de Oliveira Filho et al. (2016) é esclarecedor nesse sentido, pois estudaram a estrutura da comunidade de Collembola, ou seja, colêmbolos que habitam diferentes posições no perfil do solo, em plantio direto e integração lavoura-pecuária no Planalto Catarinense, e constataram que essa abordagem é uma excelente ferramenta para avaliar o funcionamento do ecossistema que a densidade de indivíduos, uma vez que é mais facilmente associada aos serviços ecossistêmicos.

2.3 BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

A qualidade do solo está relacionada ao seu funcionamento, observada pelos seus indicadores químicos, físicos e biológicos (LAVELLE et al., 1993; DORAN; PARKIN, 1994). Assim, a degradação do solo é revelada pela alteração desses componentes, sempre que ocorra alguma perturbação nesse ambiente. Nesse sentido, os organismos do solo são vistos como indicadores biológicos (bioindicadores) da qualidade do solo, especialmente quando se analisa fatores como sua abundância e diversidade.

Os bioindicadores são espécies de importância no ecossistema e que apresentam sensibilidade a pressões antropogênicas e assim, podem ser uma forma rápida e barata de avaliar a qualidade, o funcionamento e até mesmo a degradação de um solo (BECK et al., 2005).

De acordo com Correia (2002) um organismo ou um conjunto de organismos não necessariamente responderão com a mesma intensidade sob um conjunto de condições ambientais. Por isso, justifica-se o uso da bioindicação sob três circunstâncias:

- ✓ o fator indicado não pode ser medido, sendo esta situação exemplificada pela aplicação de bioindicadores para evidenciar fatores ambientais passados;
- ✓ o fator ambiental é difícil de ser medido, como o que acontece para substâncias químicas com uma meia vida muito curta. Neste caso, é mais eficiente medir os seus efeitos ecológicos;
- ✓ o fator ambiental pode ser medido, mas é de difícil interpretação, e não pode ser avaliado sem a simultânea avaliação de um bioindicador.

A utilização dos organismos edáficos como bioindicadores da qualidade do solo é uma abordagem que permite avaliar vários tipos de impactos, como poluição, deposição de dejetos e contaminantes, preparo do solo e desmatamento (PAOLETTI, 1999). Essas mudanças observadas nos ecossistemas provocam um impacto desproporcional sobre a biota do solo, pois a redução da biodiversidade pode não ser uniforme em todos os táxons (LIIRI et al., 2012).

Rovedder et al. (2009) verificaram em seu estudo que a fauna edáfica foi um indicador eficiente da condição de presença ou ausência de cobertura vegetal, podendo ser influenciada pela época de coleta e pelo tipo de cobertura. Santos et al. (2008) ao analisarem a influência de plantas de cobertura na fauna edáfica, concluíram que a maior densidade relativa de invertebrados do solo, é favorecida quando são usadas plantas leguminosas. Percebe-se, portanto, que além do impacto das práticas de manejo e uso do solo, os organismos edáficos são também bastante influenciados pelo tipo de vegetação.

Bispo et al. (2009) desenvolveram um trabalho para apontar indicadores de monitoramento da biodiversidade do solo. Dentre os indicadores apontados por estes autores, três são de grande importância: a respiração no solo, que está ligada à mineralização de matéria orgânica e, portanto, fornece informações sobre ciclagem de carbono; a diversidade de minhocas no solo, pois afetam positivamente a estrutura, aeração, infiltração e capacidade de retenção de água e ciclagem de nutrientes; e a diversidade e abundância de colêmbolos, pois estes são sensíveis à degradação física do solo, causada por várias pressões, por exemplo, a intensidade de uso da terra.

2.3.1 Colêmbolos como bioindicadores

Oliveira e Souto (2011) salientam que a mesofauna edáfica, grupo ao qual pertencem os colêmbolos, pode ser influenciada por práticas de adubação e calagem, além do fator tipo de uso do solo, e isto lhe confere a condição de bioindicador da qualidade do solo.

Hale (1971) salienta, que em 1963 já haviam estudos relacionando alterações nas populações de Collembola, causadas por fatores físicos e mudanças no conteúdo de água do habitat, interferindo na diversidade de espécies. Este mesmo autor comenta que estes organismos poderiam apresentar comportamentos para indicar as condições do solo.

Rovedder et al. (2009) avaliaram a abundância da fauna edáfica em diferentes coberturas de solo e observaram que os grupos Collembola e Hymenoptera foram bons bioindicadores dos efeitos da arenização e da variação entre tratamentos. Barros et al. (2010) analisaram cinco solos e constataram que Collembola sofreu efeito negativo, naqueles que foram impactados com atividade mineradora.

Buzzi (2013) afirma que Collembola são bioindicadores das condições ambientais, pois são sensíveis às modificações no local em que se encontram. Na Europa há estudos como o de Krogh et al. (2008), com a espécie *Folsomia candida*, que é utilizada em testes ecotoxicológicos de impacto de produtos químicos no ambiente. Esta espécie também é estudada no Brasil, a exemplo do estudo de Zortéa et al. (2014), que avaliaram a influência do inseticida Cipermetrina, na sua sobrevivência e reprodução no ambiente solo. Zortéa et al. (2015) também estudaram o comportamento de fuga desta espécie, exposta a solos contaminados com Cipermetrina.

Alves et al. (2014) analisaram a influência de inseticidas na comunidade de *F. candida*, onde verificaram que todos os inseticidas estudados causaram mortalidade, quando usados em concentrações superiores às recomendadas, sendo Fipronil e Imidacloprid os mais letais. Quando utilizados em concentrações menores e próximas às recomendadas, causaram redução na reprodução da espécie. Os resultados encontrados por estes autores são úteis na avaliação dos riscos destes compostos para a biota do solo e por apontarem requisitos para análise de toxicidade de pesticidas.

Ainda sobre estudos ecotoxicológicos com *F. candida* no Brasil, Maccari et al. (2016) analisaram os efeitos ecotoxicológicos do esterco de suínos sobre esta espécie em solos subtropicais. Os resultados encontrados mostraram alta toxicidade em um Neossolo Quartzarênico, em uma dose que é metade da taxa de aplicação recomendada. Por isso, estes autores sugerem que a aplicação desse resíduo, deve ser regulada com base em um critério de

volume, mas sempre aliada aos dados das propriedades do solo, necessidades de cultivo e testes ecotoxicológicos, para melhorar a regulação ambiental e alimentar segura.

Baretta et al. (2008) encontraram em floresta nativa de araucária, maior diversidade da meso e macrofauna do solo e de famílias de colêmbolos, em comparação com outras áreas sujeitas a intervenções antrópicas, evidenciando a sensibilidade desses animais em detectar distúrbios ambientais também em florestas de araucária.

Outras pesquisas vêm sendo desenvolvidas com colêmbolos no Brasil, com o propósito de verificar no solo, o impacto de metais pesados, o efeito de defensivos agrícolas, condições hídricas, práticas de manejo e efeito de fármacos veterinários (CULIK; SOUZA; VENTURA, 2002; OLIVEIRA; SOUTO, 2011; MACHADO, 2015; POMPEO et al., 2016; ZORTÉA et al., 2017). Porém, estudos envolvendo o conhecimento da diversidade dos colêmbolos e a sua relação com a qualidade do solo, são ainda escassos e ficam em sua maioria, restritos a taxonomistas (BARETTA et al., 2011). Pelo fato de haver poucos taxonomistas, o desenvolvimento de mais trabalhos com esse enfoque é dificultado, pois limita a identificação dos exemplares coletados.

Contudo, vários autores propuseram novos métodos para avaliar a qualidade do solo, baseado em organismos da mesofauna (PARISI et al., 2005; YAN et al., 2012; CARVALHO, 2012). Dentre estes métodos, o mais relevante para o estudo dos microartrópodes possivelmente foi o proposto por Parisi (2001), que sugere a criação de um índice de qualidade biológica (*Biological Quality of Soil Index - QBS*), que relaciona maior qualidade do solo com maior número de grupos de microartrópodes bem adaptados a ele.

Esse nível de adaptação é avaliado por meio de morfotipagem, que consiste na observação de algumas características morfológicas, que podem revelar a preferência de determinado organismo a aquele local. Entre estas características, pode-se citar: diminuição ou perda da pigmentação e dos ocelos; formato do corpo simplificado, com redução de alguns apêndices (pelos, antenas e pernas) e diminuição ou perda das adaptações para pular ou correr (PARISI et al., 2005).

Com base na observação e análise destas características obtêm-se valores para o índice eco-morfológico (*Eco-morphological index - EMI*), por meio do qual é possível avaliar o nível de adaptação dos grupos da fauna do solo, sem, no entanto, exigir uma complexa identificação taxonômica (PARISI et al., 2005; CARVALHO, 2012). Assim, propôs-se então, para cada grupo da fauna, um valor eco-morfológico (EMI), que fosse proporcional ao seu nível de adaptação dos organismos. No caso de Collembola, por apresentar indivíduos com diferentes

níveis de adaptação ao solo, fez-se necessária a atribuição de valores para suas diferentes características, resultando em uma série de EMIs.

De acordo com estes EMIs, os colêmbolos foram separados em três diferentes níveis de adaptação ao solo, sendo eles, os edáficos, que vivem em contato direto com o solo durante toda a vida; os hemiedáficos, chamados intermediários e os epígeos, que vivem na superfície do solo, inclusive na serapilheira (PARISI et al., 2005; OLIVEIRA-FILHO et al., 2016).

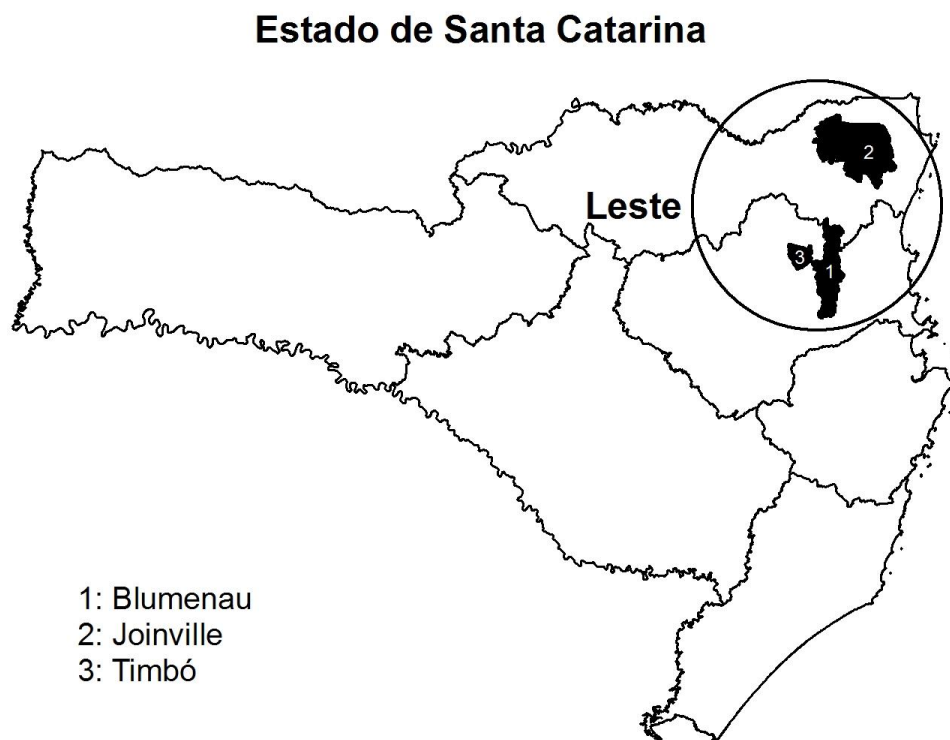
Com base nos EMIs e na diversidade de morfotipos, com posterior atribuição de um valor QBS, torna-se possível verificar como os diferentes usos do solo impactam a comunidade de colêmbolos e como esse grupo se relaciona com a qualidade dos ambientes analisados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREAS DE ESTUDO

Esse estudo faz parte de um projeto temático denominado SISBIOTA/SC (Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade/Santa Catarina), o qual avaliou a biodiversidade de organismos edáficos e outros atributos do solo no estado de Santa Catarina. Mais informações podem ser obtidas em www.biotasc.com. Na presente dissertação a região estudada foi o Leste de Santa Catarina, envolvendo os municípios de Joinville, Blumenau e Timbó (Figura 3).

Figura 3 – Localização dos municípios amostrados na região Leste de Santa Catarina.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Segundo Alvares et al. (2013) a região Leste de Santa Catarina apresenta clima subtropical úmido, com verão quente (Koppen, Cfa). É também designado por estes autores como clima oceânico, sem estação seca. As temperaturas são superiores a 22 °C no mês mais quente e com mais de 40 mm de chuva no mês mais seco.

Os sistemas de uso do solo (SUS) amostrados incluem: (1) floresta nativa (FN), (2) reflorestamento de eucalipto (RE), (3) pastagem perene (PA), (4) integração lavoura-pecuária (ILP) e (5) plantio direto (PD), com o propósito de estabelecer um gradiente de intensificação

de uso do solo, considerando menor intensidade no SUS 1 e maior intensidade no SUS 5. A seleção das áreas nos três municípios buscou condições ambientais parecidas, que permitissem a comparação entre os sistemas, como: SUS com histórico de manejo semelhantes, características geográficas e mesmo tipo de solo nos SUS de cada município.

Os solos identificados nos locais foram: um Argissolo Vermelho Amarelo derivado de rochas granitoides, do Complexo Tabuleiro, em Blumenau; um Gleissolo Háptico derivado de depósitos aluvionares atuais em Joinville; e um Cambissolo Háptico, derivado de depósitos aluvionares atuais em Timbó.

As FNs eram fragmentos de Mata Atlântica, formação Floresta Ombrófila Densa (VIBRANS et al., 2013), as quais possuíam vegetação bem estabelecida e foram consideradas como referência. Os REs eram compostos por árvores de *Eucalyptus* sp., com entrada de animais nas áreas localizadas em Joinville e Timbó. Neste último, o local era anteriormente utilizado para o cultivo de mandioca. Na PA em Blumenau havia entrada de animais de produção zootécnica. Em Joinville e Timbó tratava-se de pastagem nativa, sendo que na primeira ocorria entrada de 30 cabeças de gado.

As ILPs apresentavam rotação de culturas no inverno e no verão. A área em Blumenau era manejada sob o sistema de plantio convencional; no verão era cultivada com milho (*Zea mays*) e no inverno com azevém (*Lolium* sp.), com entrada de 25 cabeças de gado. A área em Joinville era manejada sob sistema de plantio direto; onde cultivava-se milho (*Zea mays*) no verão e no inverno escolhia-se alguma espécie forrageira, com entrada de 30 cabeças de gado. Fazia-se calagem e aplicação de ureia para manutenção das condições do solo de acordo com Manual de Adubação e Calagem para os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A área em Timbó assim como em Blumenau, estava sob plantio convencional; no verão era implantado milho (*Zea mays*) e no inverno aveia (*Avena* sp.) e azevém (*Lolium* sp.), com entrada de 20 cabeças de gado. Neste local havia aplicação de ureia para manutenção das condições do solo. As áreas de PD eram conduzidas com rotação de culturas e manutenção permanente de cobertura do solo (palhada). As três áreas eram cultivadas com milho (*Zea mays*) no verão; no inverno, na área em Blumenau era implantado milho safrinha (*Zea mays*); em Joinville, azevém (*Lolium* sp.); e em Timbó fazia-se pousio.

Outras informações sobre características e histórico das áreas podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), para os municípios de Blumenau, Joinville e Timbó, na região Leste de Santa Catarina.

Municípios	Sistema	Tamanho (ha)	Coordenada geográfica	Tempo de uso da área
Blumenau	FN	10	S 7036699.27 E 689072.41	+ de 50 anos
	RE	2	S 7037323.24 E 687150.56	+ de 50 anos
	PA	2	S 7036621.00 E 689218.00	+ de 50 anos
	ILP	1	S 7036415.92 E 689054.39	20 anos
	PD	1	S 7036552.49 E 689231.55	20 anos
Joinville	FN	100	S 7098183.50 E 714256.37	-
	RE	1	S 7097905.70 E 714259.00	3 anos
	PA	2	S 7097967.00 E 714126.00	-
	ILP	1	S 7099074.14 E 715052.85	50 anos
	PD	7,5	S 7098762.67 E 715054.35	8 anos
Timbó	FN	10	S 7034829.09 E 672428.83	-
	RE	1,5	S 7036091.00 E 670965.00	7 anos
	PA	3	S 7034921.89 E 671807.63	100 anos
	ILP	1	S 7036683.58 E 671182.44	15 anos
	PD	1	S 7035001.24 E 671778.76	5 anos

Abreviação “-”: ausência de informações.

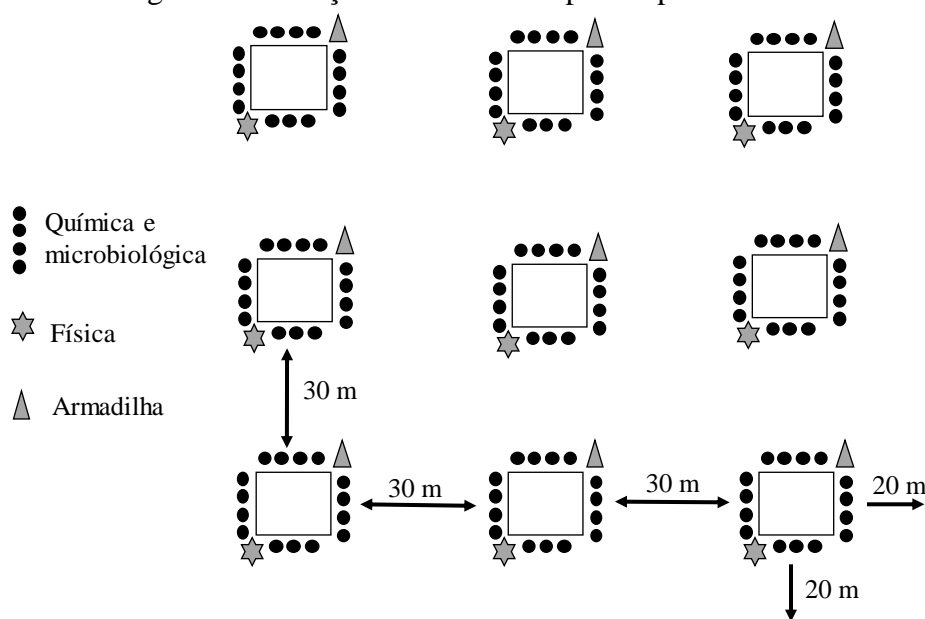
Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

3.2 COLETA DOS DADOS

As amostragens ocorreram em duas épocas distintas (inverno em julho de 2011 e verão em janeiro de 2011). A coleta de amostras de solo para as análises físicas, químicas e microbiológicas, bem como a instalação de armadilhas para a captura da mesofauna edáfica ocorreu em uma grade amostral de 3×3 pontos, com espaçamento entre cada ponto de 30 m (para evitar autocorrelação, ou seja, evitar dependência entre as observações, permitindo que a distribuição dos pontos seja adequada para impedir o efeito espacial sobre os dados coletados) e 20 m de bordadura, totalizando 1 ha para cada área (Figura 4). No entanto, para as análises do presente estudo, foram considerados apenas os cinco primeiros pontos amostrados (totalizando 15 amostras por SUS), pelo fato do número de colêmbolos por amostra ter sido

superior ao esperado e, desta forma, haveria necessidade de muito tempo para morfotipar todas as amostras, o que não seria possível devido ao período disponível para a conclusão das atividades.

Figura 4 – Grid amostral da coleta das amostras de solo para análises físicas, químicas e microbiológicas e instalação de armadilhas para captura de mesofauna edáfica.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

A coleta dos colêmbolos ocorreu com armadilhas de queda, conhecidas como *Pitfall traps*. Este método consiste na instalação de recipientes com abertura de 8 cm de diâmetro (frascos de vidro “tipo de conserva”) contendo solução de aproximadamente 200 mL de água com detergente (proporção 3:1) e extremidade vazada (boca) nivelada à superfície do solo (BARETTA et al., 2014). Estes frascos foram mantidos no campo por 72 horas e então retirados, fechados e levados ao laboratório, onde foi realizada limpeza, separação e classificação dos organismos coletados. Estes organismos foram classificados em classe e/ou ordem e posteriormente armazenamos em álcool absoluto (99,5%). Em seguida, os colêmbolos foram morfotipados, conforme detalhado a seguir no item 3.3.

Para analisar os atributos físicos do solo (Tabela 2), foram coletadas amostras com estruturas preservadas em cilindros de aço, com 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura; e com auxílio de pá de corte amostras com torrões foram retiradas e acondicionadas em sacos plásticos. A estabilidade de agregados fez-se de acordo com Kemper e Chepil (1965) e a granulometria do solo foi determinada pelo método da pipeta (GEE; BAUDER, 1986), utilizando-se solução de hidróxido de sódio como dispersante químico. Os atributos densidade do solo (D_s), porosidade total (PT), microporosidade (Micro), macroporosidade (Macro),

bioporos (Bio) e densidade de partículas (Dp) foram determinados conforme metodologias da EMBRAPA (1997). A umidade volumétrica do solo foi determinada no laboratório, com as amostras secas em estufa a 105 °C por 24 horas.

Para análise dos atributos químicos e microbiológicos do solo, foram coletadas quinze subamostras ao redor de cada um dos pontos do grid de amostragem (Figura 4) na camada de 0-10 cm, para formar uma amostra composta representativa. A determinação dos atributos químicos (Tabela 3) ocorreu conforme metodologias de Tedesco et al. (1995), sendo eles: pH em água, índice SMP, P, K, MO, Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H+Al, CTCpH7, N e relação C/N.

Para os atributos ligados a dinâmica do carbono no solo (Tabela 4), determinou-se o carbono da biomassa microbiana (CMic) pelo método de fumigação-extração (VANCE; BROOKS; JENKINSON, 1987) e atividade microbiana analisada pela determinação da respiração basal microbiana (RMic) (ALEF; NANNIPIERI, 1995). Com os resultados da RMic e do CMic foi calculado o quociente metabólico (qCO_2) (TÓTOLA; CHAER, 2002). O carbono total (C) foi determinado por combustão seca, em equipamento Elementar Vario EL Cube. A partir dos resultados de CMic e Carbono Orgânico Total (COT) calculou-se o quociente Microbiano ($qMic$) expresso pela percentagem de CMic em relação ao COT (ANDERSON, 1994). Informações mais detalhadas a respeito das referidas metodologias podem ser obtidas no estudo de Bröring (2013).

Tabela 2 – Atributos físicos do solo (média \pm desvio padrão) na camada de 0-10 cm em sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), na região Leste de Santa Catarina (n = 15).

Atributos físicos	Sistemas de Uso do Solo - SUS				
	FN	RE	PA	ILP	PD
Ds (g cm ⁻³)	1,09 \pm 0,12	1,52 \pm 0,15	1,31 \pm 0,17	1,34 \pm 0,19	1,35 \pm 0,16
PT (m ³ m ⁻³)	0,60 \pm 0,06	0,43 \pm 0,07	0,50 \pm 0,09	0,48 \pm 0,1	0,49 \pm 0,09
Micro (m ³ m ⁻³)	0,45 \pm 0,07	0,29 \pm 0,08	0,32 \pm 0,09	0,36 \pm 0,11	0,31 \pm 0,11
Macro (m ³ m ⁻³)	0,15 \pm 0,03	0,14 \pm 0,06	0,18 \pm 0,04	0,13 \pm 0,04	0,18 \pm 0,07
Bio (m ³ m ⁻³)	0,05 \pm 0,019	0,05 \pm 0,014	0,02 \pm 0,01	0,02 \pm 0,009	0,03 \pm 0,01
Areia (%)	58,7 \pm 11,65	64,8 \pm 16,9	52,9 \pm 19,22	56,1 \pm 22,32	54,1 \pm 11,41
Argila (%)	33,7 \pm 14,47	24,2 \pm 8,84	21,1 \pm 7,37	27,7 \pm 18,15	34,4 \pm 13,84
Silte (%)	7,7 \pm 7,17	11,0 \pm 14,7	26,0 \pm 23,38	16,2 \pm 15,6	11,6 \pm 7,24
DMP (mm)	5,36 \pm 0,47	5,41 \pm 0,57	4,65 \pm 1,31	4,78 \pm 1,14	4,75 \pm 1,06
Umi (i) (%)	41,3 \pm 12,48	29,4 \pm 10,38	41,7 \pm 15,04	33,0 \pm 6,97	36,0 \pm 4,32
Umi (v) (%)	39,4 \pm 8,26	28,6 \pm 9,6	37,8 \pm 4,51	30,7 \pm 8,16	35,0 \pm 4,5

Ds: densidade do solo; PT: porosidade total; Micro: microporosidade; Macro: macroporosidade; Bio: bioporos; DMP: diâmetro médio ponderado de agregados; Umi (i): umidade no inverno; Umi (v): umidade no verão.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Tabela 3 – Atributos químicos do solo (média \pm desvio padrão) na camada de 0-10 cm, em sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), na região Leste de Santa Catarina (n = 15).

Atributos químicos	Sistemas de Uso do Solo - SUS				
	FN	RE	PA	ILP	PD
pH H₂O	4,56 \pm 0,6	4,69 \pm 0,4	5,04 \pm 0,34	5,81 \pm 0,99	4,9 \pm 0,23
pH SMP	5,75 \pm 0,38	5,89 \pm 0,24	6,25 \pm 0,41	6,47 \pm 0,7	5,9 \pm 0,17
P (mg dm ⁻³)	9,3 \pm 5,7	8,2 \pm 2,72	19,8 \pm 19,5	76,9 \pm 42,02	29,1 \pm 7,63
K (mg dm ⁻³)	34,8 \pm 10,07	96,9 \pm 96,13	66,2 \pm 32,47	152,8 \pm 151,43	150,5 \pm 90,54
N (%)	2,83 \pm 0,76	1,73 \pm 0,56	1,73 \pm 0,66	1,58 \pm 0,55	1,72 \pm 0,23
C/N	10,3 \pm 1,08	11,2 \pm 1,29	11,6 \pm 2,06	11,5 \pm 2,25	9,8 \pm 1,41
MO	2,78 \pm 0,78	2,41 \pm 1,03	2,92 \pm 1,60	2,16 \pm 0,55	1,9 \pm 0,57
Al (cmol _c dm ⁻³)	1,27 \pm 1,06	1,14 \pm 0,52	0,75 \pm 0,44	0,67 \pm 1,05	0,7 \pm 0,38
Sat. Al (%)	31,7 \pm 28,3	34,0 \pm 25,5	19,5 \pm 15,94	12,0 \pm 19,16	11,5 \pm 5,34
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,26 \pm 1,53	2,37 \pm 2,19	2,65 \pm 1,3	5,78 \pm 3,61	3,6 \pm 0,51
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,98 \pm 0,47	1,02 \pm 0,5	1,07 \pm 0,43	1,94 \pm 1,14	1,1 \pm 0,44
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	6,36 \pm 3,09	5,08 \pm 1,2	3,57 \pm 1,5	3,55 \pm 3,41	4,9 \pm 0,9
CTC	9,69 \pm 1,9	8,71 \pm 3,17	7,46 \pm 2,13	11,67 \pm 3,77	9,9 \pm 1,3
Bases	36,0 \pm 20,91	37,0 \pm 18,44	51,8 \pm 17,37	67,6 \pm 26,18	50,9 \pm 5,72
K CTC (CTC ¹)	0,93 \pm 0,24	2,40 \pm 1,66	2,26 \pm 0,76	3,04 \pm 1,99	3,92 \pm 2,18
Ca CTC (CTC ¹)	24,6 \pm 16,56	22,8 \pm 15,37	35,0 \pm 12,6	48,4 \pm 20,22	36,3 \pm 5,7
Mg CTC (CTC ¹)	10,5 \pm 5,05	11,8 \pm 4,48	14,5 \pm 5,2	16,1 \pm 5,97	10,7 \pm 5,56
Ca/Mg	2,08 \pm 0,96	1,97 \pm 1,23	2,42 \pm 0,37	2,92 \pm 0,54	3,9 \pm 1,86
Ca/K	30,8 \pm 23,98	10,1 \pm 6,2	17,4 \pm 9,33	20,8 \pm 13,8	18,4 \pm 19,52
Mg/K	12,85 \pm 8,45	6,68 \pm 4,9	7,36 \pm 4,2	6,95 \pm 4,55	6,1 \pm 5,57

pH: potencial hidrogeniônico; P: fósforo; K: potássio; N: nitrogênio; C/N: relação carbono/nitrogênio; MO: matéria orgânica; Al: alumínio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; H+AL: acidez potencial; CTC: capacidade de troca de cátions pH 7,0; Sat. Al: saturação por alumínio; Bases: soma de bases trocáveis; Ca/Mg: relação cálcio/magnésio; Ca/K: relação cálcio/potássio; Mg/K: relação magnésio/potássio; ¹: % de saturação na CTC a pH 7,0.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Tabela 4 – Atributos do solo ligados à atividade biológica (média ± desvio padrão) na camada de 0-10 cm em sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão e inverno, na região Leste de Santa Catarina (n = 15).

Atributo	Sistemas de Uso do Solo - SUS				
	FN	RE	PA	ILP	PD
	INVERNO				
CMic ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	274 ± 121	311 ± 154	235 ± 95	296 ± 157	124 ± 42,15
RMic ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) ¹	29,0 ± 19,2	30,2 ± 17,9	35,9 ± 15,22	32,7 ± 16,1	23,0 ± 18,3
qCO₂ ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$) ²	0,11 ± 0,07	0,13 ± 0,09	0,18 ± 0,11	0,12 ± 0,05	0,27 ± 0,35
qMic (%)	0,95 ± 0,34	1,88 ± 1,4	1,28 ± 0,52	1,68 ± 0,61	0,76 ± 0,30
COT (%)	29,4 ± 9,37	19,2 ± 6,1	20,6 ± 9,05	17,6 ± 6,18	17,0 ± 3,51
	VERÃO				
CMic ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	419 ± 181,34	470 ± 203	633 ± 494	388 ± 223	795 ± 521
RMic ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) ¹	35,3 ± 12,36	21,6 ± 6,18	34,0 ± 10,67	27,5 ± 8,15	21,8 ± 4,7
qCO₂ ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$) ²	0,11 ± 0,07	0,06 ± 0,05	0,09 ± 0,07	0,10 ± 0,06	0,04 ± 0,02
qMic (%)	1,55 ± 0,81	2,68 ± 1,32	3,42 ± 1,9	2,68 ± 2,18	5,35 ± 4,41
COT (%)	29,4 ± 9,37	19,2 ± 6,1	20,6 ± 9,05	17,6 ± 6,19	17,0 ± 3,51

CMic: carbono da biomassa microbiana; RMic: respiração microbiana do solo; qCO₂: quociente metabólico; qMic: quociente microbiano; COT: carbono orgânico total; ¹: quantidade de C - CO₂ no solo; ²: quantidade de C - CO₂ na biomassa microbiana do solo.

Fonte: Adaptado de de Bröring, 2013.

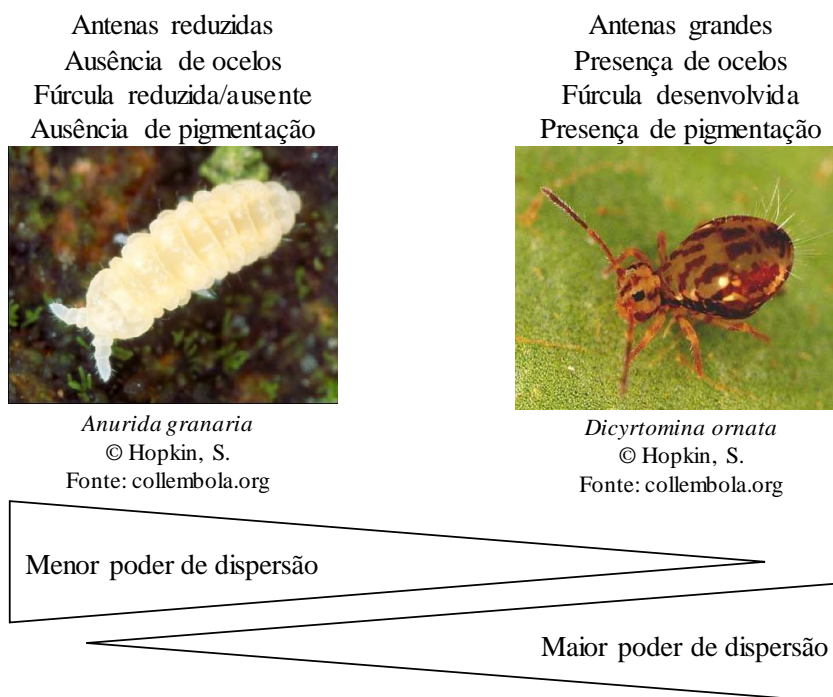
3.3 ANÁLISE MORFOLÓGICA DOS COLÊMBOLOS

Os organismos da Ordem Collembola foram contados e separados em diferentes morfotipos, com utilização de lupa, com aumento de até 50 vezes. A separação dos morfotipos ocorreu de acordo com o grau de adaptação ao solo, onde os organismos com redução no tamanho das antenas, ausência de ocelos e reduzida pigmentação, foram considerados mais edáficos e conseqüentemente com menor poder de dispersão (VANDEWALLE et al., 2010), como pode ser observado na Figura 5.

A adaptação dos colêmbolos ao solo foi então, avaliada de acordo com o valor EMI (*Eco-morphological index* ou Índice eco-morfológico) (PARISI, 2001; PARISI et al., 2005), que se baseia na observação das características morfológicas dos organismos. Assim, a morfotipagem consistiu na observação de cinco características para cada colêmbolo: presença ou ausência de ocelos, pelos e/ou escamas, pigmentação, comprimento de antenas e tamanho de fúrcula (CARVALHO, 2012; OLIVEIRA FILHO et al., 2016). A cada uma destas características foi atribuído um valor parcial EMI (Tabela 5) e a soma desses valores (EMI total), indica maior ou menor adaptação do colêmbolo ao solo. Quanto maior o valor do EMI total, maior sua adaptação ao solo e menor o poder de dispersão do organismo, enquanto o

menor valor corresponde a menor adaptação ao solo e maior poder de dispersão. Este índice pode variar entre 0 e 20 (ANEXO A).

Figura 5 – Esquema representativo das diferenças morfológicas dos colêmbolos em relação ao nível de adaptação ao solo.



Fonte: Adaptado de Carvalho, 2012.

Tabela 5 – Características e valores utilizados para o cálculo do valor EMI para distinção de diferentes morfotipos.

Características		Valor parcial
Ocelos	Presentes	0
	Ausentes	4
Tamanho das antenas	Comprimento da antena maior que o comprimento do corpo	0
	Comprimento da antena maior que metade do comprimento do corpo	2
	Comprimento da antena menor que metade do comprimento do corpo	4
Fúrcula	Presente	0
	Presente, mas reduzida	2
	Ausente	4
Pelos/Escamas	Presentes	0
	Ausentes	4
Pigmentação	Presente, com padrões	0
	Presente, sem padrões	2
	Ausente	4

Fonte: Adaptado de Carvalho, 2012.

Desta forma, a cada combinação diferente das cinco características foi atribuído um morfotipo (grupo morfológico), onde o valor EMI total de cada morfotipo possibilita que os

mesmos sejam separados em três grupos, sendo eles: edáficos (com vida no solo), que engloba os morfotipos com valores variando de 14 a 20; hemiedáficos (intermediários), com valores entre 8 a 12 e epígeos (habitantes da serapilheira), aqueles com valores entre 0 a 6.

3.4 ÍNDICE DE QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO E MÉDIA PONDERADA DO VALOR DO *TRAIT* NA COMUNIDADE

O índice de qualidade biológica do solo (*Biological Quality of Soil* - QBS) foi proposto por Parisi (2001) e baseia-se no conceito de que, quanto maior a qualidade do solo, maior será o número de grupos de microartrópodes bem adaptados a ele. O QBS leva em consideração o índice eco-morfológico, e por isso Parisi et al. (2005) geraram valores de EMI para diferentes grupos de organismos edáficos, de forma a tentar abranger todos os grupos da fauna do solo. No caso de organismos como os colêmbolos, que pudessem ter mais de um valor de EMI, o QBS é determinado apenas pelo EMI mais alto, ou seja, os organismos mais adaptados é que determinam o valor final do índice para o grupo.

Porém, no presente estudo utilizou-se uma adaptação para o cálculo do índice QBS, como forma de melhor explicar o comportamento dos colêmbolos, definido pela Equação 1.

$$QBS = \sum (n^{\circ} \text{ coll} \times \text{valor EMI}) \quad \text{Equação 1}$$

Sendo, “n° coll” o total de colêmbolos de determinado grupo morfológico (morfotipo); o qual é multiplicado pelo valor EMI, correspondente a pontuação total do índice eco-morfológico deste mesmo morfotipo. Posteriormente, faz-se a soma para abranger todos os morfotipos encontrados na área. Desta forma, procura-se obter uma ideia mais abrangente em termos de escala de adaptação ao ambiente, pois trata-se da comparação entre SUS, em um gradiente de intensificação do uso do solo.

Além do QBS, foi calculada a mT (média ponderada do valor do *trait* na comunidade). Essa média considera o total de colêmbolos de um determinado morfotipo, dividido pela abundância destes organismos e ponderada pelo valor específico atribuído às características (*traits*) ligadas à sua forma de vida (EMI) (VANDEWALLE et al., 2010), avaliando então sua participação real em relação ao total de colêmbolos. A mT é definida pela Equação 2.

$$mT = \sum \left[\left(\frac{n^{\circ} \text{ coll}}{\text{total coll}} \right) \times \text{valor EMI} \right] \quad \text{Equação 2}$$

Onde, “n° coll” é o total de colêmbolos de determinado grupo morfológico; e o “total coll” corresponde a soma de indivíduos distribuídos em todos os morfotipos presentes em cada SUS e, o resultado desta divisão é então multiplicado pelo valor EMI. Posteriormente, faz-se a soma para abranger todos os morfotipos encontrados no SUS. Ou seja, um índice de "0" indica que não há afinidade do (s) morfotipo (s) com a adaptação edáfica, enquanto um índice de "20" indica elevada afinidade para uma categoria de características de adaptação edáfica. A mT é muitas vezes entendida por definir uma característica dominante em uma comunidade e desta forma, traz mais uma informação, que se trata da distribuição de frequências em cada categoria (VANDEWALLE et al., 2010).

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS

As análises foram realizadas ao nível SUS, usando o valor de três municípios (cinco amostras por município) como réplica verdadeira em cada SUS ($n = 3 \times 5 = 15$). Foi considerado que cada morfotipo seria a estimativa de uma espécie de colêmbolo e, então, os dados foram analisados por meio da abundância, índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), uniformidade de Pielou (J), riqueza de morfotipos e riqueza de Margalef, para cada SUS, nas duas épocas do ano (inverno e verão). Com a finalidade de comparar os índices entre os SUS em cada época, realizou-se a ANOVA de efeitos principais adotando-se o teste *post hoc* de *Newman Keuls* ($p < 0,05$), através do programa Statistica, versão 7 (STATSOFT, 2004). A escolha deste teste baseou-se no fato dele diminuir os excessos do erro tipo I e ser mais rigoroso ao apontar diferenças entre as médias do que o teste t de Student (OLIVEIRA, 2008). Médias apresentadas no texto e figuras foram calculados utilizando dados não transformados (\pm erro padrão).

Os dados de abundância foram submetidos a análise de correspondência destendenciada (*Detrended Correspondence Analysis* - DCA), a fim de obter o comprimento do gradiente. Considerando que este comprimento foi inferior a três (≤ 3), ou seja, apresentou resposta linear, recomenda-se a análise de componentes principais – ACP (*Principal Component Analysis* - PCA) (ver BRAAK; SMILAUER, 2002) para cada uma das épocas estudadas (inverno e verão), pois foi detectado efeito de época ($p \leq 0,05$).

A abundância de morfotipos foi utilizada como variável resposta (efeito) e os atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo como variáveis ambientais explicativas nas ACPs. As variáveis explicativas colineares foram identificadas pelo fator de inflação (*Variance Inflation Factor* - VIF); e por intervenções de “*forward selection*”, usando sucessivas análises

de redundância (*Redundancy Analysis* - RDA) com base em permutações por teste de Monte-Carlo para cada tipo de variável. Assim, foram retiradas as variáveis explicativas que apresentaram colinearidade e selecionadas as que melhor explicaram a variação dos dados ($p \leq 0,05$). Desta forma, permitiu-se a escolha de um conjunto mínimo de variáveis físicas, químicas e microbiológicas significativas, que melhor explicassem a variação dos morfotipos de *Collembola* em cada época de coleta. Então, somente as variáveis significativas das RDAs foram posteriormente utilizadas na ACP como variáveis ambientais explicativas, que esclarecessem as mudanças observadas nos grupos eco-morfológicos (BARETTA et al., 2014). Para estas análises (DCA, RDA e ACP) utilizou-se o programa estatístico CANOCO versão 4.5 (ter BRAAK; SMILAUER, 2002).

Foi realizada também análise multivariada com caráter de agrupamento baseada no método hierárquico, chamada análise de cluster. Os algoritmos de clusterização baseados neste método organizam o conjunto de dados em uma estrutura hierárquica, de acordo com a proximidade existente entre as classes. Os resultados então, são mostrados na forma de dendrograma, que se trata de uma árvore que iterativamente divide a base de dados em subconjuntos menores (LINDEN, 2009). Essa análise foi feita por ligação completa (vizinho mais distante) e foi tomada a “Distância Euclidiana” entre a abundância dos colêmbolos (organismos armadilha⁻¹) como medida de similaridade para os SUS, utilizando o programa Statistica versão 7 (STATSOFT, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ABUNDÂNCIA, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE MORFOTIPOS

Considerando os cinco sistemas de uso do solo (SUS) foram encontrados e morfotipados 3.664 colêmbolos no inverno, distribuídos em 22 morfotipos; e 17.323 colêmbolos no verão, distribuídos em 15 morfotipos; totalizando 20.987 indivíduos morfotipados, os quais se distribuíram em 25 morfotipos de colêmbolos.

Os morfotipos mais representativos para as duas épocas de coleta (inverno e verão), foram: H50, H4, H48 e H32, com 5.221, 4.844, 4.789 e 3.181 indivíduos, respectivamente. Os menos representativos, considerando abundância menor que 15 colêmbolos, totalizaram nove grupos morfológicos, sendo eles: H15, Ep24, Ed6, H33, Ed7, H14, Ed1, H37 e H53, com 13, 13, 12, 6, 5, 3, 2, 2, 2 indivíduos, respectivamente. A nomenclatura dos morfotipos se refere ao grupo eco-morfológico ao qual os mesmos pertencem, por isso, Ed refere-se à edáfico, H à hemiedáfico e Ep à epígeo.

A análise da variância da abundância média de colêmbolos mostrou diferença entre os SUS no inverno (Figura 6a), enquanto o verão não apresentou diferenças entre os sistemas estudados (Figura 6b).

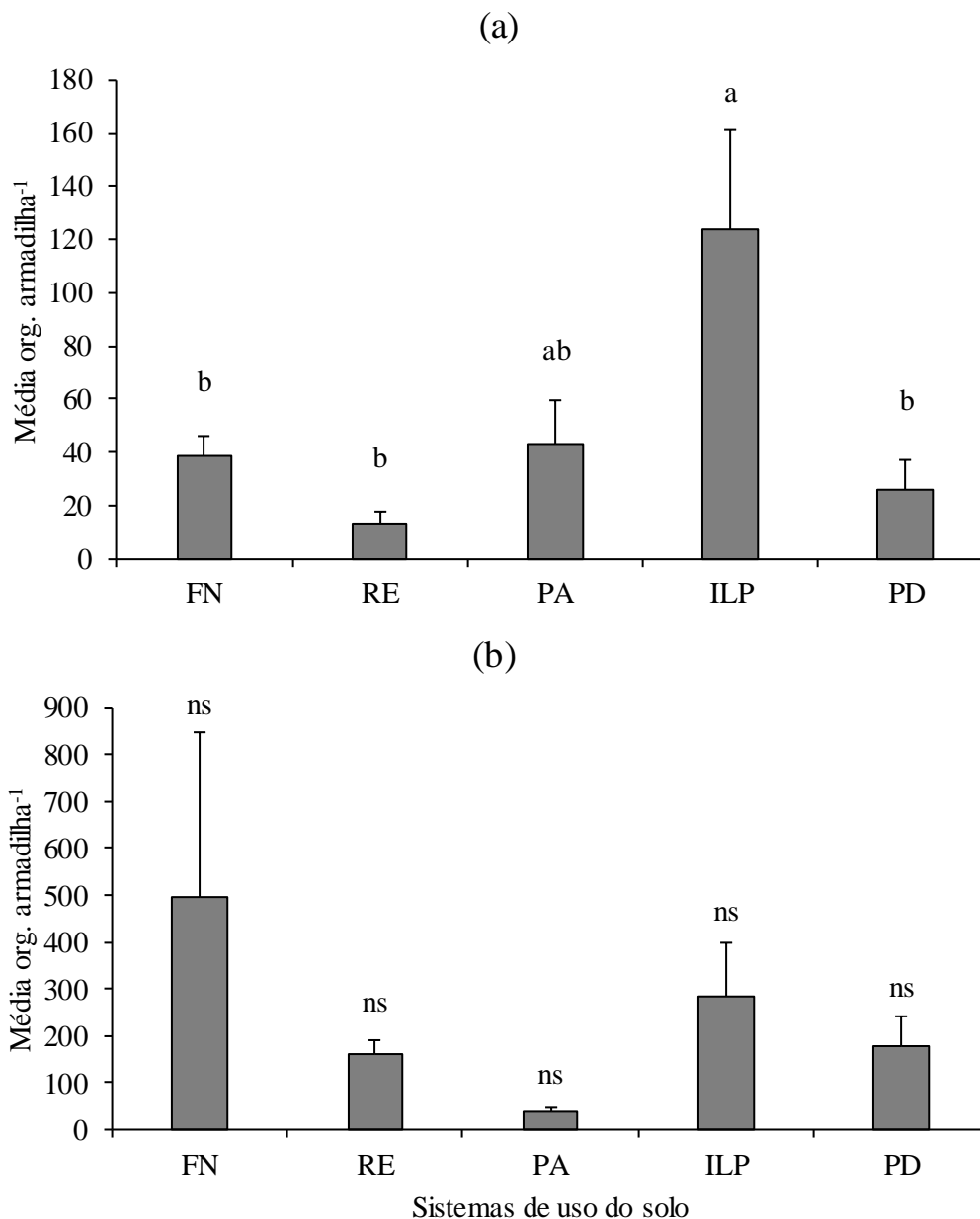
No inverno a maior abundância de colêmbolos foi encontrada em ILP e PA, embora PA não tenha diferido de FN, PD e RE. A rotação de culturas e a diversificação de alimento na serapilheira, junto às práticas de correção do solo e entrada de animais no sistema ILP, podem ter favorecido esse resultado, superando os valores de FN, que em outros estudos se destaca por deter maior densidade de indivíduos de *Collembola*, ou de grupos da fauna edáfica (SILVA et al., 2008; PAUL; NONGMAITHEM; JHA, 2011; POMPEO, 2016).

Ribeiro-Troian, Baldissera e Hartz (2009) também não confirmaram sua hipótese de que áreas de floresta nativa detinham maior abundância de colêmbolos, a qual foi encontrada em áreas de monocultivo de *Pinus* sp. Por outro lado, maiores valores de abundância de colêmbolos podem significar maior dominância de uma ou poucas espécies, o que pode não ser bom para conservação da biodiversidade e para os serviços do ecossistema (BARETTA et al., 2011).

Silva et al. (2013) analisaram diferentes culturas de cobertura do solo e constataram que, a utilização de consórcios entre elas favorece o aumento da abundância de indivíduos da fauna edáfica e o número de colêmbolos. Baretta et al. (2014) em seu estudo, avaliaram a resposta de grupos da fauna edáfica em sistemas de manejo e verificaram que a rotação de culturas demonstra efeito benéfico para a conservação da biodiversidade do solo. Sendo assim, os

resultados obtidos pelos autores supracitados, podem ajudar a explicar o comportamento aqui encontrado para a abundância.

Figura 6 – Abundância de colêmbolos [organismos (org.) armadilha⁻¹] em sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no inverno (a) e verão (b), na região Leste de Santa Catarina.



ns: não significativo.

Médias seguidas de mesma letra nas barras não diferem entre si, pelo teste de *Newman Keuls* ($p < 0,05$; $n = 15$).

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

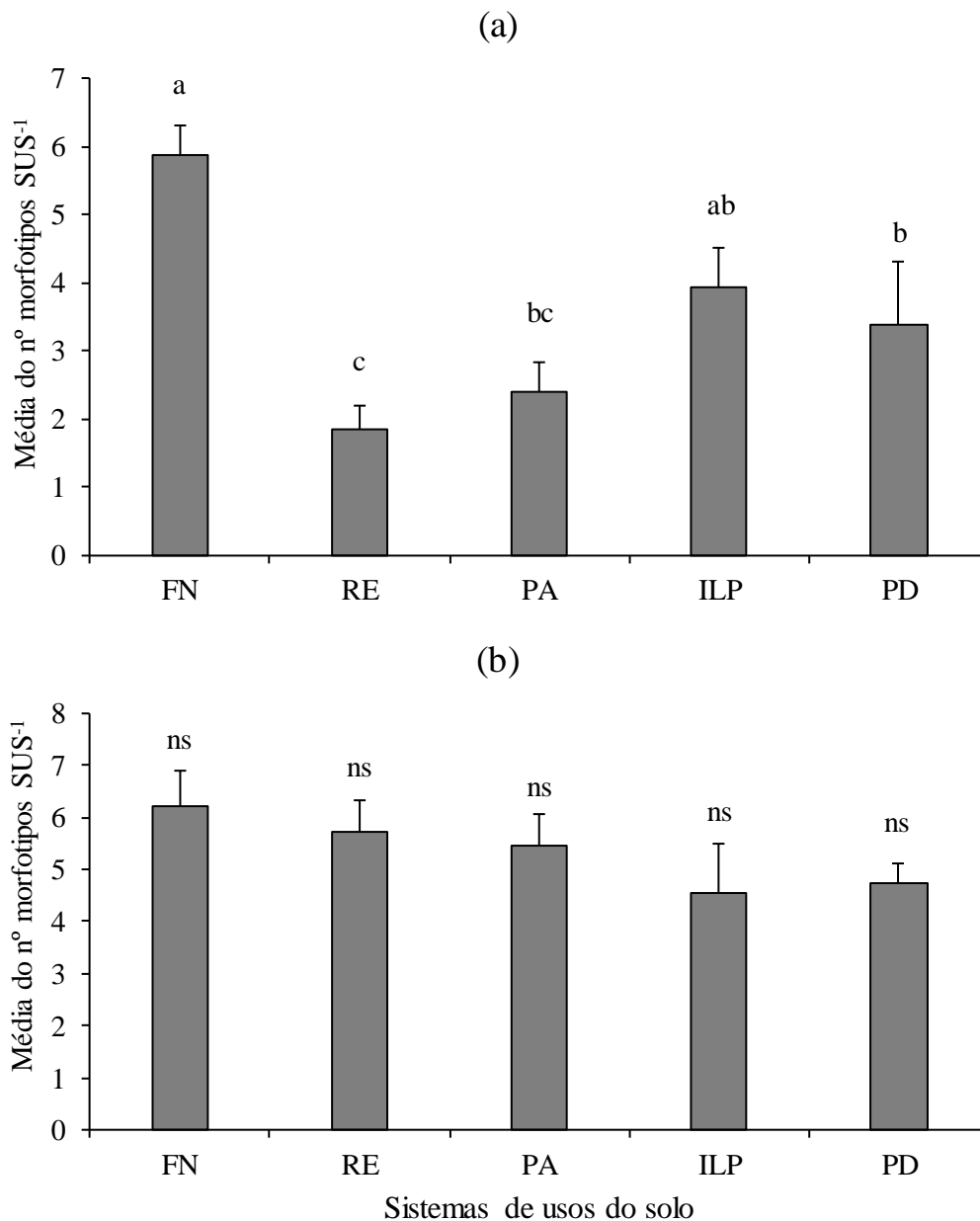
A respeito da riqueza de morfotipos de colêmbolos, percebe-se que no inverno (Figura 7a) os sistemas FN e ILP apresentaram os maiores valores, apesar de ILP não diferir dos

sistemas de PD e PA, e a menor riqueza foi encontrada no RE. Machado (2015) encontrou valores superiores de riqueza de morfotipos de Collembola também em FN, porém na época do verão, pois no inverno os SUS não diferiram significativamente em seu trabalho, realizado no Planalto Catarinense; região com clima bem diferente do Leste, caracterizado por exibir temperaturas mais baixas. Moço et al. (2005) encontraram maiores valores de riqueza em áreas de floresta, estudando vários grupos da fauna edáfica, entre eles Collembola, no Norte Fluminense-RJ.

De acordo com Pillar et al. (2013) a riqueza de espécies (ou no caso, de morfotipos) está fortemente associada à diversidade funcional (relacionada às funções que cada espécie desempenha dentro da comunidade), pois as características das espécies são mais ou menos diferentes entre si e isso significa que comunidades com maior dissimilaridade dessas características, tendem a ter maior diversidade funcional. Winck et al. (2017) observaram maiores valores de indicadores taxonômicos e funcionais da comunidade de colêmbolos, em área de floresta em Eldorado do Sul-RS, e atribuíram esses resultados a menor perturbação neste uso do solo associada à alta diversidade da vegetação e, portanto, de vários recursos tróficos e de habitats para os colêmbolos.

No verão, a riqueza de morfotipos não diferiu entre os sistemas (Figura 7b), contrariando as diferenças entre os SUS encontradas por Machado (2015) no Planalto Catarinense, que apesar de avaliar os mesmos SUS com mesmo esquema de amostragem, como já comentado o clima apresenta outra classificação da região Leste, e isso pode ter sido o que mais influenciou em diferentes valores de riqueza de morfotipos de colêmbolos.

Figura 7 – Riqueza de morfotipos de colêmbolos [número (n°) de morfotipos] em sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no inverno (a) e verão (b), na região Leste de Santa Catarina.



ns: não significativo.

Médias seguidas de mesma letra nas barras não diferem entre si, pelo teste de *Newman Keuls* ($p < 0,05$; $n = 15$).

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Os valores obtidos para o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), uniformidade de Pielou (J) e riqueza de Margalef encontram-se na Tabela 6. Observam-se diferenças entre os SUS para todos os índices no inverno, onde H' e Margalef apresentaram valores mais elevados em FN e os demais usos não diferiram entre si (RE, PA, ILP, PD). Para o índice J , o RE

apresentou maior valor, apesar de não diferir de FN, PD e PA, e o menor valor foi encontrado em ILP.

Percebe-se que o SUS com menor intensidade de uso e ação antrópica (FN), deteve os maiores valores do índice H' e riqueza de Margalef, o que indica que esse sistema apresenta alta diversidade quando comparado aos demais e, portanto, há colonização de vários morfotipos de colêmbolos, com estratégias diferentes de sobrevivência. Além disso, a riqueza de Margalef apresentou semelhança com a riqueza de morfotipos para o período do inverno. Importante lembrar que este índice de riqueza, por sua vez, considera o total de morfotipos e o total de indivíduos, ou seja, tenta compensar o efeito de diferentes tamanhos de amostras (KANIESKI, 2010; CORTE et al., 2013).

Pompeo et al. (2016) estudando grupos da fauna edáfica, observaram H' mais elevado também em áreas de FN, quando comparada à área de campo nativo melhorado e reflorestamento de *Pinus* sp. no Planalto Sul Catarinense. Ludwig et al. (2012) estudando grupos da fauna edáfica em nove SUS, também encontraram maior H' em área de FN, no município de Mata-RS. Nunes et al. (2012) encontraram índice J maior na área de mata, em dois períodos de análise (setembro e março), ao estudar grupos da fauna edáfica em Teresina-PI. Estes estudos apontam resultados semelhantes aos aqui encontrados, para os referidos índices.

No verão os índices de Margalef e J não apresentaram diferenças significativas entre os SUS, enquanto para o índice de H' o maior valor foi encontrado em FN; assim como ocorreu no inverno; apesar de não diferir de PA, RE e PD e o menor valor ocorreu em ILP.

Tabela 6 – Valores dos índices de diversidade de Shannon (H'), uniformidade de Pielou (J) riqueza de Margalef, em floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD) no inverno e verão, na região Leste de Santa Catarina.

	FN	RE	PA	ILP	PD
INVERNO					
Shannon (H')	1,32a	0,48b	0,51b	0,51b	0,76b
Pielou (J)	0,69ab	0,79a	0,59ab	0,48b	0,66ab
Margalef	1,42a	0,37b	0,61b	0,69b	0,84b
VERÃO					
Shannon (H')	1,24a	1,03ab	1,17ab	0,77b	0,95ab
Pielou (J)	0,59ns	0,51ns	0,61ns	0,48ns	0,61ns
Margalef	1,06ns	1,00ns	1,29ns	0,73ns	0,95ns

ns: não significativo.

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de *Newman Keuls* ($p < 0,05$; $n = 15$).

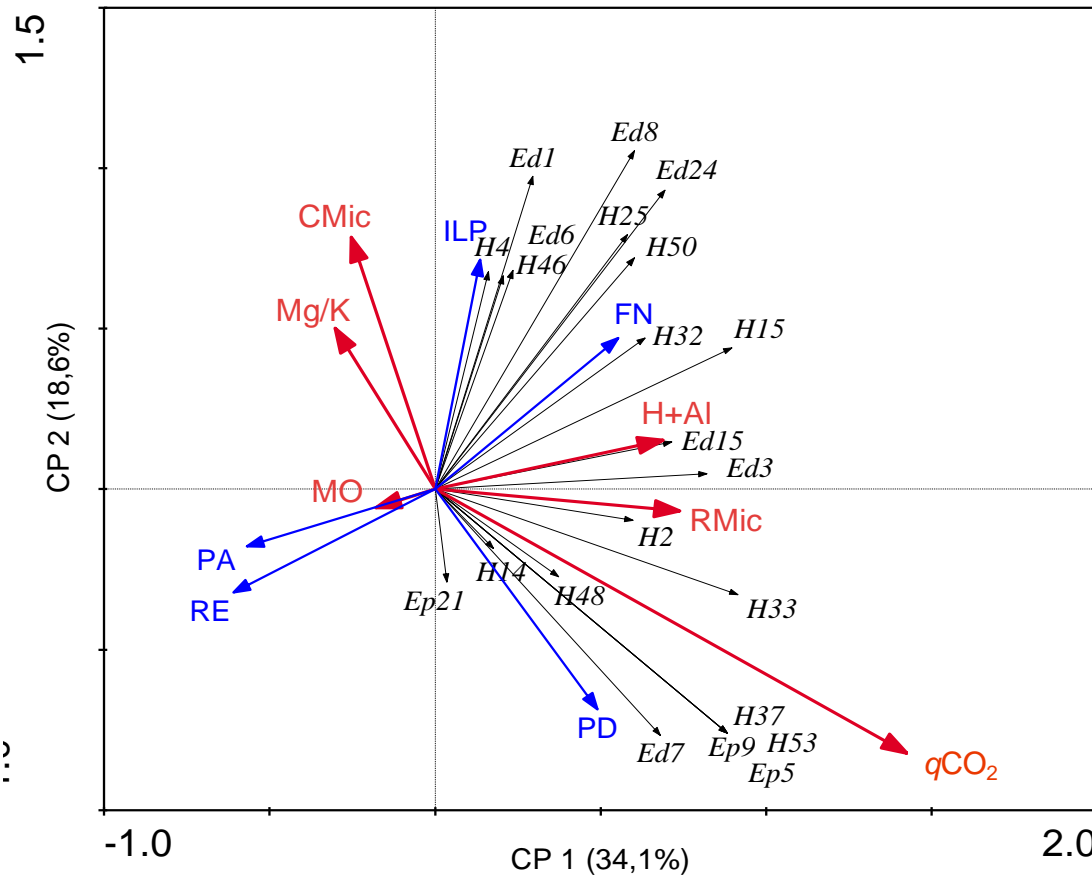
Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

4.2 ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO DE COMUNIDADES

As análises de componentes principais (ACP) para os morfotipos de colêmbolos, tanto no inverno (Figura 8) quanto no verão (Figura 9), apresentaram diferenças entre os sistemas de uso do solo, identificadas pela relação entre a componente principal 1 (CP1) e 2 (CP2). No inverno, a abundância de morfotipos de colêmbolos, explicou 34,1% da variabilidade dos dados na CP1 e 18,6 % na CP2, totalizando 52,7% da variabilidade dos dados (Figura 8).

No inverno, nota-se que FN e ILP aparecem próximos e semelhantes quanto à distribuição de morfotipos de colêmbolos e com maior número de morfotipos (total de 13), os quais estão distribuídos entre os grupos eco-morfológicos dos edáficos (Ed) e hemiedáficos (H). Em seguida PD também demonstra relação com vários morfotipos (total de oito), especialmente com os hemiedáficos e os epígeos (Ep). No entanto, os sistemas PA e RE ficaram próximos entre si, porém pouco relacionados com a abundância de colêmbolos.

Figura 8 – Análise de componentes principais (ACP), dos morfotipos de Collembola (setas pretas) e sua relação com os sistemas de uso do solo (setas azuis) e as variáveis ambientais (setas vermelhas) utilizadas como explicativas, no inverno, na região Leste de Santa Catarina.



FN: floresta nativa; RE: reflorestamento de eucalipto; ILP: integração lavoura-pecuária; PA: pastagem perene; PD: plantio direto; Ed: colêmbolo edáfico; H: colêmbolo hemiedáfico; Ep: colêmbolo epígeo; H+Al: acidez potencial; Mg/K: relação magnésio/potássio; MO: matéria orgânica; CMic: carbono da biomassa microbiana, RMic: respiração microbiana do solo; qCO_2 : quociente metabólico.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

As variáveis ambientais auxiliam na explicação da distribuição dos morfotipos em cada SUS, por meio da associação que demonstram após serem projetadas *a posteriori* na ACP. Assim, percebe-se que os atributos CMic e Mg/K contribuem para explicar a abundância de grupos no sistema ILP; H+Al e RMic explicam os morfotipos associados à FN; enquanto em PD a variável explicativa foi qCO_2 . Em PA e RE, a MO apesar de estar na mesma direção, encontra-se muito perto do centro, caracterizando baixa relação com tais usos, e por isso não há ocorrência de morfotipos.

É importante ressaltar que nesta época, em nenhum dos sistemas houve explicação da distribuição dos morfotipos por parte dos atributos físicos do solo e sim por atributos químicos e microbiológicos do solo.

A proximidade de CMic e ILP demonstra forte associação, isso pode indicar que o carbono no compartimento microbiano (CMic) tem maior importância e valor neste sistema se comparado aos demais, podendo indicar aumento de nutrientes neste local pela ação da biomassa microbiana, a qual apresenta rápido tempo de ciclagem no solo (GLAESER et al., 2010); e ainda possivelmente, pode revelar que os nutrientes ficam imobilizados temporariamente, resultando em menores perdas de nutrientes no sistema solo-planta (ROSCOE et al., 2006).

A biomassa microbiana (BMS) representa a fração viva da matéria orgânica do solo (fungos e bactérias, por exemplo), sendo influenciada pelas variações sazonais de umidade e temperatura, pelo manejo, cultivo e resíduos vegetais. Geralmente, apresenta forte correlação com a matéria orgânica do solo, ou seja, reflete mudanças na sua concentração (PEREZ; RAMOS; McMANUS, 2004). Lopes et al. (2012) afirmam que o acúmulo de carbono pela BMS (ou CMic) se deve ao aporte contínuo e diversificado de matéria orgânica incorporada ao solo, principalmente via deposição pelas plantas. Portanto, a produção de fitomassa das espécies forrageiras é, provavelmente, fator determinante para considerável quantidade de carbono e matéria orgânica (MO) no solo, nos sistemas de ILP (BAYER et al., 2011) e, juntamente com a rotação de culturas, pode influenciar a BMS e em elevados valores de CMic. Esta condição, provavelmente beneficiou o estabelecimento dos morfotipos edáficos e hemiedáficos neste SUS, inclusive pelo fato dos fungos contribuírem com a maior parcela da BMS (MARTINS, 2002) e assim como os resíduos orgânicos, serem importantes para a alimentação dos colêmbolos.

Ainda sobre a relação de CMic com os morfotipos do ILP, pode-se comentar que segundo Chamberlain et al. (2006), as atividades dos colêmbolos demonstram translocar C da serapilheira superficial para o solo e aumentar a quantidade de C disponível para a comunidade microbiana do solo. Essa afirmação se reforça nos resultados encontrados por Oliveira Filho et al. (2016), onde CMic mostrou correlações positivas com colêmbolos dos grupos eco-morfológicos edáficos ($r = 0,48$, $p < 0,05$) e hemiedáficos ($r = 0,50$, $p < 0,05$) em sistema ILP no Planalto Catarinense; grupos aos quais pertencem os morfotipos que aqui aparecem associados a CMic nesse SUS. Diante ao exposto, verifica-se que há interações entre a fauna de colêmbolos e a microbiota edáfica.

Silva et al. (2016) em seu estudo, utilizando também ferramentas multivariadas, verificaram a relação de indicadores microbiológicos como CMic e qCO_2 em uma área de sistema agroflorestal, cultivado com carambola e graviola em Paraty-RJ, que detinha maior quantidade e diversidade de grupos da fauna edáfica.

No presente estudo, a área de PD é a que aparece associada ao indicador microbiológico qCO_2 . Maiores valores dessa variável apontam um ambiente estressante para os microrganismos do solo, pois significa que a população microbiana está oxidando carbono de suas próprias células (respiração de manutenção dos microrganismos vivos), para sua manutenção e adaptação ao solo, portanto, a população microbiana se encontra em condições adversas ou incômodas (ISLAM; WEIL, 2000; MELLONI et al., 2008). Diante disso, a forte relação desta variável com PD, indica que este ambiente provavelmente sofre perturbações que impactam a microbiota edáfica, e por isso, é menos eficaz no sequestro de C, perdendo mais C- CO_2 para atmosfera, pelo alto metabolismo dos microrganismos. Segundo Tótola e Chaer (2002) este fato pode relacionar-se com a influência negativa das práticas de manejo, causando estresse na biomassa microbiana do solo.

O uso de implementos especiais para garantir a semeadura direta no PD, pode ser um fator que está provocando influência adversa para os microrganismos. Bröring (2013) verificou em seu estudo que os sistemas RE, ILP e PD, no inverno, apresentaram altos valores de qCO_2 , indicando que são SUS menos estáveis comparados à FN e PA. No entanto, no PD, apesar dessa relação com qCO_2 apontar um ambiente estressante à microbiota edáfica, não prejudicou o estabelecimento de vários morfotipos de colêmbolos, principalmente hemiedáficos e epígeos.

A FN apresentou relação com a variável $RMic$, a qual representa a atividade dos microrganismos do solo e liberação de C- CO_2 no solo (ZIBILSKE, 1994). Peña et al. (2005) constataram que a atividade microbiana se concentra principalmente nas camadas orgânicas do solo; e segundo Severino et al. (2004) quando apresenta altos valores, indica que a decomposição do material adicionado é rápida e os nutrientes são mineralizados e disponibilizados para as plantas em menor tempo. No entanto, a rápida decomposição depende de fatores propícios como umidade, pH, temperatura, e principalmente nutrientes e cadeias de carbono (fonte de energia). Sendo assim, sabe-se que em florestas nativas há constante deposição de material de várias origens vegetal e animal e sua incorporação, o que contribui para quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos que compõe a matéria orgânica (MO), que junto ao equilíbrio das condições ambientais nessas áreas, acaba promovendo alta biomassa e atividade microbiana sobre esses materiais (SANTOS et al., 2004; WINCK et al., 2017).

Esses fatos podem explicar a associação do atributo $RMic$ à área de floresta nativa aqui encontrada, o que pode ter influenciado a relação com os morfotipos de colêmbolos edáficos e hemiedáficos nesse SUS, pois seus hábitos alimentares também se baseiam em resíduos orgânicos (OLIVEIRA FILHO; BARETTA, 2016) e quando vivem em áreas florestais são

principalmente influenciados pelo microclima que se estabelece nesses locais (HEINIGER et al., 2015).

Frente ao exposto, é importante ressaltar que a ligação dos SUS com atributos microbiológicos como RMic, CMic e qCO_2 , pode estar associada à alta atividade dos colêmbolos em tais sistemas, por se deslocarem em profundidade e por estimularem a população microbiana em função de seus hábitos alimentares, baseados em restos vegetais e em microrganismos e, com isso, contribuírem para sua atividade no solo (ZEPPELINI FILHO; BELLINI, 2004; YANG et al., 2012; VERMA; YADAV; KUMAR, 2014). Essa atividade dos microrganismos em contrapartida, colabora para criar condições que favoreçam os morfotipos.

A respeito do atributo $H+Al$ (acidez potencial) associado a FN; sabendo que os colêmbolos normalmente são sensíveis às alterações de pH; essa relação mostra que as condições da acidez são favoráveis aos vários morfotipos ali encontrados, principalmente o Ed15 e Ed3 que se mostram próximos com esta variável, os quais vivem em exclusivo contato com o solo, e por isso podem ser impactados mais rapidamente pela acidez.

No estudo de Antonioli et al. (2013), os autores verificaram que a presença de metais pesados diminui o pH do solo (aumenta a acidez) e, conseqüentemente, dificulta o desenvolvimento dos colêmbolos no solo. Ponge (2000) utilizando análises multivariadas verificou a existência de dois grupos de colêmbolos em relação a sua sensibilidade às condições de acidez do solo, os tolerantes a acidez, que sobrevivem normalmente com pH inferior a 5 e os intolerantes, que precisam de pH acima de 5. Este autor, assim como Machado (2015), ressaltam que para compreender a relação da comunidade de colêmbolos com o pH do solo, seria importante o conhecimento de suas espécies e então estudar como estas se comportariam em condições de acidificação edáfica.

Para a abundância de morfotipos de colêmbolos no verão, a CP1 explicou 22,0% da variabilidade dos dados e a CP2 explicou 18,1%, totalizando 40,01% (Figura 9). Nesta época, observa-se que a FN e ILP não aparecem tão próximos como no inverno, porém continuam a deter maior número de morfotipos em comparação aos demais usos, totalizando sete morfotipos em cada um. Estes por sua vez, encontram-se distribuídos em todos os grupos eco-morfológicos em FN, enquanto em ILP aparecem apenas colêmbolos hemiedáficos e epígeos. RE aparece associado a somente dois morfotipos hemiedáficos, enquanto PD e PA ficaram próximos entre si, porém relacionados exclusivamente a um morfotipo edáfico.

Em ILP observa-se relação com a variável física Bio (Figura 9), e sua presença indica elevada atividade biológica no solo, principalmente de organismos da mesofauna e macrofauna (BARETTA et al., 2011; BARTZ et al., 2014; POMPEO, 2016). A presença de bioporos é também um bom indicativo de qualidade do solo nesse sistema, pois esse tipo de estrutura desaparece quando o solo passa pelo processo de compactação (LIMA et al., 2005). Desta forma, essa variável é importante para explicar a atividade e o estabelecimento dos vários morfotipos hemiedáficos e epígeos nesse local.

Ainda em ILP, a associação com o atributo químico relação C/N, reafirma que as espécies vegetais utilizadas na rotação de culturas (milho, aveia e azevém) apresentam lenta decomposição e, portanto, alta relação C/N (MEDRADO et al., 2011). Isso indica que seus resíduos permanecem por mais tempo na superfície do solo e suas raízes também se decompõem lentamente. Esse cenário cria canais preferenciais para a água e para as raízes de culturas subsequentes, eleva o teor de matéria orgânica, além de manter mais estável a atividade biológica do solo. Assim, os morfotipos que estiveram relacionados a esse SUS, foram beneficiados por essa manutenção mais longa de resíduos sobre o solo, principalmente os morfotipos H4 e Ep9, que aparecem próximos a essa variável explicativa. No caso do Ep9 essa relação é ainda mais importante, pois este morfotipo pertence ao grupo dos epígeos, os quais são chamados de habitantes da serapilheira, ou seja, vivem nos resíduos vegetais sobre o solo.

O incremento da MO depende da deposição e manutenção de resíduos orgânicos no solo (ROSA et al., 2015). Na FN, ocorre elevada deposição de serapilheira com origem variada, devido à diversificada condição florística do local, e isso então, tem importante influência na forte relação desse sistema com a MO. Os colêmbolos por se alimentarem de material em decomposição, conseqüentemente atuam na decomposição da MO, no acúmulo de resíduos no solo e na ciclagem de nutrientes (MANHÃES et al., 2013; VERMA; YADAV; KUMAR, 2014) e são favorecidos por essa associação nesse SUS, principalmente o Ep24, que se apresenta próximo a essa variável. Pompeo et al. (2016) e Scoriza e Correia (2016) também verificaram relação da MO com a comunidade de colêmbolos no Planalto Sul Catarinense e em Seropédica-RJ, respectivamente.

Ainda sobre a matéria orgânica do solo, ela interfere direta e indiretamente em todas as características edáficas, de modo que sua redução se relaciona à degradação física dos solos (VIANA et al., 2011). Silva et al. (2006) constataram estreita dependência entre a quantidade de poros e a dinâmica da matéria orgânica. Diante disso, essa condição de elevado acúmulo de MO em FN, provavelmente influenciou em melhor PT nesse sistema. A porosidade total do solo pode causar impacto na comunidade de Collembola, pois estes organismos, segundo Moço

et al. (2005), buscam abrigo e movimentam-se principalmente por estas estruturas. Oliveira Filho e Baretta (2016) comentam que a diminuição do espaço poroso habitável é um dos parâmetros chaves na abundância de colêmbolos edáficos. Larsen, Schjonning e Axelsen (2004) em seu trabalho realizado na Dinamarca, observaram diminuição na abundância de colêmbolos em resposta à diminuição no volume de poros. Tais estudos corroboram com os resultados aqui encontrados, em que os morfotipos de todos os grupos eco-morfológicos associados à FN, são beneficiados pela PT.

O fato da vegetação nativa apresentar melhores condições físicas, como a PT encontrada no presente estudo, é explicado por Melloni et al. (2008) como uma consequência da maior conservação e proteção de ações antrópicas. Isso ajuda a favorecer o estabelecimento de morfotipos de Collembola, ou grupos de fauna do solo como observado por Nunes, Araújo Filho e Menezes (2009).

No entanto, fatores que causem deformação no solo e compactação, provocam perda da estrutura original do mesmo, reduzindo volume de macroporos e aumentando o de microporos e também sua densidade (REICHERT et al., 2009). Na PA ocorreu pastejo e pisoteio animal, o que normalmente pode afetar os atributos físicos, como diminuição da macroporosidade devido ao aumento da densidade e da resistência a penetração (CONTE et al., 2011), no entanto, com bom manejo isso é revertido. Em PD não houve revolvimento do solo e foi realizada rotação de culturas.

Contudo, a relação da macroporosidade (Macro) com os sistemas PA e PD indica que as condições de manejo empregadas nestas áreas, não interferiram negativamente na estruturação do solo e conservaram os poros maiores. Tais fatos podem esclarecer a ocorrência do morfotipo Ed6 relacionado a esses locais, pois de acordo com Beylich et al. (2010), a macroporosidade trata-se de uma variável que determina fortemente as condições de vida de Collembola, pois habitam principalmente macroporos e frequentemente mostram pouca ou nenhuma capacidade de escavar o solo mineral. Oliveira Filho et al. (2016) observaram correlações positivas entre a macroporosidade e colêmbolos hemiedáficos ($r = 0,41$, $p < 0,05$) e epígeos ($r = 0,52$, $p < 0,01$) em PD.

As boas práticas de manejo empregadas em PA e PD além de influenciarem na macroporosidade também podem ter implicado em condições de umidade (Umi) mais estável e adequada no solo, e isso também influenciou no estabelecimento do morfotipo Ed6. Tratando-se de colêmbolos edáficos, essa condição de maior umidade é ainda mais verdadeira, pois apresentam baixo poder de dispersão, ao estarem em contato direto com o solo durante todo o seu ciclo de vida (MOÇO et al., 2010).

4.3 ÍNDICE DE QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO (QBS)

Os maiores valores do índice QBS indicam maior adaptação dos morfotipos de colêmbolos em determinada área (PARISI et al., 2005). Os resultados do índice QBS (Tabela 7), para os morfotipos de Collembola, não seguiram o gradiente de intensificação do uso do solo (FN>RE>PA>ILP>PD) nas duas épocas de amostragem.

No entanto, no verão, a FN apresentou valor do índice superior aos demais SUS (FN>ILP>RE>PD>PA). Esse comportamento era esperado, em função desta apresentar alto equilíbrio ecológico, possuir maior diversidade de resíduos e ter microclima propício para o desenvolvimento das comunidades da fauna edáfica (BARETTA et al., 2008; RIEFF et al., 2014; POMPEO, 2016). Esse resultado também foi constatado por Machado (2015) estudando os mesmos SUS no Planalto Sul Catarinense, onde a FN apresentou QBS para colêmbolos, superior na época do verão.

Tabela 7 – Índice de qualidade biológica do solo (QBS) para os grupos eco-morfológicos edáficos (Ed), hemiedáficos (H) e epígeos (Ep) nos sistemas de uso do solo na região Leste de Santa Catarina.

SUS	QBS Ed	QBS H	QBS Ep	QBS total
	INVERNO			
Floresta nativa (FN)	3886	3568	4	7458
Reflorestamento de eucalipto (RE)	582	1852	0	2434
Pastagem perene (PA)	478	6458	4	6940
Integração lavoura-pecuária (ILP)	2006	20444	0	22450
Plantio direto (PD)	3366	1728	36	5130
VERÃO				
Floresta nativa (FN)	4228	61458	380	66066
Reflorestamento de eucalipto (RE)	2926	21476	1412	25814
Pastagem perene (PA)	1232	4002	328	5562
Integração lavoura-pecuária (ILP)	1224	31300	3302	35826
Plantio direto (PD)	1222	23220	148	24590

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Considerando que a intensificação do uso do solo aumenta de FN em direção à PD, nota-se que o segundo maior valor no verão ocorreu no sistema ILP, o qual é o penúltimo sistema considerando o gradiente com maior intensidade de uso. Acredita-se que as condições proporcionadas pela rotação de culturas nesse SUS, possam ter favorecido o estabelecimento

dos colêmbolos; pois fornece variedade de restos culturais, os quais servem de alimento aos organismos edáficos e melhoram as condições físicas e químicas do solo.

Em estudo realizado na Europa com grupos da fauna edáfica, Mohamedova e Lecheva (2013) também encontraram valor superior de QBS em áreas cultivadas, isso sugere que em certos casos esses sistemas podem ser apropriados para os microartrópodes com adaptações de vida no solo, principalmente os hemiedáficos no presente estudo. Portilho et al. (2011) por meio dos resultados obtidos em seu estudo, afirmam que os sistemas de integração lavoura-pecuária beneficiam a manutenção da diversidade da fauna invertebrada.

O RE aparece na sequência com o terceiro maior valor do índice QBS no verão. O que pode ter contribuído para esse resultado, é o fato de ser um monocultivo e então não apresentar diversidade florística, isso pode diminuir a qualidade da serapilheira e a disponibilidade de recursos aos invertebrados edáficos (CUNHA NETO et al., 2012; WINCK et al., 2017), acarretando em menor adaptação dos mesmos em comparação a FN e ILP.

O valor do índice para o sistema PD é o quarto maior e, portanto, somente superior a PA (Tabela 7). Esse menor valor em PA (último na sequência) no verão, também foi encontrado no estudo de Machado (2015), o que foi atribuído à lotação de animais no período, influenciando as condições físicas do solo e então na abundância de colêmbolos, pois são sensíveis às modificações edáficas, condições estas muito similares a PA do presente estudo.

No inverno, por outro lado, o sistema ILP apresentou índice muito superior aos demais, seguido pela FN (ILP>FN>PA>PD>RE). Condições específicas podem ter alterado a comunidade de colêmbolos na floresta, como a menor irradiação solar sobre o solo e diminuição de temperatura, e com isso o índice do ILP sobressaiu, invertendo o arranjo que ocorreu no verão para esses usos, onde o QBS na FN foi maior. A PA aparece com o terceiro maior valor, seguida pelos sistemas PD e RE (Tabela 7).

Assim como observado entre os sistemas ILP e FN, que inverteram o arranjo do QBS do verão para o inverno (Tabela 7), o mesmo comportamento observa-se entre PA e RE, em que no inverno PA é maior que o RE e por isso troca de posição. Nesse caso, também a baixa incidência de radiação solar no RE comparada à PA, associada às menores temperaturas do inverno, pode ter influenciado negativamente o desenvolvimento da comunidade de Collembola e diminuído o valor do índice. Diante disso, ressalta-se que a maior cobertura do solo pode diminuir a variação da temperatura superficial, pelo aumento do sombreamento e da umidade (OLIVEIRA FILHO; BARETTA, 2016). Arbea e Basco-Zumeta (2001) e Rieff et al. (2014) comentam a sensibilidade de colêmbolos às mudanças de temperatura e umidade.

O sistema PD manteve-se com o quarto maior valor em ambas as épocas, indicando nesse caso, menor impacto da sua intensidade de uso sobre os colêmbolos, do que o esperado para ele no gradiente.

No entanto, quando se compara o valor de cada SUS nas duas épocas, é notável que o índice QBS em todos os sistemas foi menor no inverno em relação ao verão, com exceção da PA (Tabela 7). Acredita-se que menores temperaturas possam influenciar as condições microclimáticas, dinâmica e atividade biológica dos usos e, portanto, a atividade desses habitantes no solo. Jucevica e Melecis (2006) enfatizam que as respostas da comunidade de colêmbolos são fortemente controladas por temperatura e precipitação, embora no presente estudo não tenha sido notada influência desta última. No trabalho de Souza et al. (2016) também não foi observada a interferência de precipitação no inverno, em que os autores estudaram macrofauna edáfica nos mesmos SUS e região aqui abordada.

Considerando o QBS dos grupos eco-morfológicos (Tabela 7), nota-se que no verão houve alta ocorrência de colêmbolos considerados hemiedáficos, os quais representaram mais de 70% do QBS total na PA, mais de 80% em RE e ILP e mais de 90% em FN e PD. A grande incidência de hemiedáficos nesta época, pode estar relacionada às práticas de manejo nas áreas agrícolas e às condições oferecidas nos SUS florestais (FN e RE); as quais podem ter favorecido colêmbolos de vida intermediária, no que diz respeito ao teor de MO por exemplo, que é muito semelhante em todas as áreas (Tabela 3).

Observa-se também no verão, que apesar de discreta, houve maior ocorrência de colêmbolos epígeos quando comparada ao inverno (Tabela 7), onde os mesmos foram raros nos SUS ou mesmo ausentes como no RE e ILP. Talvez as condições de baixa temperatura no inverno tenham afetado esse grupo que vive principalmente na serapilheira.

Por outro lado, no inverno (Tabela 7), o grupo dos hemiedáficos equivaleu a mais de 70% do QBS total em RE e mais de 90% em PA e ILP, enquanto em FN e PD a maior incidência foi de colêmbolos edáficos correspondendo a mais de 50% e 60% do total, respectivamente. As condições encontradas em FN e PD, aliada a maior umidade do solo encontrada nesta época (Tabela 2), possivelmente facilitou o estabelecimento de organismos edáficos, os quais vivem em contato direto com o solo.

Em relação aos morfotipos utilizados parcialmente para obtenção do índice QBS, alguns foram mais representativos para o total no seu grupo eco-morfológico, em cada época de amostragem. No inverno (Tabela 8), para o grupo dos edáficos (Ed), houve alta participação do morfotipo Ed15, o qual esteve presente em todos os SUS e representou cerca de 55% do QBS edáfico total em FN, mais de 60% em ILP e PD, e mais de 90% em PA; porém com menor

representatividade em RE (38%). Este morfotipo caracteriza-se por não apresentar pigmentação e ocelos, possuir pelos, fúrcula e antenas reduzidas, e seu desenvolvimento é estritamente ligado às condições encontradas dentro do solo (Anexo B).

A respeito dos hemiedáficos (H), nota-se a que participação do morfotipo H4 foi expressiva no QBS deste grupo, principalmente em ILP (96%), RE (75%), PA (68%) e PD (29%), enquanto em FN o morfotipo H2 (42%) foi o mais representativo (Tabela 8). Apesar dos morfotipos H4 e H2 estarem próximos no grupo dos hemiedáficos, eles apresentam características bem diferentes (Anexo A), isso ocorre pelo fato deste grupo eco-morfológico viver em camadas mais próximas à superfície, apresentando então, maior poder de dispersão que os edáficos e por isso, maiores diferenças morfológicas dentro do grupo, as quais ocorrem de acordo com a profundidade em que se estabelecem. O H4 possui pelos, fúrcula bem desenvolvida, antenas curtas, ausência de pigmentação e ocelos, enquanto o H2, também possui pelos, antenas curtas e ausência de ocelos; porém sua fúrcula é reduzida e apresenta pigmentação sem padrões (Anexo B).

Nesta época (inverno), o grupo dos epígeos (Ep) teve pouca incidência e, portanto, o QBS epígeo total em FN e PA foi determinado e representado por um único morfotipo, o Ep21, enquanto em PD determinado por dois, o Ep9 e o Ep5 (Tabela 8). Os colêmbolos deste grupo vivem muito próximos à superfície do solo e na serapilheira, e por isso possuem maior capacidade de dispersão em relação aos outros dois grupos eco-morfológicos. Exibem características como a presença de ocelos e pelos, fúrcula bem desenvolvida, antenas maiores e presença de pigmentação (Anexo B).

Tabela 8 – Índice de qualidade biológica do solo (QBS) dos morfotipos mais representativos para os grupos eco-morfológicos, em floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no inverno, na região Leste de Santa Catarina.

FN	RE	PA	ILP	PD
INVERNO				
Edáficos (Ed)				
Ed15 2142	Ed3 342	Ed15 448	Ed15 1260	Ed15 2282
Ed3 1278	Ed15 224	Ed8 16	Ed8 448	Ed3 1008
Outros 466	16	14	298	76
Hemiedáficos (H)				
H2 1512	H4 1404	H4 4428	H4 19788	H4 516
H4 1224	H2 204	H48 1680	H32 380	H2 480
Outros 832	244	350	276	732
Epígeos (Ep)				
Ep21 4	--	Ep21 4	--	Ep9 30
--	--	--	--	Ep5 6
Outros 0	0	0	0	0

Outros: somas do QBS dos demais morfotipos.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

No verão (Tabela 9), no grupo dos edáficos novamente o morfotipo Ed15 teve maior representatividade, principalmente em FN, RE e PA, nos quais totalizou 100% do QBS edáfico em cada SUS. Em ILP e PD, o morfotipo Ed15 ficou responsável por 98% e 97% respectivamente, do valor do índice em cada área. Quanto aos hemiedáficos, o morfotipo H50 foi o mais representativo em ILP (65%), PA (47%) e PD (43%), enquanto em RE foi superado pelo H4, o qual deteve mais de 70% do QBS hemiedáfico. Em FN, o morfotipo H48 contribuiu com mais de 56% do índice, seguido pelo morfotipo H32 (25%). Diferente do H2 e H4, os morfotipos H50, H48 e H32, apresentam ocelos, reforçando a condição de configurações bem distintas dentro desse grupo eco-morfológico (Anexo B).

O QBS epígeo em cada SUS, assim como encontrado por Machado (2015), ficou representado basicamente por dois morfotipos, o Ep9 e Ep5, os quais juntos totalizaram mais de 90% do QBS em FN, RE e PD, e mais de 70% em PA e ILP (Tabela 9).

Tabela 9 – Índice de qualidade biológica do solo (QBS) dos morfotipos mais representativos para os grupos eco-morfológicos, em floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão, na região Leste de Santa Catarina.

FN	RE	PA	ILP	PD
VERÃO				
Edáficos (Ed)				
Ed15 4228	Ed15 2926	Ed15 1232	Ed15 1204	Ed15 1190
--	--	--	Ed1 20	Ed6 32
Outros 0	0	0	0	0
Hemiedáficos (H)				
H48 34696	H4 15732	H50 1912	H50 20512	H50 10136
H32 15380	H50 3776	H4 1152	H4 5700	H32 9560
Outros 11382	1968	938	5088	3524
Epígeos (Ep)				
Ep5 246	Ep5 1134	Ep9 150	Ep9 2184	Ep5 78
Ep9 96	Ep9 270	Ep5 90	Ep5 552	Ep9 60
Outros 38	8	88	566	10

Outros: somas do QBS dos demais morfotipos.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Os valores do índice QBS proporcionaram uma interpretação fácil e clara, por meio dos quais é possível notar nos SUS a adaptação de Collembola e quais morfotipos apresentaram maior representatividade. Seus resultados apontam além da influência dos SUS, a interferência das épocas (inverno e verão) sobre a comunidade, em que a menor adaptação ocorre no inverno, onde as temperaturas são mais amenas. Portanto, torna-se necessário a realização de mais estudos com a finalidade de analisar a resposta de colêmbolos, diante a variações de temperatura, umidade e precipitação, inclusive como a combinação destes fatores pode interferir.

4.4 MÉDIA PONDERADA DO VALOR DO *TRAIT* NA COMUNIDADE (mT)

A mT de um SUS é dada pela soma da mT de cada um dos morfotipos que ocorreram no sistema. Quando um SUS apresentar valor mT muito pequeno, indica que as características dos morfotipos que ali apareceram, não tem afinidade com a adaptação edáfica, para as condições ali encontradas. No entanto, quando o valor da mT do SUS for alto, indica elevada afinidade, de determinadas características dos grupos morfológicos, para adaptação edáfica. Isso acontece, pois, a relação entre o número de colêmbolos de determinado morfotipo e o número total de colêmbolos (independente do grupo morfológico), é multiplicada pelo EMI do

morfotipo em questão; logo os edáficos possuem valores mais altos e os epígeos valores mais baixos.

Os valores da mT para os SUS estudados são similares no inverno (Tabela 10) e variaram de 10,78 em PA a 13,09 em PD. Quando observa-se o número de morfotipos epígeos (EMI menor) na PA, percebe-se que foi encontrado apenas 1 contra 3 edáficos (EMI maior). Portanto, a justificativa para que a mT deste SUS fosse baixa, mesmo tendo presença de mais morfotipos edáficos, é que a maior quantidade de colêmbolos estava mais distribuída no único grupo morfológico epígeo, o qual detém valor EMI mais baixo. Em outras palavras, os colêmbolos do morfotipo pertencente ao grupo eco-morfológico epígeo, tiveram maior participação em relação ao total de colêmbolos no SUS PA, indicando um valor de mT com baixa adaptação ao solo.

Tabela 10 – Média ponderada do valor do *trait* (mT), desvio padrão (DP), total de grupos morfológicos (N_MF), número de morfotipos edáficos (N_Ed), hemiedáficos (N_H) e epígeos (N_Ep), nos sistemas de uso do solo na região Leste de Santa Catarina.

SUS	mT	DP	N_MF	N_Ed	N_H	N_Ep
Floresta nativa (FN)	12,925	1,16	16	6	9	1
Reflorestamento de eucalipto (RE)	12,231	2,40	7	3	4	0
Pastagem perene (PA)	10,776	2,19	10	3	6	1
Integração lavoura-pecuária (ILP)	12,122	2,93	13	5	8	0
Plantio direto (PD)	13,087	1,47	17	5	10	2
VERÃO						
Floresta nativa (FN)	8,898	1,33	13	1	7	5
Reflorestamento de eucalipto (RE)	10,619	1,82	12	1	8	3
Pastagem perene (PA)	9,491	1,06	13	1	7	5
Integração lavoura-pecuária (ILP)	8,447	1,37	12	2	6	4
Plantio direto (PD)	9,314	1,42	12	2	5	5

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Por outro lado, os valores da mT no verão (Tabela 10), variaram de 8,45 em ILP a 10,62 em RE. FN e ILP apresentaram valores mais baixos de mT em relação aos outros SUS. É notável a alta quantidade de morfotipos hemiedáficos (valores EMI intermediários) em todos os SUS, nos quais possivelmente estiverem presentes o maior número de colêmbolos em RE, PA e PD os quais tiveram maiores valores de mTs. Nesse sentido, os colêmbolos pertencentes ao grupo eco-morfológico hemiedáfico tiveram maior participação em relação aos demais em RE, PA e PD. No entanto, em ILP e FN, a maior concentração de indivíduos provavelmente esteve nos

morfotipos epígeos, os quais tiveram boa ocorrência nesses usos, diminuindo então o valor mT e indicando baixa adaptação às condições edáficas.

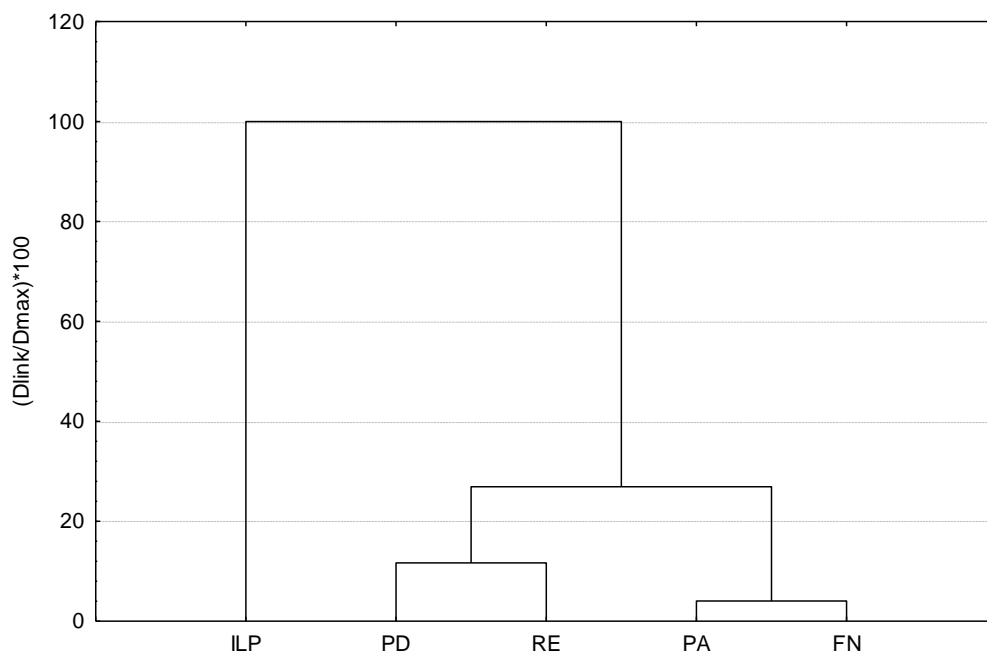
Diante do exposto, percebe-se que a mT é capaz de avaliar a participação real de determinados morfotipos em relação ao total de colêmbolos em cada SUS. Desta forma, demonstra a existência de afinidade ou não das características desses morfotipos às condições edáficas encontradas, permitindo observar então, qual grupo eco-morfológico (ao qual pertence o (s) morfotipo (s) com afinidade) apresenta maior participação nos SUS, ou seja, as condições edáficas encontradas em determinado SUS, favorece o grupo eco-morfológico dos morfotipos que demonstraram maior participação.

4.5 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

O agrupamento consiste em associar componentes com maior similaridade de acordo com algum parâmetro (LINDEN, 2009), nesse caso, foi baseado na abundância de colêmbolos.

Na Figura 10, pode ser visualizado o dendrograma obtido para a época do inverno, com o agrupamento entre os sistemas de uso do solo, em que o eixo vertical representa a distância euclidiana e o eixo horizontal os SUS. A análise mostrou que o sistema ILP ficou isolado no agrupamento e, portanto, diferente em termos de abundância de colêmbolos em relação aos demais SUS. Na sequência, os sistemas PD e RE, seguidos por PA e FN, formaram agrupamentos independentes e então, muito similares quanto a abundância de colêmbolos.

Figura 10 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os sistemas de uso do solo: floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no inverno, na região Leste de Santa Catarina.

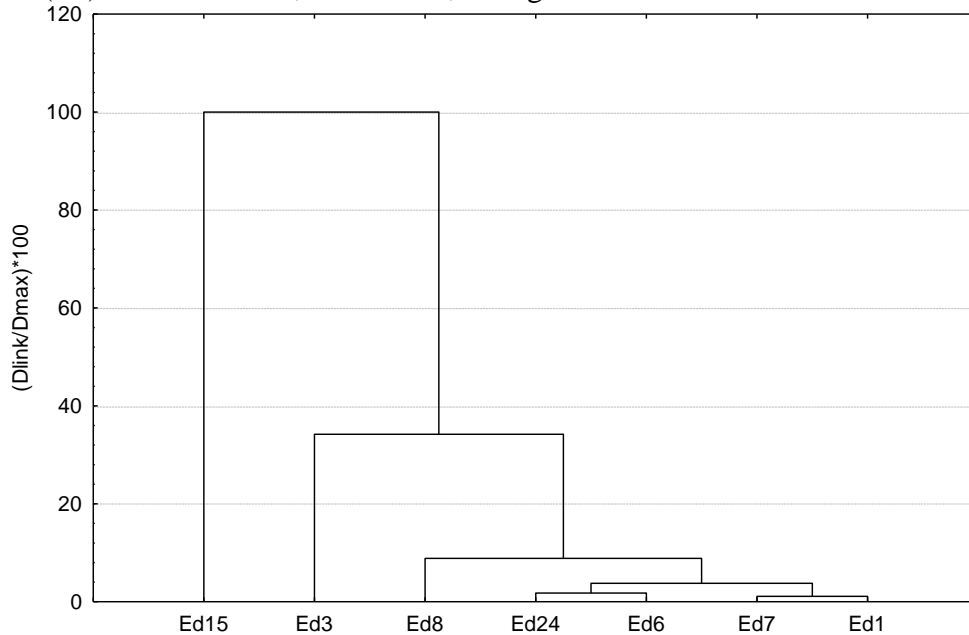


Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

A similaridade entre os morfotipos de colêmbolos, independente do SUS no inverno, está apresentada nas Figuras 11, 12 e 13, nas quais o eixo vertical representa a distância euclidiana e o eixo horizontal os morfotipos do respectivo grupo eco-morfológico.

Na Figura 11, encontra-se a análise de agrupamento no inverno para os morfotipos do grupo eco-morfológico edáfico (Ed). Percebe-se que os morfotipos Ed15 e Ed3, ocorreram isolados e independentes, mostrando maior distância de ligação (abundância) em relação aos demais, independente do SUS. Enquanto os morfotipos Ed8, Ed24, Ed6, Ed7, Ed1, formaram um agrupamento, e isso aponta similaridade entre eles, em relação à abundância de colêmbolos encontrada em cada um.

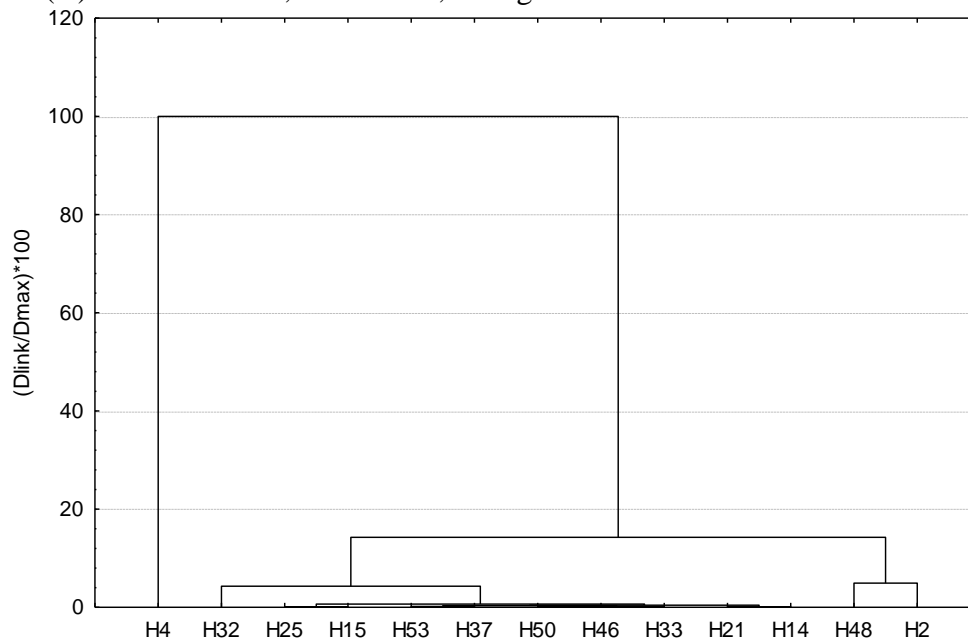
Figura 11 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos edáficos (Ed) de Collembola, no inverno, na região Leste de Santa Catarina.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Na Figura 12, pode ser observado o agrupamento dos morfotipos hemiedáficos (H) no inverno. Fica evidente que o morfotipo H4, apresentou número de indivíduos muito diferente, pois não se mostrou similar aos demais, ficando visivelmente separado. Ocorreu similaridade em termos de distância de ligação (abundância) entre os morfotipos H48 e o H2, pois formaram um agrupamento independente; o que também ocorreu para o restante dos morfotipos, os quais apareceram em um agrupamento único.

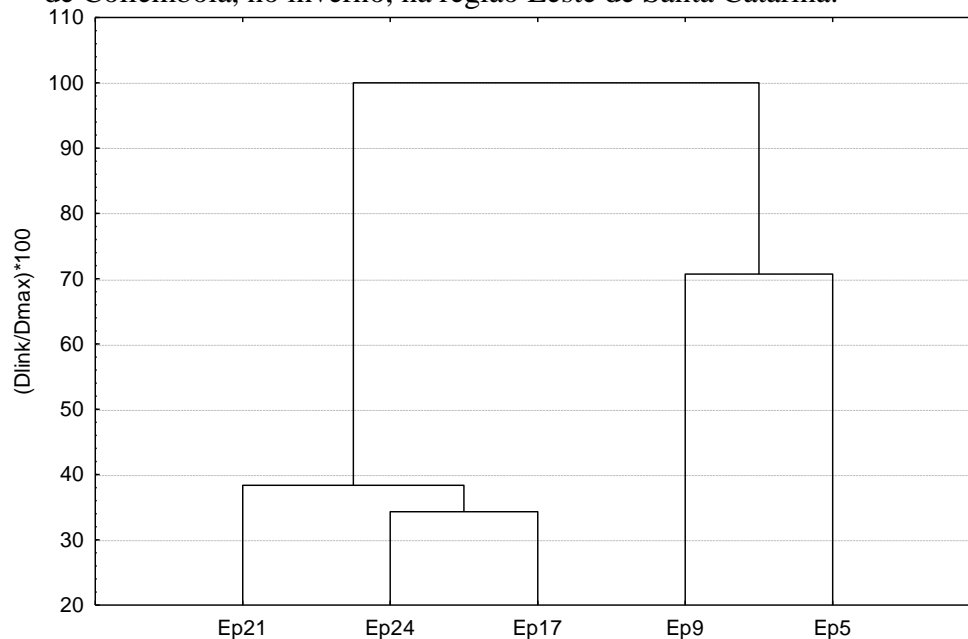
Figura 12 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos hemiedáficos (H) de Collembola, no inverno, na região Leste de Santa Catarina.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Quanto à similaridade dos morfotipos epígeos (Ep) no inverno (Figura 13), observa-se a formação de dois agrupamentos, o primeiro composto pelos morfotipos Ep9 e Ep5, com maior distância de ligação e o segundo entre o Ep21, Ep24 e Ep17.

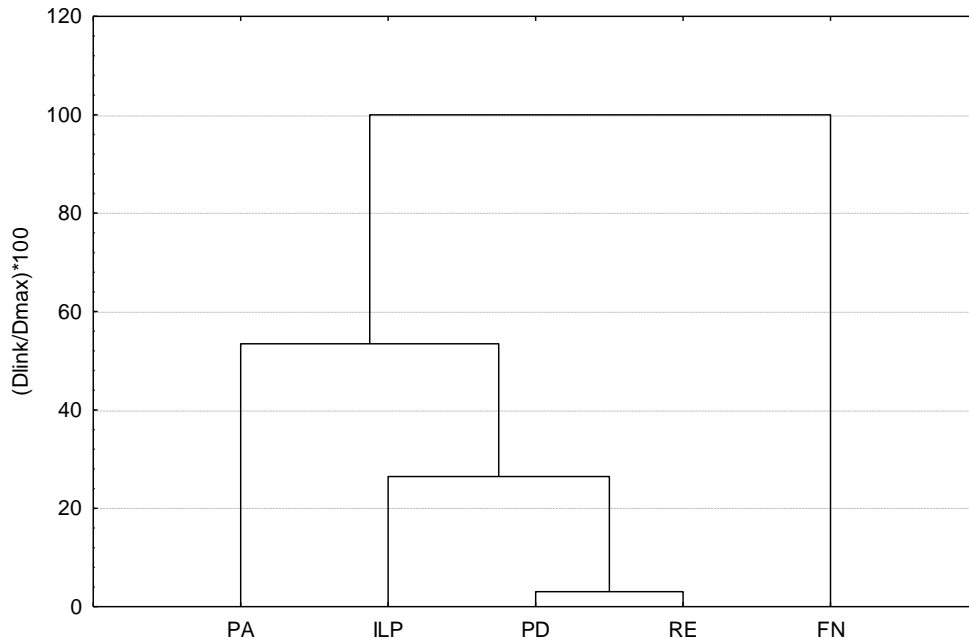
Figura 13 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos epígeos (Ep) de Collembola, no inverno, na região Leste de Santa Catarina.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Na Figura 14, pode ser visualizado o dendrograma obtido para a época do verão por meio da análise de cluster, o qual apresenta o agrupamento entre os sistemas de uso do solo. Os números dos eixos verticais representam a distância euclidiana, enquanto no eixo horizontal estão os SUS. A análise mostrou que o sistema FN ficou isolado no agrupamento e desta forma, não apresentou similaridade com os demais SUS, por deter número total de indivíduos de *Collembola* diferente. Machado (2015) também observou FN aparecer de maneira independente na análise de agrupamento no verão, na região do Planalto Catarinense, estudando os mesmos SUS aqui destacados. Os sistemas PA, ILP, PD e RE, mostraram-se similares, pois formaram um agrupamento independente, dentro do qual PD e RE são mais similares entre si em termos abundância de colêmbolos.

Figura 14 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os sistemas de floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no verão, na região Leste de Santa Catarina.



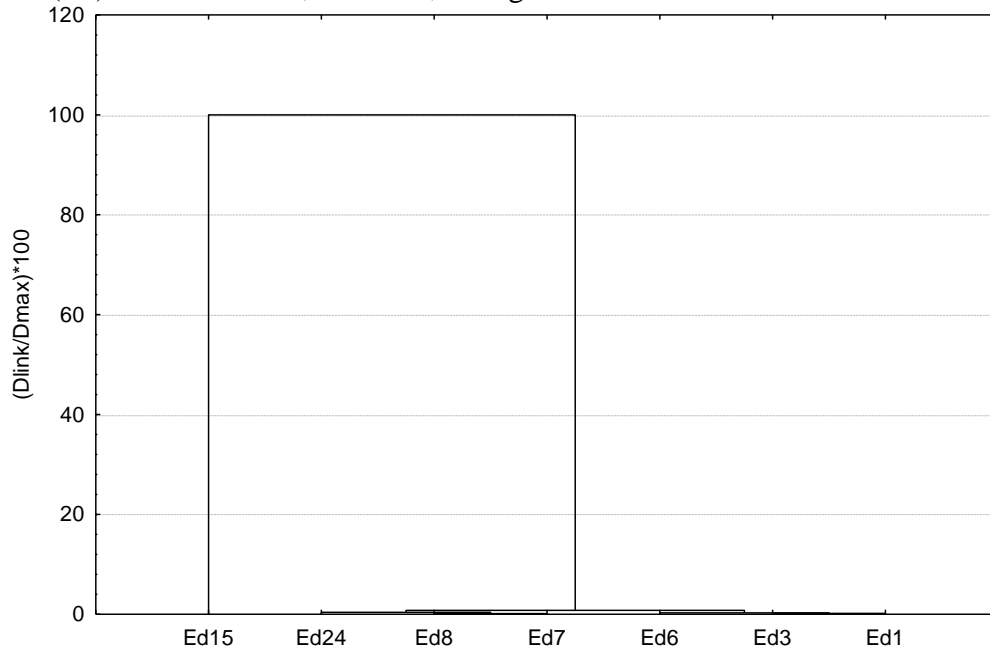
Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

A similaridade entre os morfotipos, independente do SUS no verão, está apresentada nas Figuras 15, 16 e 17, nas quais o eixo vertical representa a distância euclidiana, e o eixo horizontal os morfotipos do respectivo grupo eco-morfológico.

Na Figura 15, encontra-se a análise de agrupamento no verão para os morfotipos do grupo eco-morfológico edáfico (Ed). Percebe-se que o morfotipo Ed15 ocorreu isolado e independente dos demais, mostrando maior distância de ligação euclidiana (abundância) em

relação aos outros. O restante dos morfotipos formou um agrupamento separado, indicando similaridade entre eles, em relação ao número de colêmbolos encontrado em cada um.

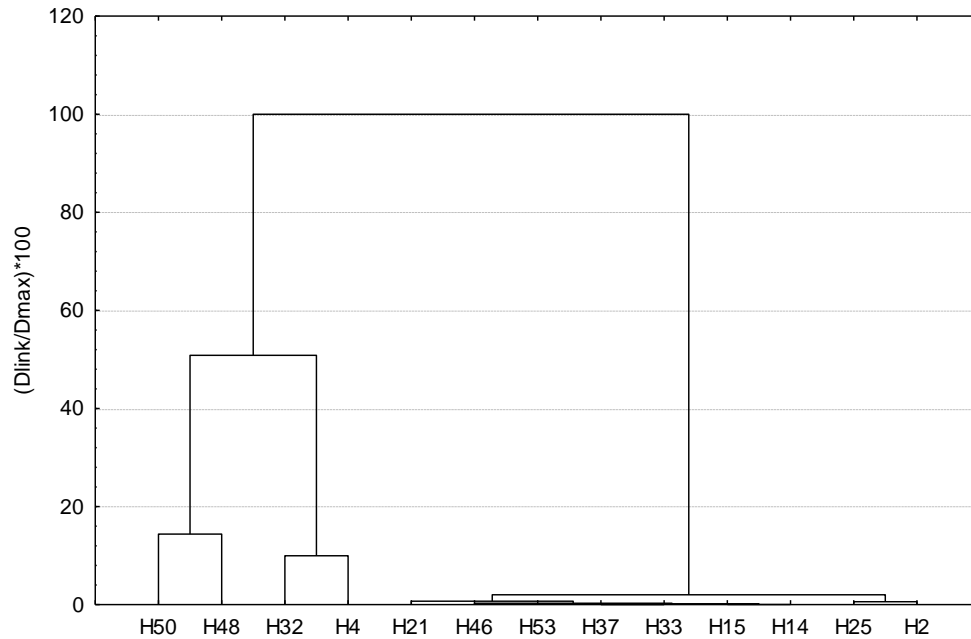
Figura 15 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos edáficos (Ed) de Collembola, no verão, na região Leste de Santa Catarina.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Na Figura 16, pode ser observado o agrupamento dos morfotipos hemiedáficos (H) no verão. Os morfotipos H50 e H48 formaram um agrupamento e por isso apresentam similaridade quanto ao número de indivíduos, assim como o H32 com o H4. Os demais morfotipos apresentaram menor distância de ligação e formaram um terceiro agrupamento, e por isso são semelhantes em relação à abundância de colêmbolos.

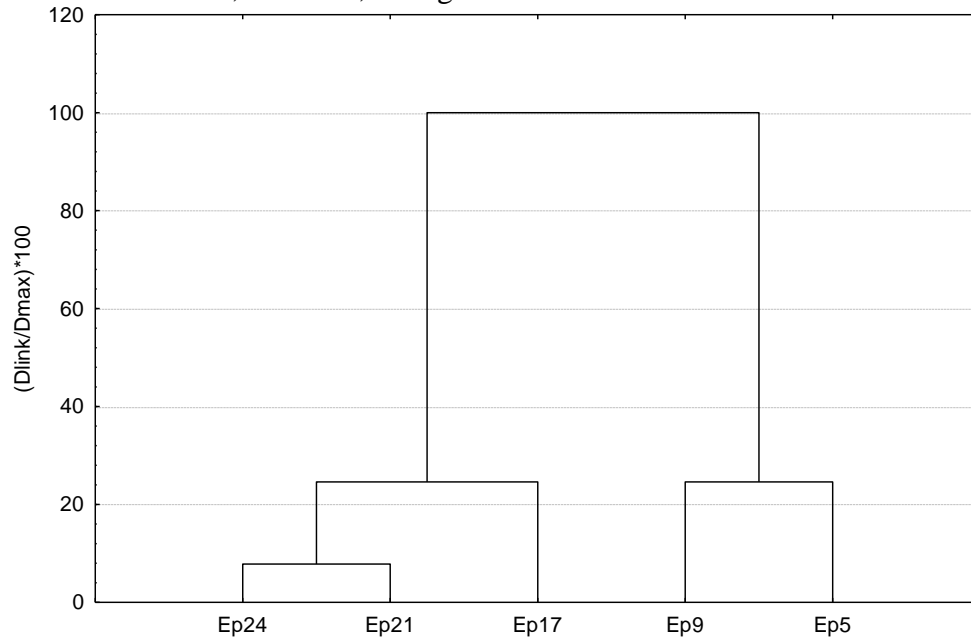
Figura 16 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos hemiedáficos (H) de Collembola, no verão, na região Leste de Santa Catarina.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Quanto à similaridade dos morfotipos epígeos (Ep) no verão (Figura 17), observa-se a formação de dois agrupamentos, o primeiro composto pelos morfotipos Ep24, Ep21 e Ep17, e o segundo entre o Ep9 e Ep5, este também observado para a época do inverno.

Figura 17 – Dendrograma que apresenta a distância de ligação entre os morfotipos epígeos (Ep) de Collembola, no verão, na região Leste de Santa Catarina.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Diante aos dendrogramas dos grupos eco-morfológicos (edáfico, hemiedáfico e epígeo) acima apresentados para as duas épocas (inverno e verão); nos quais se verifica se há similaridade entre morfotipos com base nas suas abundâncias; é possível afirmar que os morfotipos que formaram agrupamentos independentes podem apresentar estratégias de sobrevivência parecidas e sofrer influência dos mesmos fatores ambientais, em relação aos demais morfotipos. Ou seja, morfotipos agrupados mostraram-se similares na abundância, pelo fato de provavelmente serem influenciados pelos mesmos fatores ambientais e viverem com recursos semelhantes, oferecidos pelos SUS. Isso vale para morfotipos que ocorreram de maneira isolada dos demais, como o H4 no inverno e o Ed15 no verão; porém, nesse caso, o grupo foi impactado pelas condições ambientais de maneira distinta dos demais, mostrando assim diferença quanto a abundância.

A análise de agrupamento proporciona uma visão geral sobre o comportamento e similaridade, da abundância de colêmbolos nos SUS e nos grupos eco-morfológicos, que aliada aos dados reais de abundância pode fornecer informações para discriminar os SUS e quais morfotipos tiveram maior frequência. A partir dos agrupamentos apresentados nos dendrogramas e de acordo com os dados reais de abundância, por SUS (Anexo C) e por grupo eco-morfológico (Anexo D), percebe-se que os mesmos coincidem, onde os elementos isolados com maior distância de ligação euclidiana nos dendrogramas, são também os mais abundantes.

Outros trabalhos também utilizaram desta análise exploratória para analisar similaridade, levando em consideração a distância de ligação entre abundância de grupos da fauna edáfica, diferentes tratamentos em SUS (plantio direto e convencional) e também com diferentes fontes de adubação (orgânica, organomineral e mineral) (BARETTA et al., 2006b; ALVES; BARETTA; CARDOSO, 2006; GEREMIA et al., 2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade morfológica de colêmbolos é influenciada pelo manejo, condições encontradas em cada sistema de uso do solo (SUS) e pelas épocas de amostragem (inverno e verão). Assim, os colêmbolos são sensíveis às modificações no uso e manejo do solo e, portanto, bons indicadores biológicos da qualidade do solo.

A riqueza de morfotipos foi mais elevada nos sistemas de floresta nativa (FN) e integração lavoura-pecuária (ILP), enquanto a abundância de colêmbolos foi beneficiada pelas condições encontradas em ILP e pastagem perene (PA), no inverno. Os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e riqueza de Margalef, no inverno, exibiram maiores valores no sistema em que a intensidade de uso é menor (FN). No verão, somente H' apresentou diferenças entre os SUS e foi maior em FN, apesar de não diferir de PA, reflorestamento de eucalipto (RE) e plantio direto (PD).

No inverno a ocorrência de morfotipos de colêmbolos esteve relacionada exclusivamente à atributos microbiológicos (CMic, RMic, qCO_2) e químicos (H+Al, MO, Mg/K); enquanto no verão a relação se deu apenas com atributos físicos (PT, Bio, Umi, Macro) e químicos do solo (MO, C/N).

A utilização do índice de qualidade biológica do solo (QBS) apresentou-se como uma análise de fácil interpretação, evidenciando a capacidade de adaptação dos morfotipos de colêmbolos aos SUS. No inverno, o índice QBS foi mais elevado em ILP, seguido por FN, PA, PD e RE; enquanto no verão, o maior valor QBS foi obtido em FN, seguido por ILP, RE, PD e PA. Observou-se que em todos os sistemas o índice QBS foi menor no inverno em relação ao verão, com exceção da PA. A média ponderada do valor do *trait* na comunidade (mT), mostrou a real participação de determinados morfotipos em relação ao total de colêmbolos em cada SUS.

A técnica de morfotipagem é uma boa alternativa para estudar a qualidade biológica do solo, especialmente quando associada a análise multivariada envolvendo atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, E. A. et al. Errata corrigenda and update for the “Synthesis of Brazilian Collembola: an update to the species list.” ABRANTES et al. (2010), *Zootaxa*, 2388: 1–22. *Zootaxa*, n. 3168, p. 1–21, 2012.
- ABREU, R. R. L. et al. Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 44, n. 4, p. 409–416, 2014.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds.) **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. 576p.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen’s climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, M. V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 5, n. 1, p. 33–43, 2006.
- ALVES, P. R. L. et al. Seed dressing pesticides on springtails in two ecotoxicological laboratory tests. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 105, n. 1, p. 65–71, 2014.
- ANDERSON, T. H. Physiological analysis of microbial communities in soil: applications and limitations. In: RITZ, K.D.; GILLER, K.E. (Eds.). **Beyond the biomass**. London: British Society of Soil Science, 1994. p. 67–76.
- ANTONIOLLI, Z. I. et al. Metais pesados , agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. *Ciência Rural*, v. 43, n. 6, p. 992–998, 2013.
- AQUINO, A. M. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (Eds.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 47–75.
- AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. **Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo**. 1. ed. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 52p.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 5, p. 1099–1108,

2007.

ARBEA, J. I.; BASCO-ZUMETA, J. Ecología de los Colembolos (Hexapoda, Collembola) en Los Monegros (Zaragoza, España). **Aracnet 7 - Bol. S.E.A.**, n. 28, p. 35–48, 2001.

Disponível em: <<http://sea-entomologia.org/aracnet/7/03ecolembolos/index.htm>>. Acesso em: 17 mai. 2015.

BARETTA, D. et al. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 715–724, 2005.

BARETTA, D. et al. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1675–1679, 2006a.

BARETTA, D. et al. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, n. 2, p. 108–117, 2006b.

BARETTA, D. et al. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2693–2699, 2008.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. 7. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 119–170.

BARETTA, D. et al. Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5, p. 871–879, 2014.

BARROS, Y. J. et al. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 1413–1426, 2010.

BARTZ, H. A. et al. Sistema de Plantio Direto é opção de sustentabilidade. **Visão Agrícola**, v. 10, p. 46–48, 2012.

BARTZ, M. L. C. et al. The influence of land use systems on soil and surface litter fauna in the western region of Santa Catarina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 5, p. 880–887, 2014.

BARDGETT, R. D.; PUTTEN, W. H. V.D. Belowground biodiversity and ecosystem

functioning. **Nature**, v. 515, p. 505–511, 2014.

BAYER, C. et al. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. 7. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 55–118.

BECK, L. et al. Considerations for the use of soil ecological classification and assessment concepts in soil protection. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 62, n. 2, p. 189–200, 2005.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola of the world**. Disponível em: <<http://www.collembola.org>>. Acesso em: 13 jun. 2015.

BENGTSSON, J. et al. Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of european forests. **Forest Ecology and Management**, v. 132, n. 1, p. 39–50, 2000.

BERHE, F. T. et al. The effect of tillage practices on grain yield and water use efficiency. **Catena**, v. 100, p. 128–138, 2013.

BEYLICH, A. et al. Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. **Soil and Tillage Research**, v. 109, p. 133–143, 2010.

BISPO, A. et al. Indicators for monitoring soil biodiversity. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 5, p. 717–719, 2009.

BRÖRING, J. M. **Dinâmica do carbono em sistemas de uso do solo no Oeste e Planalto de Santa Catarina**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.

BROWN, G. G. et al. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M. et al. (Eds.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília: EMBRAPA, 2015. p. 122–154.

BUZZI, Z. J. Collembola. In: _____. **Entomologia Didática**. 6. ed. Curitiba: UFPR, 2013. p. 187–193.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p.

147–157, 2009.

CARVALHO, F. C. **Efeito de diferentes tipos de gestão em olivais nos microestrópodes de solo usando abordagem funcional**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2012.

CASSAGNE, N.; GERS, C.; GAUQUELIN, T. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, p. 355–361, 2003.

CHAMBERLAIN, P. M. et al. Translocation of surface litter carbon into soil by Collembola. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, p. 2655–2664, 2006.

CONTE, O. et al. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1301–1309, 2011.

CORREIA, M. E. F. **Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrado como bioindicadores do manejo de ecossistemas**. 1. ed. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 23p.

CORTE, P. A. D. et al. Desempenho de métodos e processos de amostragem para avaliação de diversidade em floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 579–582, 2013.

CULIK, M. P.; SOUZA, J. L.; VENTURA, J. A. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 21, n. 1, p. 49–58, 2002.

CUNHA NETO, F. V. et al. Soil fauna as an indicator of soil quality in forest stands, pasture and secondary forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1407–1417, 2012.

D'HAESE, C. A. Morphological appraisal of Collembola phylogeny with special emphasis on Poduromorpha and a test of the aquatic origin hypothesis. **Zoologica Scripta**, v. 32, n. 6, p. 563–586, 2003.

DEHARVENG, L. Recent advances in Collembola systematics. **Pedobiologia**, v. 48, n. 5–6, p. 415–433, 2004.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. (Eds). **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of

America, 1994. p. 3–21.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de produção de soja, região central do Brasil, 2007**. 1. ed. Londrina: EMBRAPA, 2006.

FERREIRA, R. L.; MARQUES, M. M. A fauna de artrópodes de serapilheira de áreas de monocultura com *Eucalyptus* sp. e mata secundária heterogênea. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 3, p. 395–403, 1998.

GATIBONI, L. C. et al. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Biotemas**, v. 22, n. 2, p. 45–53, 2011.

GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 383–411.

GEREMIA, E. et al. Fauna edáfica em pastagem perene sob diferentes fontes de nutrientes. **Scientia Agraria**, v. 16, n. 4, p. 17–30, 2015.

GLAESER, D. F. et al. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência - Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 14, n. 2, p. 103–114, 2010.

HALE, W. G. Colêmbolos. In: BURGESS, A.; RAW, F. (Org.). **Biologia del Suelo**. Barcelona: Ediciones Omega, 1971. p. 463–479.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do INPA, 2014. 724p.

HEINIGER, C. et al. Collembolan preferences for soil and microclimate in forest and pasture communities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 86, p. 181–192, 2015.

HOPKIN, S. P. **Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)**. Oxford: Oxford University Press, 1997. 340p.

HUERTA, E.; VAN DER WAL, H. Soil macroinvertebrates abundance and diversity in home gardens in Tabasco, Mexico, vary with soil texture, organic matter and vegetation cover. **European Journal of Soil Biology**, v. 50, p. 68–75, 2012.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 79, n. 1, p. 9–16, 2000.

JANSSENS, F.; CHRISTIANSEN, K. A. Class Collembola Lubbock, 1870. In: ZHANG, Z.-Q. (Ed.). **Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (Zootaxa 3148)**. Auckland: Magnolia Press., 2011. p. 192–194.

JÓZEFOWSKA, A.; WOŚ, B.; PIETRZYKOWSKI, M. Tree species and soil substrate effects on soil biota during early soil forming stages at afforested mine sites. **Applied Soil Ecology**, v. 102, p. 70–79, 2016.

JUCEVICA, E.; MELECIS, V. Global warming affect Collembola community: a long-term study. **Pedobiologia**, v. 50, p. 177–184, 2006.

KANIESKI, M. R. **Caracterização florística, diversidade e correlação ambiental na floresta nacional de São Francisco de Paula, RS**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

KE, X.; WINTER, K.; FILSER, J. Effects of soil mesofauna and farming management on decomposition of clover litter: a microcosm experiment. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 4, p. 731–738, 2005.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499–510.

KROGH, P. H. et al. Toxicity testing with the collembolans *Folsomia fimetaria* and *Folsomia candida* and the results of a ringtest. **Ecology**, v. 23, p. 1–44, 2008.

LANDERS, J. N. **Histórico, característica e benefícios do plantio direto**. Brasília, DF: Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2005. 113p.

LARSEN, T.; SCHJONNING, P.; AXELSEN, J. The impact of soil compaction on euedaphic Collembola. **Applied Soil Ecology**, v. 26, n. 3, p. 273–281, 2004.

LAVELLE, P. et al. Hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems:

application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v. 25, p. 130–150, 1993.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, v. 33, n. 33, p. 3–16, 1996.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. In: BEGON, M.; FITTER, A. H. (Eds.). **Advances in Ecological Research**. Sydney: Academic Press, 1997. p. 93–132. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065250408600070>> Acesso em: 17 mai. 2015.

LAVELLE, P. et al. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.

LIIRI, M. et al. History of land-use intensity can modify the relationship between functional complexity of the soil fauna and soil ecosystem services: a microcosm study. **Applied Soil Ecology**, v. 55, p. 53–61, 2012.

LIMA, H. V. et al. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 677–684, 2005.

LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, n. 4, p. 18–36, 2009.

LOPES, H. S. S. et al. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ceres**, v. 59, n. 4, p. 565–570, 2012.

LUDWIG, R. L. et al. Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 485–495, 2012.

MACCARI, A. P. et al. Ecotoxicological effects of pig manure on *Folsomia candida* in subtropical Brazilian soils. **Journal of Hazardous Materials**, v. 314, p. 113–120, 2016.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 133–146, 2009.

MACHADO, J. S. **Diversidade morfológica de colêmbolos (Hexapoda:Collembola) em**

sistemas de manejo do solo. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

MANHÃES, C. M. C. et al. Meso and macrofauna in the soil and litter of leguminous trees in a degraded pasture in Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 5, p. 993–1004, 2013.

MARTÍNEZ, E. et al. Chemical and biological properties as affected by no-tillage and conventional tillage systems in an irrigated Haploxeroll of Central Chile. **Soil and Tillage Research**, v. 126, p. 238–245, 2013.

MARTINS, K. F. **Determinação da população de fungos e bactérias do solo contaminado com petróleo e armazenado sob refrigeração e congelamento.** 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

MEDRADO, R. D. et al. Decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 2, p. 97–107, 2011.

MELLONI, R. et al. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 2461–2470, 2008.

MELO, F. V. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, v. 1, p. 38–41, 2009.

MERLIM, A. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de Araucária no parque estadual de Campos do Jordão, SP.** 2005. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MOÇO, M. K. S. et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 555–564, 2005.

MOÇO, M. K. S. et al. Relationships between invertebrate communities, litter quality and soil attributes under different cacao agroforestry systems in the South of Bahia, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 46, n. 3, p. 347–354, 2010.

MOHAMEDOVA, M.; LECHEVA, I. Effect of heavy metals on microarthropod community structure as an indicator of soil ecosystem health. **Scientific Papers. Series A. Agronomy**, v. 56, p. 73–78, 2013.

NUNES, L. A. P. L. et al. Caracterização da fauna edáfica em sistemas de manejo para produção de forragens no estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 30–37, 2012.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. Í. Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no Semi-árido Nordestino. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 1, p. 43–49, 2009.

O AGRONÔMICO. O sistema plantio direto. Campinas: Intermídia Produções Gráficas, v. 56, n. 2, nov., 2004. Tema do fascículo: O sistema plantio direto, benefícios e potencial.

OECD/OCDE - The organisation for economic co-operation and development. Collembolan reproduction test in soil. 2009. Disponível em: <http://www.oecdilibrary.org/environment/test-no-232-collembolan-reproduction-test-in-soil_9789264076273-en>. Acesso em: 10 mai. 2015.

OLIVEIRA, A. F. G. Testes estatísticos para comparação de médias. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 6, p. 777–788, 2008.

OLIVEIRA, E. M.; SOUTO, J. S. Mesofauna edáfica como indicadora de áreas degradadas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 1–9, 2011.

OLIVEIRA, P. P. A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas para sistemas intensivos de produção de bovinos. **Circular Técnica Embrapa**, v. 38, p. 1–23, 2005.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I; BARETTA, D. Por que devemos nos importar com os colêmbolos edáficos? **Scientia Agraria**, v. 17, n. 2, p. 21–40, 2016.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I. et al. Mesofauna de solo construído em área de mineração de carvão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 1, p. 55–64, 2015.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I. et al. Collembola community structure as a tool to assess land use effects on soil quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1–18, 2016.

PAOLETTI, M. G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, n. 1–3, p. 1–18, 1999.

PARISI, V. The biological soil quality, a method based on microarthropods. **Acta Naturalia de L'Ateneo Parmense**, v. 37, p. 97–106, 2001.

PARISI, V. et al. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 105, n. 1–2, p. 323–333, 2005.

PAUL, B. K. et al. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 164, p. 14–22, 2013.

PAUL, D.; NONGMAITHEM, A.; JHA, L. K. Collembolan density and diversity in a forest and an agroecosystem. **Open Journal of Soil Science**, v. 1, n. 2, p. 55–61, 2011.

PEÑA, M. L. P. et al. Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal. **Floresta**, v. 35, n. 1, p. 117–127, 2005.

PEREIRA, J. M.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica em florestas de Araucária. In: CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F. (Eds.). **Floresta com Araucária, composição florística e biota do solo**. Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 153–180.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 567–573, 2004.

PEY, B. et al. Current use of and future needs for soil invertebrate functional traits in community ecology. **Basic and Applied Ecology**, v. 15, p. 194–206, 2014.

PILLAR, V. D. et al. Functional redundancy and stability in plant communities. **Journal of Vegetation Science**, v. 24, n. 5, p. 963–974, 2013.

POMPEO, P. N. **Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) em sistemas agrícolas e florestais do planalto Lages, SC**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

POMPEO, P. N. et al. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina – Brasil. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 1, p. 42–51, 2016.

PONGE, J.F. Acidophilic Collembola: living fossils? **Contributions from the Biological Laboratory Kyoto University**, v. 29, p. 65–74, 2000.

PORTILHO, I. I. R. et al. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em

sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1310–1320, 2011.

POTAPOV, A. A. et al. Connecting taxonomy and ecology: trophic niches of collembolans as related to taxonomic identity and life forms. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 101, p. 20–31, 2016.

REICHERT, J. M. et al. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, v. 102, n. 2, p. 242–254, 2009.

RIBEIRO-TROIAN, V. R.; BALDISSERA, R.; HARTZ, S. M. Effects of understory structure on the abundance, richness and diversity of Collembola (Arthropoda) in southern Brazil. **Neotropical entomology**, v. 38, n. 3, p. 340–345, 2009.

RIEFF, G. G. et al. Diversity of springtails and mites of a native forest in southern Brazil : relationship with the indices of temperature and precipitation in the native environment. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, v. 4, n. 9, p. 684–692, 2014.

ROSA, M. G. et al. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1544–1553, 2015.

ROSCOE, R. et al. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Eds.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 166–168.

ROVEDDER, A. P. M. et al. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1051–1058, 2009.

RUSEK, J. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, n. 9, p. 1207–1219, 1998.

SANTOS, G. G. et al. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 115–122, 2008.

SANTOS, V. B. et al. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, p. 333–338, 2004.

SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F. Fauna do solo como indicadora em fragmentos florestais na encosta de Morrotes. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 598–601, 2016.

SEVERINO, L. S. et al. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 1, p. 20–26, 2004.

SILVA, M. A. S. et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 329–337, 2006.

SILVA, M. S. C. et al. Soil fauna communities and soil attributes in the agroforests of Paraty. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 180–190, 2016.

SILVA, P. R. S. **Composição e diversidade da macrofauna como indicadores da restauração do solo numa cronosequência de capoeiras e floresta na amazônia oriental**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2012.

SILVA, R. F. et al. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 30, p. 725–731, 2008.

SILVA, R. F. et al. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 130–137, 2013.

SILVA, P. M. et al. Traits of collembolan life-form indicate land use types and soil properties across an European transect. **Applied Soil Ecology**, v. 97, p. 69–77, 2016.

SOUZA, S. T. et al. Abundance and diversity of soil macrofauna in native forest, eucalyptus plantations, perennial pasture, integrated crop-livestock, and no-tillage cropping. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1–14, 2016.

STATSOFT. **Statistica** - Data analysis software system. Tulsa, 2004.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**.

Oxford: Blackwell, 1979. 372p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

ter BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide**: software for canonical community ordination (version 4.5). Ithaca: Microcomputer Power, 2002. 500p.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: AVAREZ, V.H. et al. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 195–276.

VANCE, E. D.; BROOKS, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p. 703–707, 1987.

VANDEWALLE, M. et al. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n. 10, p. 2921–2947, 2010.

VERMA, D.; YADAV, R. K.; KUMAR, M. Effect of ecological factors on population density of collembolan in Agra. **Journal of Environmental and Applied Bioresearch**, v. 2, n. 1, p. 25–28, 2014.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743–755, 2009.

VIANA, E. T. et al. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2105–2114, 2011.

VIBRANS, A. C. et al. **Inventário florístico florestal de Santa Catarina**. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 2013. 37p.

VILELA, L. et al. Sistemas de integração lavoura pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127–1138, 2011.

WINCK, B. R. et al. Relationship between land-use types and functional diversity of epigeic Collembola in Southern Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 109, p. 49–59, 2017.

YAN, S. et al. A soil fauna index for assessing soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 47, p. 158–165, 2012.

YANG, X. et al. Mechanical fragmentation enhances the contribution of Collembola to leaf litter decomposition. **European Journal of Soil Biology**, v. 53, p. 23–31, 2012.

ZEPPELINI, D. Collembola. In: RAFAEL, J.A.; MELO, G.A.R.; CARVALHO, C.J.B.; CASARI, S.A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012. p. 201–212.

ZEPPELINI FILHO, D.; BELLINI, B. C. **Introdução ao estudo dos Collembola**. Paraíba: Editora Universitária, Universidade Federal da Paraíba, 2004. 82p.

ZIBILSKÉ, L. M. Carbon mineralization. In: WEAVER, R.W. et al. (Eds.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 10–35.

ZORTÉA, T. et al. Influence of cypermethrin on avoidance behavior, survival and reproduction of *Folsomia candida* in soil. **Chemosphere**, v. 122, p. 94–98, 2014.

ZORTÉA, T. et al. Comportamento de fuga de colêmbolos expostos a solos contaminados com cipermetrina. **Scientia Agraria**, v. 16, n. 4, p. 49–58, 2015.

ZORTÉA, T. et al. Toxicity of four veterinary pharmaceuticals on the survival and reproduction of *Folsomia candida* in tropical soils. **Chemosphere**, v. 173, p. 460–465, 2017.

ANEXOS

Anexo A – Tabela de classificação dos colêmbolos. (Continua)

Valor eco-morfológico parcial					EMI final	Grupo eco-morfológico	Morfortipo
Ocelos	Antenas	Fúrcula	Pelos/ escamas	Pigmentação			
0-4	0-2-4	0-2-4	0-4	0-2-4			
4	4	4	4	4	20	Edáfico	Ed 1
4	4	4	4	2	18	Edáfico	Ed 2
4	4	2	4	4	18	Edáfico	Ed 3
4	2	4	4	4	18	Edáfico	Ed 4
4	4	4	4	0	16	Edáfico	Ed 5
4	4	4	0	4	16	Edáfico	Ed 6
4	4	2	4	2	16	Edáfico	Ed 7
4	4	0	4	4	16	Edáfico	Ed 8
4	2	4	4	2	16	Edáfico	Ed 9
4	2	2	4	4	16	Edáfico	Ed 10
4	0	4	4	4	16	Edáfico	Ed 11
0	4	4	4	4	16	Edáfico	Ed 12
4	4	4	0	2	14	Edáfico	Ed 13
4	4	2	4	0	14	Edáfico	Ed 14
4	4	2	0	4	14	Edáfico	Ed 15
4	4	0	4	2	14	Edáfico	Ed 16
4	2	4	4	0	14	Edáfico	Ed 17
4	2	4	0	4	14	Edáfico	Ed 18
4	2	2	4	2	14	Edáfico	Ed 19
4	2	0	4	4	14	Edáfico	Ed 20
4	0	4	4	2	14	Edáfico	Ed 21
4	0	2	4	4	14	Edáfico	Ed 22
0	4	4	4	2	14	Edáfico	Ed 23
0	4	2	4	4	14	Edáfico	Ed 24
0	2	4	4	4	14	Edáfico	Ed 25
4	4	4	0	0	12	Hemiedáfico	H 1
4	4	2	0	2	12	Hemiedáfico	H 2
4	4	0	4	0	12	Hemiedáfico	H 3
4	4	0	0	4	12	Hemiedáfico	H 4
4	2	4	0	2	12	Hemiedáfico	H 5
4	2	2	4	0	12	Hemiedáfico	H 6
4	2	2	0	4	12	Hemiedáfico	H 7
4	2	0	4	2	12	Hemiedáfico	H 8
4	0	4	4	0	12	Hemiedáfico	H 9
4	0	4	0	4	12	Hemiedáfico	H 10
4	0	2	4	2	12	Hemiedáfico	H 11
4	0	0	4	4	12	Hemiedáfico	H 12
0	4	4	4	0	12	Hemiedáfico	H 13
0	4	4	0	4	12	Hemiedáfico	H 14
0	4	2	4	2	12	Hemiedáfico	H 15
0	4	0	4	4	12	Hemiedáfico	H 16

Anexo A – Tabela de classificação dos colêmbolos. (Continuação)

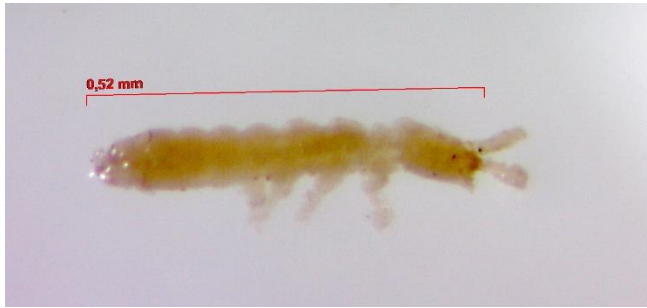

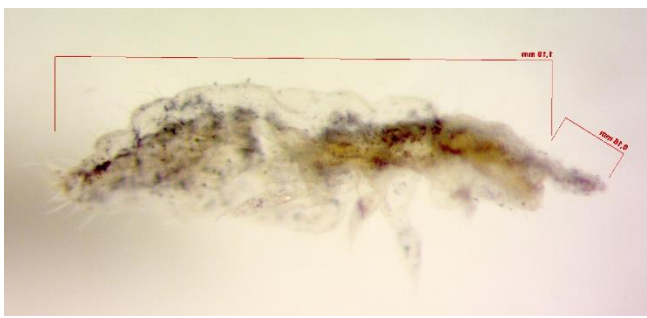
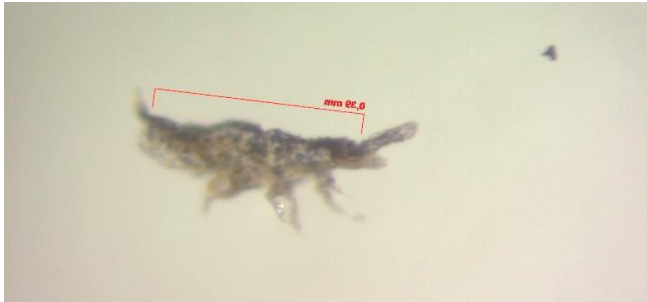
Valor eco-morfológico parcial					EMI final	Grupo eco-morfológico	Morfotipo
Ocelos	Antenas	Fúrcula	Pelos/ escamas	Pigmentação			
0-4	0-2-4	0-2-4	0-4	0-2-4			
0	2	4	4	2	12	Hemiedáfico	H 17
0	2	2	4	4	12	Hemiedáfico	H 18
0	0	4	4	4	12	Hemiedáfico	H 19
4	4	2	0	0	10	Hemiedáfico	H 20
4	4	0	0	2	10	Hemiedáfico	H 21
4	2	4	0	0	10	Hemiedáfico	H 22
4	2	2	0	2	10	Hemiedáfico	H 23
4	2	0	4	0	10	Hemiedáfico	H 24
4	2	0	0	4	10	Hemiedáfico	H 25
4	0	4	0	2	10	Hemiedáfico	H 26
4	0	2	4	0	10	Hemiedáfico	H 27
4	0	2	0	4	10	Hemiedáfico	H 28
4	0	0	4	2	10	Hemiedáfico	H 29
0	4	4	0	2	10	Hemiedáfico	H 30
0	4	2	4	0	10	Hemiedáfico	H 31
0	4	2	0	4	10	Hemiedáfico	H 32
0	4	0	4	2	10	Hemiedáfico	H 33
0	2	4	4	0	10	Hemiedáfico	H 34
0	2	4	0	4	10	Hemiedáfico	H 35
0	2	2	4	2	10	Hemiedáfico	H 36
0	2	0	4	4	10	Hemiedáfico	H 37
0	0	4	4	2	10	Hemiedáfico	H 38
0	0	2	4	4	10	Hemiedáfico	H 39
4	4	0	0	0	8	Hemiedáfico	H 40
4	2	2	0	0	8	Hemiedáfico	H 41
4	2	0	0	2	8	Hemiedáfico	H 42
4	0	4	0	0	8	Hemiedáfico	H 43
4	0	2	0	2	8	Hemiedáfico	H 44
4	0	0	4	0	8	Hemiedáfico	H 45
4	0	0	0	4	8	Hemiedáfico	H 46
0	4	4	0	0	8	Hemiedáfico	H 47
0	4	2	0	2	8	Hemiedáfico	H 48
0	4	0	4	0	8	Hemiedáfico	H 49
0	4	0	0	4	8	Hemiedáfico	H 50
0	2	4	0	2	8	Hemiedáfico	H 51
0	2	2	4	0	8	Hemiedáfico	H 52
0	2	2	0	4	8	Hemiedáfico	H 53
0	2	0	4	2	8	Hemiedáfico	H 54
0	0	4	4	0	8	Hemiedáfico	H 55
0	0	4	0	4	8	Hemiedáfico	H 56
0	0	2	4	2	8	Hemiedáfico	H 57
0	0	0	4	4	8	Hemiedáfico	H 58
4	2	0	0	0	6	Epígeo	Ep 1
4	0	2	0	0	6	Epígeo	Ep 2

Anexo A – Tabela de classificação dos colêmbolos. (Conclusão)


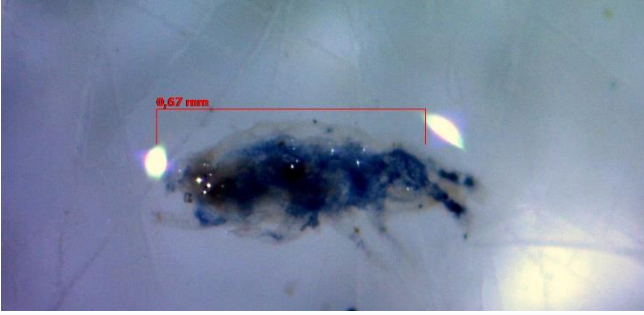
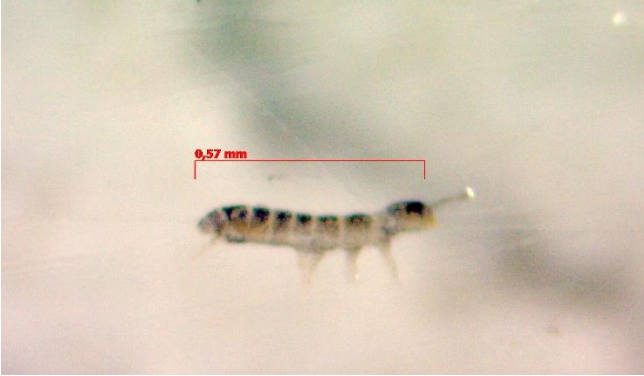
Valor eco-morfológico parcial					EMI final	Grupo eco-morfológico	Morfotipo
Ocelos	Antenas	Fúrcula	Pelos/ escamas	Pigmentação			
0-4	0-2-4	0-2-4	0-4	0-2-4			
4	0	0	0	2	6	Epígeo	Ep 3
0	4	2	0	0	6	Epígeo	Ep 4
0	4	0	0	2	6	Epígeo	Ep 5
0	2	4	0	0	6	Epígeo	Ep 6
0	2	2	0	2	6	Epígeo	Ep 7
0	2	0	4	0	6	Epígeo	Ep 8
0	2	0	0	4	6	Epígeo	Ep 9
0	0	4	0	2	6	Epígeo	Ep 10
0	0	2	4	0	6	Epígeo	Ep 11
0	0	2	0	4	6	Epígeo	Ep 12
0	0	0	4	2	6	Epígeo	Ep 13
4	0	0	0	0	4	Epígeo	Ep 14
0	4	0	0	0	4	Epígeo	Ep 15
0	2	2	0	0	4	Epígeo	Ep 16
0	2	0	0	2	4	Epígeo	Ep 17
0	0	4	0	0	4	Epígeo	Ep 18
0	0	2	0	2	4	Epígeo	Ep 19
0	0	0	4	0	4	Epígeo	Ep 20
0	0	0	0	4	4	Epígeo	Ep 21
0	2	0	0	0	2	Epígeo	Ep 22
0	0	2	0	0	2	Epígeo	Ep 23
0	0	0	0	2	2	Epígeo	Ep 24
0	0	0	0	0	0	Epígeo	Ep 25

Fonte: Oliveira Filho et al. 2016.




Anexo B – Quadro com as fotos dos morfotipos encontrados na região Leste de Santa Catarina.
(Continua)

MORFOTIPO	FOTO	CARACTERÍSTICAS
Ed 1		<p>Ocelos: ausentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: ausente; Pelos: ausentes; Pigmentação: ausente.</p>
Ed3		<p>Ocelos: ausentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente, mas reduzida; Pelos: ausentes; Pigmentação: ausente.</p>
Ed6		<p>Ocelos: ausentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: ausente; Pelos: presentes; Pigmentação: ausente.</p>
Ed7		<p>Ocelos: ausentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente, mas reduzida; Pelos: ausentes; Pigmentação: presente sem padrões;</p>

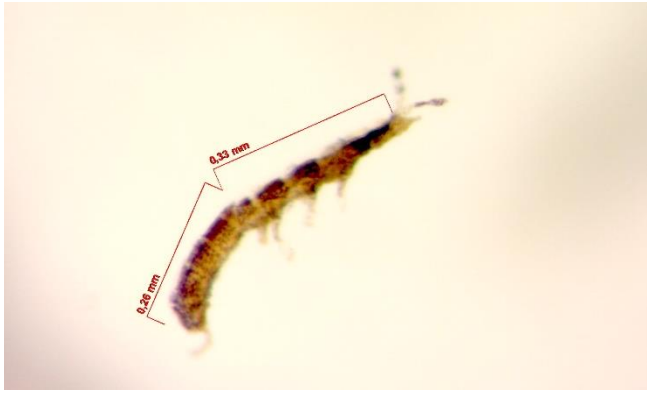

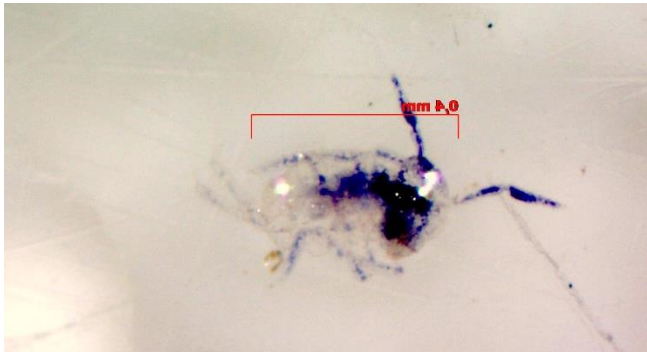
Anexo B – Quadro com as fotos dos morfotipos encontrados na região Leste de Santa Catarina.
(Continuação)

MORFOTIPO	FOTO	CARACTERÍSTICAS
Ed8		<p>Ocelos: ausentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: ausentes; Pigmentação: ausente.</p>
Ed15		<p>Ocelos: ausentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente, mas reduzida; Pelos: presentes; Pigmentação: ausente.</p>
Ed24		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente, mas reduzida; Pelos: ausentes; Pigmentação: ausente.</p>


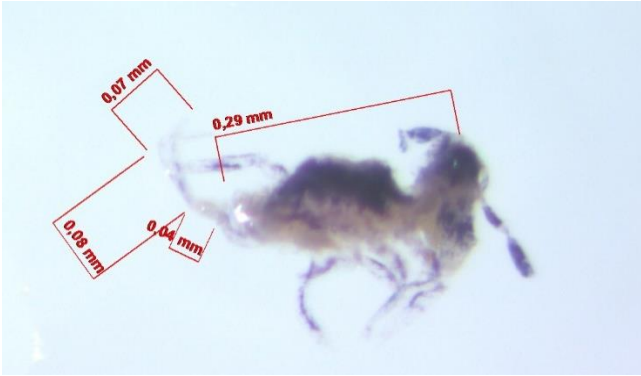

Anexo B – Quadro com as fotos dos morfotipos encontrados na região Leste de Santa Catarina.
(Continuação)

MORFOTIPO	FOTO	CARACTERÍSTICAS
H2		<p>Ocelos: ausentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente, mas reduzida; Pelos: presentes; Pigmentação: presente sem padrões;</p>
H4		<p>Ocelos: ausentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: presentes; Pigmentação: ausente.</p>
H14		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo. Fúrcula: ausente; Pelos: presentes; Pigmentação: ausente.</p>

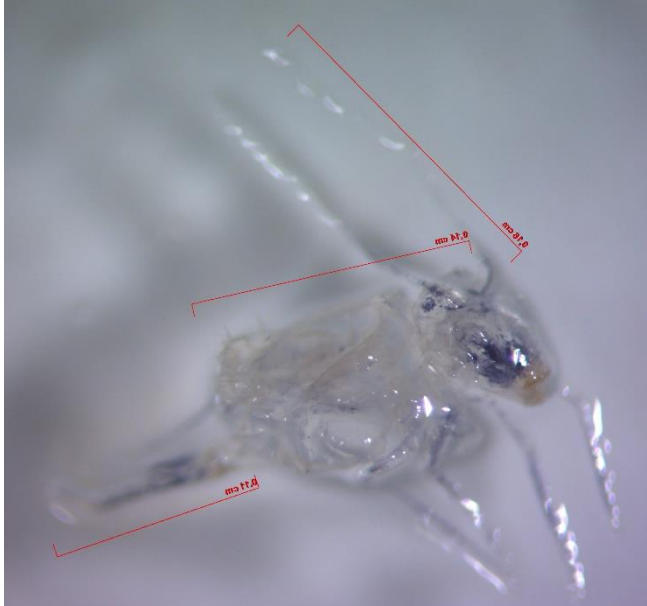


Anexo B – Quadro com as fotos dos morfotipos encontrados na região Leste de Santa Catarina.
(Continuação)

MORFOTIPO	FOTO	CARACTERÍSTICAS
H15		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente, mas reduzida; Pelos: ausentes; Pigmentação: presente sem padrões.</p>
H21		<p>Ocelos: ausentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: presentes; Pigmentação: presente sem padrões.</p>
H25		<p>Ocelos: ausentes; Comprimento da antena: maior que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: presentes; Pigmentação: ausente.</p>




Anexo B – Quadro com as fotos dos morfotipos encontrados na região Leste de Santa Catarina.
(Continuação)

MORFOTIPO	FOTO	CARACTERÍSTICAS
H32		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente, mas reduzida; Pelos: presentes; Pigmentação: ausente.</p>
H33		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: ausentes; Pigmentação: presente sem padrões.</p>
H37		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: maior que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: ausentes; Pigmentação: ausente.</p>




Anexo B – Quadro com as fotos dos morfotipos encontrados na região Leste de Santa Catarina.
(Continuação)

MORFOTIPO	FOTO	CARACTERÍSTICAS
H46		<p>Ocelos: ausentes; Comprimento da antena: maior que o comprimento do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: presentes; Pigmentação: ausente.</p>
H48		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente, mas reduzida; Pelos: presentes; Pigmentação: presente sem padrões.</p>
H50		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: presentes; Pigmentação: ausente.</p>

Anexo B – Quadro com as fotos dos morfotipos encontrados na região Leste de Santa Catarina.
(Continuação)

MORFOTIPO	FOTO	CARACTERÍSTICAS
H53		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: maior que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente, mas reduzida; Pelos: presentes; Pigmentação: ausente.</p>
Ep5		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: menor que o comprimento da metade do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: presentes; Pigmentação: presente sem padrões.</p>
Ep9		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: maior que metade do comprimento do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: presentes; Pigmentação: ausente.</p>

Anexo B – Quadro com as fotos dos morfotipos encontrados na região Leste de Santa Catarina.
(Conclusão)

MORFOTIPO	FOTO	CARACTERÍSTICAS
Ep17		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: maior que metade do comprimento do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: presentes; Pigmentação: presente sem padrões.</p>
Ep21		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: maior que o comprimento do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: presentes; Pigmentação: ausente.</p>
Ep24		<p>Ocelos: presentes; Comprimento da antena: maior que o comprimento do corpo; Fúrcula: presente; Pelos: presentes; Pigmentação: presente sem padrões.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Anexo C – Tabela com os valores de abundância total de colêmbolos em floresta nativa (FN), reflorestamento de eucalipto (RE), pastagem perene (PA), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD), no inverno e no verão, na região Leste de Santa Catarina.

SUS	TOTAL DE COLÊMBOLOS	
	Inverno	Verão
FN	577	7425
RE	199	2431
PA	644	586
ILP	1852	4241
PD	392	2640
Total	3664	17323

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Anexo D – Tabela com os valores de abundância total de colêmbolos por morfotipo, independente do SUS, nos grupos eco-morfológicos edáfico (Ed), hemiedáfico (H) e epígeo (Ep), no inverno e no verão, na região Leste de Santa Catarina.

MORFOTIPOS	TOTAL DE COLÊMBOLOS	
	Inverno	Verão
Ed1	1	1
Ed3	156	0
Ed6	10	2
Ed7	5	0
Ed8	41	0
Ed15	454	770
Ed24	17	0
H2	213	75
H4	2280	2564
H14	2	1
H15	13	0
H21	0	36
H25	15	105
H32	98	3083
H33	6	0
H37	2	0
H46	9	14
H48	325	4464
H50	7	5214
H53	2	0
Ep5	1	350
Ep9	5	460
Ep17	0	123
Ep21	2	48
Ep24	0	13

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.