

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

Dayanna do Nascimento Machado

**FAUNA EDÁFICA EM CAMPO NATIVO, *Eucalyptus dunnii* E *Acacia mearnsii* EM ÁREA DE MINERAÇÃO, CANDIOTA, RS**

Santa Maria, RS  
2016

**Dayanna do Nascimento Machado**

**FAUNA EDÁFICA EM CAMPO NATIVO, *Eucalyptus dunnii* E *Acacia mearnsii* EM  
ÁREA DE MINERAÇÃO, CANDIOTA, RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Orientador: Prof. Dr. Ervandil Corrêa Costa

Santa Maria, RS  
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Machado, Dayanna do Nascimento

Fauna edáfica em campo nativo, *Eucalyptus dunnii* e *Acacia mearnsii* em área de mineração, Candiota, RS / Dayanna do Nascimento Machado.-2016.

79 f.; 30cm

Orientador: Ervandil Corrêa Costa

Coorientadora: Ana Paula Moreira Rovedder

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2016

1. Bioindicadores de solo 2. Área antropizada 3. Entomologia Florestal I. Costa, Ervandil Corrêa II. Rovedder, Ana Paula Moreira III. Título.

---

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Dayanna do Nascimento Machado. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

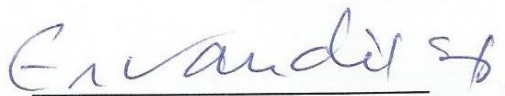
Endereço eletrônico: [dayanasmac@gmail.com](mailto:dayanasmac@gmail.com)

**Dayanna do Nascimento Machado**

**FAUNA EDÁFICA EM CAMPO NATIVO, *Eucalyptus dunnii* E *Acacia mearnsii* EM  
ÁREA DE MINERAÇÃO, CANDIOTA, RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**.

**Aprovado em 25 de fevereiro de 2016:**



**Ervandil Corrêa Costa, Dr. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)**

  
**Juliãna Garlet, Dra. (UNEMAT)**  
**Zaida Inês Antonioli, Dra. (UFSM)**

Santa Maria, RS  
2016

## **DEDICATÓRIA**

*Aos meus pais Maria Lúcia do Nascimento Machado e Paulo Olegário dos Santos Machado,  
ao meu irmão Diego Willian Nascimento Machado e ao meu noivo Clérison Régis Perini.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade de realizar este trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela concessão da bolsa de estudos.

À Companhia Riograndense de Mineração (CRM), Mina de Candiota, pela disponibilidade das áreas para a realização desta pesquisa. Aos funcionários, Engenheiro Agrônomo Marcel Nunes Froes e ao Sr. Luiz Moreira, pela sua constante ajuda em nos transportar até as áreas de estudo.

Ao meu orientador Ervandil Corrêa Costa, pela oportunidade, pelos valiosos ensinamentos, pela confiança e acima de tudo, pela sua amizade.

Aos meus pais, Paulo e Maria Lúcia, ao meu irmão Diego e ao meu noivo Clérison, pelo apoio, motivação, por acreditarem que eu conseguiria mais essa conquista.

À minha amiga, colega de graduação e laboratório, Leandra Pedron, pela ajuda e coragem para realizarmos nossos trabalhos. Aos colegas de laboratório, Jardel Boscardin, Marciane Danniela Fleck, Leonardo Mortari Machado e Jéssica Maus, pelo apoio e ajuda nas coletas.

Às professoras Juliana Garlet e Zaida Inês Antonioli, por aceitarem fazer parte da banca de defesa.

Enfim, agradeço a todos aqueles que torceram por mim e que contribuíram para a concretização deste trabalho.

Muito obrigada!

## RESUMO

### FAUNA EDÁFICA EM CAMPO NATIVO, *Eucalyptus dunnii* E *Acacia mearnsii* EM ÁREA DE MINERAÇÃO, CANDIOTA, RS

AUTORA: DAYANNA DO NASCIMENTO MACHADO

ORIENTADOR: ERVANDIL CORRÊA COSTA

Existem poucos estudos relacionados a fauna edáfica em área de mineração de carvão, principalmente no sul do estado do Rio Grande do Sul. O objetivo do presente trabalho foi verificar a composição da mesofauna e macrofauna do solo em áreas mineradas e não mineradas, com diferentes coberturas vegetais em uma Mina de carvão, no município de Candiota, RS. Foram escolhidas seis áreas localizadas dentro da Mina, as quais constituíram os seguintes tratamentos: campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *Eucalyptus dunnii* em área minerada (T6). Para a mesofauna foram retiradas quatro amostras de solo com auxílio de uma sonda circular de 10 x 10 cm<sup>2</sup> e para a macrofauna retirou-se seis amostras em duas profundidades utilizando uma sonda circular de 10 x 5 cm<sup>2</sup>. As coletas ocorreram mensalmente em um período de 12 meses e as amostras foram retiradas aleatoriamente. Em laboratório, as amostras de solo da mesofauna foram colocadas em funil de Berlese e permaneceram por sete dias expostas sob luz incandescente. As amostras da macrofauna foram triadas pelo método de “catação manual” (espécimes visíveis a olho nu). Os espécimes coletados pelos dois métodos foram identificados em nível de grupos taxonômicos. As médias de abundância, riqueza e dos Índices de Diversidade, para mesofauna e macrofauna, foram submetidas a análise de variância (ANOVA) e ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott. Foram coletados um total de 25.953 espécimes, distribuídos em 14 grupos taxonômicos para a mesofauna. O tratamento T2 apresentou a menor abundância, diferindo dos demais. A riqueza da mesofauna não diferiu entre os tratamentos e a maior diversidade foi encontrada no tratamento T2. Para a macrofauna coletou-se um total de 3.855 indivíduos distribuídos em 12 grupos taxonômicos. A abundância e a diversidade da macrofauna não diferiram entre os tratamentos. O tratamento T2 apresentou a menor riqueza da macrofauna, diferindo dos demais. Com os resultados desta pesquisa é possível concluir que: a mesofauna e macrofauna em campo nativo, plantio de *Acacia mearnsii* e plantio de *Eucalyptus dunnii*, em áreas mineradas e não mineradas de carvão, apresentam composição semelhante e que o processo de mineração não causa danos significativos na biodiversidade da mesofauna e macrofauna do solo.

**Palavras-chave:** Bioindicadores de solo. Área antropizada. Entomologia Florestal.

## ABSTRACT

### EDAPHIC FAUNA IN NATIVE PASTURE, *Eucalyptus dunnii* AND *Acacia mearnsii* IN MINING AREA, CANDIOTA, RS

AUTHOR: DAYANNA DO NASCIMENTO MACHADO

ADVISOR: ERVANDIL CORRÊA COSTA

There are few studies related to soil fauna in coal mining area, mainly in the south region of Rio Grande do Sul state. Therefore, the objective of this study was to determine the composition of soil mesofauna and macrofauna in mined and not mined areas, with different land cover in a coal mine in the Candiota city. Six areas were chosen located within the mine, which have composed the following treatments: native pasture in not mined area (T1); native pasture in mined area (T2); *Acacia mearnsii* plantation in not mined areas (T3); *Acacia mearnsii* plantation in mined area (T4); *Eucalyptus dunnii* plantation in not mined area (T5) and *Eucalyptus dunnii* plantation in mined area (T6). For mesofauna were taken four samples with a circular soil probe 10 x 10 cm<sup>2</sup> and for macrofaunal were taken six samples at two depths, using a circular soil probe 10 x 5 cm<sup>2</sup>. The samples were collected monthly during a period of 12 months and at random. In the laboratory, the mesofauna soil samples were placed in Berlese funnel and remained exposed for seven days under incandescent light. Macrofaunal samples were analyzed by the "manual scavenging" (visible specimens to the naked eye). Specimens collected by two methods were identified at the taxonomic groups level. The data of abundance, richness and diversity indices for mesofauna and macrofauna were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the mean to the Scott-Knott group test. Were collected a total of 25,953 specimens, distributed in 14 taxonomic groups for mesofauna. The T2 treatment had the lowest abundance, differing from the other. The richness of mesofauna did not differ between treatments and the greatest diversity was found in T2 treatment. For macrofauna were collected a total of 3,855 individuals in 12 taxonomic groups. The abundance and diversity of macrofauna did not differ between treatments. The T2 treatment had the lowest richness of macrofauna, differing from the other. Accordingly to the findings of this research it can be concluded that: a mesofauna and macrofauna in native pasture, *Acacia mearnsii* and *Eucalyptus dunnii* plantations, in mined and not mined areas, have a similar composition and that the mining process does not cause significant damage to biodiversity of mesofauna and macrofauna soil.

**Keywords:** Bioindicators of soil. Anthropizes area. Forest Entomology.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização do Município de Candiota, RS.....	21
Figura 2 - Vista aérea (2A) e vegetação predominante (2B) na área do tratamento campo nativo em área não minerada (T1). Candiota, RS. ....	26
Figura 3 - Vista aérea (3A) e vegetação predominante (3B) na área do tratamento campo nativo em área minerada (T2), em processo de recuperação. Candiota, RS.....	26
Figura 4 - Vista aérea (4A) e vegetação predominante (4B) na área do tratamento plantio de <i>A. mearnsii</i> em área não minerada (T3) com sete anos de idade. Candiota, RS...	26
Figura 5 - Vista aérea (5A) e vegetação predominante (5B) na área do tratamento plantio de <i>A. mearnsii</i> em área minerada (T4), com sete anos de idade. Candiota, RS. ....	27
Figura 6 - Vista aérea da área (6A) e vegetação predominante (6B) na área do tratamento plantio de <i>E. dunnii</i> em área não minerada (T5), com sete anos de idade em área não minerada. Candiota, RS.....	27
Figura 7 - Vista aérea (7A) e vegetação predominante (7B) na área do tratamento plantio de <i>E. dunnii</i> em área minerada (T6), com sete anos de idade. Candiota, RS. ....	27
Figura 8 - Sonda circular de 10 x 10 cm <sup>2</sup> utilizada para amostragem da mesofauna do solo. Candiota, RS. ....	29
Figura 9 - Funis de Berlese pertencentes ao Laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. ....	29
Figura 10 - Sonda circular de 10 x 5 cm <sup>2</sup> (A); Armazenamento das amostras de solo para posterior extração da macrofauna (B) e amostras desfragmentadas em laboratório (C). ....	30
Figura 11 - Frequência relativa de grupos taxonômicos para cada tratamento. Junho de 2014 a maio de 2014. Candiota, RS.....	37
Figura 12 - Frequência relativa do total de espécimes para os grupos mais frequentes (Acari, Collembola, Formicidae) e menos frequente (Araneae) nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS. ....	38
Figura 13 - Curvas cumulativas de riqueza observada ( $S_{obs}$ ) e riqueza estimada ( $S_{est}$ ) de grupos taxonômicos da mesofauna do solo por tratamento. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.....	42
Figura 14 - Dendrograma produzido a partir da análise de agrupamento de Cluster utilizando a similaridade da composição específica da mesofauna entre os tratamentos, obtida quantitativamente pelo Índice de Similaridade de Morisita-Horn ( $Imh$ ) e qualitativamente pelo Índice de Jaccard ( $S_j$ ). Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.....	43
Figura 15 - Frequência relativa de grupos taxonômicos para cada tratamento. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.....	51
Figura 16 - Frequência do total de espécimes para os grupos mais frequentes (Formicidae, Isoptera e Formas jovens) e os menos frequentes (Diptera e Isopoda) nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.....	52
Figura 17 - Curvas cumulativas de riqueza observada ( $S_{obs}$ ) e riqueza estimada ( $S_{est}$ ) para cada grupo taxonômico da macrofauna, por tratamento. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.....	56
Figura 18 - Dendrograma produzido a partir da análise de agrupamento de Cluster utilizando a similaridade da composição específica da macrofauna entre os tratamentos, obtida quantitativamente pelo índice de Similaridade de Morisita-Horn ( $Imh$ ) e qualitativamente pelo Índice de Jaccard ( $S_j$ ). Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Abundância de espécimes e riqueza de grupos taxonômicos coletados pelo método do funil de Berlese, nas áreas mineradas e não mineradas. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS. (Volume de solo = 785 cm <sup>3</sup> ). .....	34
Tabela 2 - Médias de abundância e riqueza para a mesofauna nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS. ....	45
Tabela 3 - Médias dos Índices de Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J) para a mesofauna nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS. ....	45
Tabela 4 - Correlação simples entre: abundância x variáveis meteorológicas, riqueza de grupos taxonômicos x variáveis meteorológicas e grupos taxonômicos mais frequentes x variáveis meteorológicas. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS. ....	47
Tabela 5 - Abundância de espécimes e riqueza de grupos taxonômicos coletados pelo método de catação manual, nas áreas mineradas e não mineradas. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS. (Volume de solo = 785 cm <sup>3</sup> ). ....	48
Tabela 6 - Médias de Abundância e riqueza para a macrofauna nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS. ....	59
Tabela 7 - Médias dos Índices de Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J) para macrofauna nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS. ....	60
Tabela 8 - Correlação simples entre: abundância x variáveis meteorológicas, riqueza de grupos taxonômicos x variáveis meteorológicas e grupos taxonômicos mais frequentes da macrofauna x variáveis meteorológicas, em áreas mineradas e não mineradas. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS. ....	62

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
2.1	CARVÃO MINERAL E SUA DISTRIBUIÇÃO EM NÍVEL MUNDIAL.....	11
2.2	MINERAÇÃO NA JAZIDA DE CANDIOTA.....	12
2.3	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL PROVOCADA PELA MINERAÇÃO DE CARVÃO .....	13
2.4	RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS MINERADAS EM CANDIOTA PELA COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO .....	14
2.5	FAUNA DO SOLO .....	15
2.6	IMPORTÂNCIA DA FAUNA EDÁFICA.....	17
2.7	MESOFAUNA DO SOLO .....	17
2.8	MACROFAUNA DO SOLO.....	19
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	21
3.2	TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	22
3.3	CARACTERIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	22
3.4	AMOSTRAGEM E EXTRAÇÃO DA MESOFAUNA DO SOLO .....	27
3.5	AMOSTRAGEM E EXTRAÇÃO DA MACROFAUNA DO SOLO .....	30
3.6	ANÁLISE FAUNÍSTICA.....	31
<b>3.6.1</b>	<b>Abundância e riqueza para mesofauna e macrofauna .....</b>	<b>31</b>
<b>3.6.2</b>	<b>Frequência relativa para mesofauna e macrofauna .....</b>	<b>31</b>
<b>3.6.3</b>	<b>Riqueza observada (<math>S_{obs}</math>) e estimada (<math>S_{est}</math>) para mesofauna e macrofauna .....</b>	<b>31</b>
<b>3.6.4</b>	<b>Índices de Diversidade e Similaridade para mesofauna e macrofauna .....</b>	<b>32</b>
3.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	32
3.8	DADOS METEOROLÓGICOS E CORRELAÇÃO SIMPLES .....	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
4.1	MÉTODO FUNIL DE BERLESE .....	34
<b>4.1.1</b>	<b>Análise faunística para mesofauna .....</b>	<b>34</b>
4.1.1.1	<i>Abundância e riqueza.....</i>	34
4.1.1.2	<i>Frequência relativa .....</i>	36
4.1.1.3	<i>Riqueza observada (<math>S_{obs}</math>) e estimada (<math>S_{est}</math>).....</i>	41
4.1.1.4	<i>Índices de Similaridade.....</i>	43
<b>4.1.2</b>	<b>Análise estatística para mesofauna.....</b>	<b>44</b>
4.1.2.1	<i>Abundância e riqueza.....</i>	44
4.1.2.2	<i>Índices de Diversidade .....</i>	45
<b>4.1.3</b>	<b>Dados meteorológicos e correlação simples para mesofauna.....</b>	<b>47</b>
4.2	MÉTODO DE CATAÇÃO MANUAL.....	48
<b>4.2.1</b>	<b>Análise faunística para macrofauna .....</b>	<b>48</b>
4.2.1.1	<i>Abundância e riqueza.....</i>	48
4.2.1.2	<i>Frequência relativa .....</i>	50
4.2.1.3	<i>Riqueza observada (<math>S_{obs}</math>) e riqueza estimada (<math>S_{est}</math>).....</i>	55
4.2.1.4	<i>Índices de Similaridade .....</i>	57
<b>4.2.2</b>	<b>Análise estatística para macrofauna.....</b>	<b>59</b>
4.2.2.1	<i>Abundância e riqueza.....</i>	59
4.2.2.2	<i>Índices de Diversidade .....</i>	60
<b>4.2.3</b>	<b>Dados meteorológicos e correlação simples para macrofauna .....</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICE A - ANÁLISE QUÍMICA PARA AS ÁREAS DOS TRATAMENTOS, REALIZADA SEIS MESES APÓS O INÍCIO DAS COLETAS. JUNHO DE 2014 A MAIO DE 2015. CANDIOTA, RS. ....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE B - VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS COLETADAS ATRAVÉS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA BAGÉ-A827 (CÓDIGO OMM: 86992) FORNECIDOS PELA SEÇÃO DE ARMAZENAMENTO DE DADOS METEOROLÓGICOS (SADMET) DO INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). JUNHO DE 2014 A MAIO DE 2015. CANDIOTA, RS. ....</b>	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Todos os processos de exploração de recursos naturais geram impactos ao meio ambiente, de maior ou menor intensidade. A mineração, como por exemplo, a extração de carvão mineral causa impactos relacionados à exploração de áreas naturais, modificando a paisagem através do revolvimento do solo e gerando grandes volumes de resíduos (SILVA, 2007), os quais são depositados próximos às áreas mineradas (NASCIMENTO et al., 2002).

De acordo com Nascimento et al. (2002), independentemente do método de extração, a cada 1.000 kg de material minerado é gerado aproximadamente 600 kg de resíduos, que são depositados no entorno da área que está sendo minerada. Assim, além do impacto ambiental no local da mineração, o entorno também acaba sofrendo algum desequilíbrio (KOPPE; COSTA, 2002).

No Brasil, o Estado do Rio Grande do Sul responde por 89,25% do volume de reservas de carvão mineral, seguido de Santa Catarina (10,41%), Paraná (0,32%) e São Paulo (0,02%). A maior jazida desse minério está localizada no sul do Estado do Rio Grande do Sul, no município de Candiota, sendo detentora de 38% do carvão nacional (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008). Segundo Koppe e Costa (2002), o método de extração utilizado na Mina de Candiota é o de lavra a céu aberto, o qual constitui uma fonte poluidora ocasionando problemas ambientais aos ecossistemas envolvidos.

O processo de extração a céu aberto provoca alterações topográficas e hidrológicas nas áreas, consequentemente acaba eliminando a vegetação local provocando a degradação do ambiente. Após a retirada do carvão, os solos são reconstruídos e apresentam baixo teor de matéria orgânica, baixa qualidade estrutural e atividade microbiana reduzida, o que acaba limitando o estabelecimento da vegetação e restauração de um novo sistema (USSIRI; LAL; JACINTHE, 2006).

Assim, a mineração como muitas das atividades antrópicas provoca a degradação das condições ambientais do solo, acarretando a simplificação e a redução do número de indivíduos das comunidades vegetais e animais, favorecendo espécies tolerantes (MENTA, 2012). No entendimento de Arato, Martins e Ferrari (2003), quando ocorre esse desequilíbrio nem sempre é possível restabelecer a população original devido a intensidade do processo exploratório em que a área foi submetida, pois o solo sofre alterações de natureza física, química e biológica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Essas alterações no *habitat* natural atuam diretamente sobre a biologia do solo, afetando a estrutura e o desenvolvimento das espécies da fauna edáfica, as quais não

conseguem se adaptar ao novo sistema e acabam morrendo, ou muitas vezes acabam extintas até que ocorra um novo equilíbrio no ambiente (SCHIERHOLS, 1991; THOMANZINI; THOMANZINI, 2000).

Independente da técnica utilizada para a recuperação de áreas, as comunidades da meso e macrofauna, mostram-se sensíveis com relação a recuperação do solo, quando avaliadas através da sua abundância, estrutura e diversidade de grupos taxonômicos (ANDRÉS; MATEOS, 2006; MENEZES et al., 2009; PINHEIRO, 2005). Na interpretação de Melo et al. (2009), a mesofauna em conjunto com a macrofauna do solo desempenham principalmente funções detritívoras e predatórias nas cadeias tróficas da serapilheira e no interior do solo, desse modo, essas funções desempenhadas estão diretamente ligadas ao controle biológico de pragas do solo, a incorporação de matéria orgânica, o revolvimento do solo e a ciclagem de nutrientes.

A conservação de resíduos orgânicos com uma cobertura vegetal na superfície do solo pode alterar diretamente a interação das populações da fauna edáfica (ANTONIOLLI et al., 2006) e dos microrganismos, refletindo na recuperação das áreas de mineração (FROUZ et al., 2008; MARAMBA et al., 2006; WANG et al., 2006).

A composição da fauna do solo em área de mineração de carvão é pouco estudada no Brasil. No estado de Santa Catarina são encontrados alguns trabalhos, entre eles: Pillon (2012) estudou a fauna invertebrada epigéica em solos construídos em áreas mineradas de carvão, no sul de Santa Catarina; Oliveira Filho, Baretta e Santos (2014) avaliaram a influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina e, Correia (2010) estudou a fauna edáfica como indicadora em ambiente reconstruído após a mineração de carvão no Distrito de Guatá, pertencente ao município de Lauro Müller (SC).

No Estado do Rio Grande do Sul, onde está localizada a maior jazida de carvão do país (Mina de Candiota), os estudos relacionados a fauna edáfica em áreas de mineração são considerados insuficientes. Nesse contexto, o presente estudo buscou verificar a composição da mesofauna e macrofauna do solo nas áreas mineradas e não mineradas, com diferentes coberturas vegetais, em uma Mina de carvão no município de Candiota, RS. Como objetivos do trabalho tem-se: a) identificar os organismos coletados em nível de grupos taxonômicos; b) verificar a diversidade dos grupos taxonômicos nas áreas mineradas e não mineradas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CARVÃO MINERAL E SUA DISTRIBUIÇÃO EM NÍVEL MUNDIAL

O carvão mineral é um combustível fóssil, sólido, formado a partir da decomposição da matéria orgânica de vegetais depositados em bacias sedimentares. Em ambiente sem contato com o ar, e por ação de pressão e temperatura decorrentes do soterramento e da atividade orogênica, os restos vegetais se solidificaram e eliminaram oxigênio e o hidrogênio, ficando assim, enriquecidos em carbono (BORBA, 2001).

Apresenta aparência preta ou marrom, lisa, macia e quebradiça (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CARVÃO MINERAL, 2015), e é composto por átomos de oxigênio, nitrogênio, enxofre e carbono, associados a outros elementos rochosos, como o arenito, siltito, folhelhos e diamictitos e pirita (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008). De acordo com o conteúdo de carbono fixo, o qual aumenta gradativamente enquanto o minério vai se formando, o carvão pode ser classificado como: linhito, sub-betuminoso, betuminoso e antracito (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CARVÃO MINERAL, 2015). Entre os combustíveis fósseis, o carvão ocupa a primeira colocação em termos de abundância e perspectiva de vida útil, sendo a longo prazo a mais importante reserva energética mundial (BORBA, 2001).

Na natureza, o carvão mineral a nível global contribui com aproximadamente 27% da matriz energética ficando atrás somente do petróleo que participa com 33% (PORTAL BRASIL, 2011). No ano de 2013, as reservas de carvão mineral a nível mundial apresentavam um volume de aproximadamente 860 bilhões de toneladas de carvão, distribuídas em 75 países, possuindo vida útil estimada em 109 anos (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, 2014), sendo que, as maiores reservas estão localizadas nos Estados Unidos (28,6%), Rússia (18,5%) e China (13,5%) (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

A principal aplicação do carvão mineral no mundo é a geração de energia elétrica por meio de termelétricas, seguido da aplicação industrial para a geração de calor necessário aos processos de produção, tais como, siderúrgicas, secagem de produtos, cerâmicas e fabricação de vidros (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008). De acordo com Borba (2001), o carvão contribui com 38,4% na geração total de eletricidade a nível mundial, no entanto, até 2035 a demanda por energia no mundo determinará o aumento de 25% das operações das usinas a carvão (PIRES; HOLTZ, 2012).

## 2.2 MINERAÇÃO NA JAZIDA DE CANDIOTA

Do ponto de vista econômico, Lopes (1998) comenta que a mineração de carvão no Brasil contribuiu indiretamente com 60% do Produto Interno Bruto (PIB). No Brasil, as maiores reservas de carvão mineral estão localizadas nos estados do Rio Grande do Sul (89,25%), Santa Catarina (10,41%), Paraná (0,32%) e São Paulo (0,02%) (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

No Estado do Rio Grande do Sul está localizada a maior jazida de carvão mineral do Brasil, mais precisamente no município de Candiota, a 400 quilômetros ao sul de Porto Alegre, onde as reservas de carvão chegam a aproximadamente 28,8 bilhões de toneladas, em profundidade de até 50 metros (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO, 2015) representando 38% de todo o carvão nacional (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

Na Jazida de Candiota, segundo Soares et al. (2006) existem dois bancos de carvão que são minerados: Candiota superior (CS) que se encontra a aproximadamente 12 m de profundidade e Candiota Inferior (CI) que está a 20 m, ambos fazem parte do perfil geológico da Formação Rio Bonito presente em Candiota. Os mesmos autores, comentam que devido ao carvão mineral encontrado nessa jazida apresentar baixo poder calorífico e alto teor de impurezas, na sua grande maioria o carvão é utilizado para a geração de energia elétrica.

A empresa responsável pela lavra na Mina de Candiota é a Companhia Riograndense de Mineração (CRM), sociedade de economia mista, a qual é vinculada à Secretaria de Minas e Energia do Governo do Estado do Rio Grande do Sul (SME) (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO, 2015). O método de extração utilizado é o de lavra céu aberto, onde são realizados sucessivos cortes em sistema denominado de vaivém (SANTOS, 2006).

A mineração e recuperação ambiental na Jazida de Candiota, de acordo com a Companhia Riograndense de Mineração (2015) seguem as seguintes etapas: retirada da terra vegetal; descobertura do carvão (*Dragline*); extração do carvão; transporte do carvão para o depósito da CRM; recomposição topográfica; deposição da terra vegetal; correção, adubação e plantio; integração ambiental da área e monitoramento.

O carvão proveniente da Jazida de Candiota é destinado quase que na sua totalidade para a Usina Termelétrica Presidente Médici, também localizada no município de Candiota. O minério é transportado para a Usina através de correias transportadas, as quais ligam o depósito da CRM até o depósito da termelétrica.



A produção da Mina de Candiota durante o ano de 2014 seguiu programada para o mínimo contratual de 275.000 t/mês ou 3.300.000 t/ano de carvão para o abastecimento da Usina Termelétrica Presidente Médici – UPME, nas Fases A + B + C, sendo que, a principal utilização do carvão mineral é para a geração de energia elétrica. No entanto, encerrou o ano com um fornecimento de 3.120.614t (94,6%), abaixo do mínimo contratual, considerando que a capacidade instalada da mina é de 5.000.000 t/ano (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO, 2015).

Após a mineração das áreas utilizando o método de lavra a céu aberto, ocorre o preenchimento da cava que foi minerada, a qual apresenta a seguinte recomposição topográfica: uma camada subsuperficial espessa composta por estéreis de mineração; uma camada superficial de solo, pouco espessa, constituída pela mistura dos horizontes A e/ou B e por último é colocada a terra vegetal (CASTRO, 2012). Essa nova formação constitui os denominados, solos construídos, que são formados por materiais e procedimentos determinados pela ação humana (PINTO; KÄMPF, 2002). O intenso tráfego de equipamentos para a construção dos solos antropogênicos causa a compactação das partículas que estão desagregadas, deste modo, provoca a mistura do solo com outros materiais geológicos, resultando em uma condição muito diferente do solo original (CASTRO, 2012).

### 2.3 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL PROVOCADA PELA MINERAÇÃO DE CARVÃO

O art. 3º, inc. I, da Lei n. 6.938 de 1981 diz que: o meio ambiente é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. Ainda, no seu inciso II essa lei expressa como sendo “degradação da qualidade ambiental as alterações adversas das características do meio ambiente”.

As atividades que envolvem intervenções humanas como por exemplo, a mineração, causam efeitos negativos ao meio ambiente, sendo essas ações consideradas como as principais associadas a degradação ambiental (CAPECHE; MACEDO; MELO, 2008). A mineração de carvão, principalmente a lavra a céu aberto, provoca impactos ambientais que podem ser temporários ou permanentes. No entanto, os principais impactos oriundos desse processo são a contaminação da água, do solo e do ar (SANCHES; FORMOSO, 1990).

Conforme Silva (2007), o mais característico impacto ocasionado pela mineração é a degradação visual da paisagem. Aproximadamente 600 kg de material minerado é composto por “rejeitos e estéreis” de um total de 1000 kg, os quais são colocados no entorno da área que

está sendo minerada (NASCIMENTO et al., 2002). Monteiro (2004) comenta que a extração de carvão pode alterar muitos aspectos do ciclo hidrológico com relação à quantidade e à disponibilidade de água.

Outro impacto associado a mineração de carvão é desencadeado pela oxidação do sulfeto de ferro (FeS<sub>2</sub>) presente nos rejeitos do carvão, que são expostos à ação do oxigênio e ao contato com a água causam a acidificação das drenagens (MENDONÇA et al., 2002). Além dos impactos já mencionados anteriormente, com a queima do carvão, no entendimento de Monteiro (2004), são produzidas partículas muito finas, as quais absorvem o dióxido de enxofre do ar e, juntamente com a umidade produzem partículas ácidas que são nocivas para o sistema respiratório e para o meio ambiente. Esse tipo de poluição ambiental apresenta o que se chama tecnicamente de efeito “difuso” da poeira, resíduos das chaminés das usinas que são lançados ao ar e seguem as correntes aéreas, alcançando centenas de quilômetros distantes da fonte de origem.

#### 2.4 RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS MINERADAS EM CANDIOTA PELA COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO

A Lei n. 6.938 de 1981 (Política Nacional do Meio Ambiente) traz em seu art. 2º a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendendo alguns princípios, tais como: a recuperação de áreas degradadas; a proteção das áreas ameaçadas de degradação e o acompanhamento do estado da qualidade ambiental, entre outros.

A Constituição Federal de 1988, no seu Artigo 225, parágrafo 2º, trata da recuperação obrigatória do ambiente degradado por aquelas pessoas que exploram os recursos minerais, sendo que, essa recuperação será de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente na forma da lei. A Resolução n. 001 de 1986 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) instituiu em seu art. 2º que o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, como por exemplo, a extração de minério, dependerá da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Nesse contexto, os primeiros experimentos de mitigação dos passivos ambientais em Candiota ocorreram na década de 1980, onde houve a revegetação de algumas áreas mineradas com *Eucalyptus* sp., com a intenção de minimizar o impacto visual e atenuar a erosão (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO, 2015). Também é possível

encontrar algumas áreas mineradas que posteriormente a mineração, receberam plantios de *Acacia mearnsii* de Wild e *Eucalyptus dunnii* Maiden, como coberturas vegetais. De acordo com Schianetz (1999), os passivos ambientais são deposições antigas conhecidas como aterros ou deposições abandonadas onde foram depositados resíduos, também podem ser sítios contaminados que produzem riscos para o bem-estar da coletividade.

Atualmente, a recuperação ambiental faz parte dos projetos de lavra da Companhia Riograndense de Mineração e é realizada imediatamente ao processo de mineração. Todas as áreas de produção da empresa estão licenciadas na Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e possuem Planos de Controle Ambiental (PCA), Planos de Recuperação de Área Degradada (PRAD) ou projetos específicos de recuperação ambiental. Entre as atividades que constam nos Planos de Controle Ambiental da empresa estão: aproveitamento do solo arável, modelagem topográfica, controle de erosão, tratamento dos efluentes e monitoramento da qualidade das águas (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO, 2015). Com relação a revegetação das áreas mineradas, a empresa vem utilizando gramíneas forrageiras de inverno, como por exemplo, aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), gramíneas forrageiras de verão do gênero *Brachiaria*, entre outros, com o propósito de controlar a erosão nos solos construídos. Além disso, o próprio banco de sementes presente na terra vegetal ajuda na cobertura da área.

No ano de 2014, resultados do projeto experimental na Mina de Candiota demonstraram viabilidade de tornar novamente férteis áreas mineradas, com o plantio de gramíneas e posteriormente árvores nativas e frutíferas do Rio Grande do Sul. Em outro experimento foi utilizada argila vermelha para testes de recuperação do passivo ambiental (Malha II), o qual apresentou bons resultados, em especial por deixar o solo realocado com teores de fertilidade mais elevados. Além desse processo, nestas áreas é realizada terraplanagem colocando além da argila, calcário agrícola, adubos orgânicos e químicos, necessários para a correção dos nutrientes e da acidez do solo, alcançando o manejo adequado do solo (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO, 2015).

## 2.5 FAUNA DO SOLO

A fauna do solo segundo Anderson (1988), é o termo utilizado para a comunidade de invertebrados que vivem permanentes ou que passam um ou mais ciclos de vida no solo. Esses organismos podem ser classificados em função do regime alimentar, do tempo que

vivem no solo, pelo habitat, pelo seu tamanho e seu meio de locomoção (AQUINO; CORREIA, 2005).

Conforme Morselli (2009), quanto ao regime alimentar os organismos do solo podem ser classificados em saprófagos, fitófagos, necrófagos, coprófagos e predadores. Quanto ao tempo de permanência dos organismos no solo, Aquino e Correia (2005) comentam que esse tempo pode ser variável, podendo estes passarem apenas parte do seu ciclo no solo (geófilos) ou todo o seu ciclo de vida (geobiontes). Com relação ao *habitat*, os autores ainda relatam que os organismos podem ser aquáticos quando vivem em poros ou filmes de água ao redor das partículas de solo e terrestres quando habitam a atmosfera do solo. No entanto, o critério considerado básico para a classificação da fauna edáfica é o tamanho corporal, uma vez que, apresenta relação com o tamanho do tubo digestivo e do aparelho bucal (MELO et al., 2009).

Lavelle et al. (1994) classificaram a fauna edáfica quanto ao tamanho e mobilidade no solo em: microfauna, a qual compreende os organismos que apresentam tamanho menor que 0,2 mm e que são mais móveis que a microflora; mesofauna composta pelos organismos de tamanho entre 0,2 a 4 mm, os quais movimentam-se em fissuras e poros na interface serapilheira/solo e, macrofauna que representa os organismos com tamanho maior que 4 mm, os quais realizam o transporte de material do solo, constroem ninhos, cavidades e galerias. Ainda, segundo Correia e Oliveira (2000), os organismos que apresentam tamanho superior a 20 mm compreendem a megafauna.

A microfauna do solo é constituída principalmente por protozoários e nematoides, e nessa classificação ainda estão incluídos organismos aquáticos e que vivem associados ao filme de água no solo. Por meio da ingestão de bactérias e fungos a microfauna apresenta indiretamente uma importante participação na regulação da ciclagem de nutrientes (MELO et al., 2009).

De acordo com Baretta (2007), Acarina, Collembola, Enchytraeidae e Symphyla constituem alguns dos grupos de organismos presente na mesofauna. O consumo de microrganismos e dos organismos da microfauna do solo, assim como a fragmentação de vegetais em decomposição, são algumas das atividades tróficas desempenhadas por esses grupos (CORREIA; ANDRADE, 1999).

Os organismos edáficos visíveis a olho nu pertencem a macrofauna do solo, sendo representada pelos grupos Oligochaeta, Araneae, Coleoptera, Diplopoda, Isoptera, Scorpiones, Hymenoptera, Orthoptera, Hemiptera, larvas, entre outros organismos com menor frequência (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979). No entendimento de Correia e Andrade (1999), a macrofauna é a principal responsável pela atividade de fragmentação do material

vegetal presente na serapilheira e segundo Stork e Eggleton (1992), também são chamados de “engenheiros do ecossistema” pela capacidade de modificar densamente a estrutura do solo.

## 2.6 IMPORTÂNCIA DA FAUNA EDÁFICA

O grau de sustentabilidade de uma área pode ser verificado através do conhecimento dos organismos da fauna edáfica, os quais podem indicar o quanto uma área degradada está se recuperando ou um ambiente natural está sendo antropizado (LINDEN et al., 1994). Na interpretação de Stork e Eggleton (1992), avaliações da comunidade de invertebrados do solo refletem a qualidade desse ambiente e, demonstram ainda que os efeitos de mudanças ocorridas pela ação antrópica ocasionam impactos diretos na qualidade do solo, principalmente no que diz respeito a perda de espécies.

O solo-serapilheira é o *habitat* para uma diversidade de organismos da fauna edáfica, onde estes invertebrados desempenham mudanças nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (PERRANDO, 2008) e devido à sua alta sensibilidade as alterações ambientais, esses organismos têm sido utilizados como indicadores da qualidade do solo (ROVEDDER et al., 2004). Segundo Correia, Andrade e Farias (1997), tanto em nível micro (quantidade/qualidade da serapilheira ou matéria orgânica e tipos de manejo) quanto em nível macro (clima, tipo de solo e fitofisionomia) a fauna do solo pode sentir e refletir os efeitos que acontecem no seu hábitat, isso ocorre devido a sua sensibilidade em resposta a alterações ambientais.

No solo, a fauna edáfica participa principalmente em processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, os quais são de suma importância para a manutenção dos ecossistemas. Possibilita ainda, o aumento da biodiversidade atuando nas modificações do ambiente, as quais resultam na criação de micro-habitats e nichos (CORREIA, 2002). Os organismos do solo ainda demonstram possuir uma dependência direta aos fatores ambientais, podendo haver um aumento na população quando as condições estão favoráveis ou um declínio em condições desfavoráveis a sua existência (SILVEIRA NETO et al., 1976).

## 2.7 MESOFAUNA DO SOLO

A mesofauna abrange uma vasta gama de organismos presentes na biota do solo, sendo representada principalmente por: Collembola, Araneae, Acari, alguns Oligochaetas, diversas ordens pertencentes a classe Insecta e alguns organismos das classes Chilopoda e Diplopoda

(SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979). Esses organismos possuem diferentes estratégias alimentares e funções importantes no solo, como decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (LAVELLE et al., 2006). Além disso, tanto a microfauna quanto a mesofauna possuem a função de aumentar a atividade biológica (WRIGHT; HUHTA; COLEMAN, 1989), acelerar a decomposição e a ciclagem de nutrientes (LAVELLE et al., 2006), serem mediadoras em processos de transporte, assim contribuindo diretamente na estruturação e agregação do solo (ANDERSON, 1988; ASSAD, 1997; SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979).

De acordo com Melo et al. (2009), a mesofauna juntamente com a macrofauna do solo desempenham principalmente funções detritívoras e predatórias nas cadeias tróficas da serapilheira e no interior do solo, desse modo, essas funções desempenhadas estão diretamente ligadas a ciclagem de nutrientes, ao controle biológico de pragas, a incorporação de matéria orgânica e o revolvimento do solo.

Os grupos mais abundantes da mesofauna são Acari e Collembola, os quais estão presentes em vários tipos de solo, exercendo uma decomposição lenta da matéria orgânica devido aos seus hábitos alimentares serem basicamente de restos vegetais, fungos e outros microrganismos (KIEHL, 1985; PRIMAVESI, 1987). Singh e Pillai (1975) comentam que esses dois grupos constituem cerca de 72% a 97%, dos indivíduos da fauna total de artrópodes do solo.

Moraes e Flechtmann (2008) afirmam que os ácaros são encontrados em maior quantidade nas frações orgânica superficial e nos primeiros centímetros da inorgânica subjacente do solo. Dentre algumas atividades desempenhadas pelos ácaros estão a realização de um importante conjunto de ações, as quais resultam em melhores condições dos atributos físicos do solo propiciando aumento da porosidade, infiltração da água, aeração e o funcionamento biológico no sistema solo (SANGINGA; MULONGOY; SWIFT, 1992).

Os colêmbolos quando analisados do ponto de vista ecológico, exercem uma importante função no controle da população e distribuição de bactérias e fungos presentes no solo, além disso, desempenham importância secundária nos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica (litter) e no desenvolvimento da microestrutura do solo (RUSEK, 1998; ZEPPELINI; BELLINI, 2004). Conforme Sautter e Santos (1991), os colêmbolos ainda podem influenciar a fertilidade do solo estimulando a atividade microbiana, influenciam na dispersão de esporos de fungos, no controle de bactérias e fungos causadores de patologias em plantas e contribuem na devolução de íons ao solo para absorção vegetal.

## 2.8 MACROFAUNA DO SOLO

Os organismos que apresentam diâmetro do corpo acima de 2 mm possibilitando sua visualização a olho nu são considerados como parte da macrofauna do solo, a qual pode ser representada por organismos pertencentes a mais de 20 grupos taxonômicos, tais como, minhocas, besouros, formigas, cupins, aranhas, centopeias, lacraias, piolhos-de-cobra, baratas, grilos, tatuzinhos, percevejos e algumas larvas (LAVELLE; SPAIN, 2001; MELO et al., 2009). De acordo com Anderson (1988), devido ao tamanho corporal dos componentes da macrofauna, esses organismos possuem a capacidade de romper as estruturas dos horizontes minerais e orgânicos do solo quando estão se alimentando e também se movendo.

A macrofauna do solo, segundo Hendrix et al. (1990), é importante para os processos de ciclagem de nutrientes e estruturação do solo atuando na fragmentação dos resíduos originários das plantas, misturando partículas minerais e orgânicas, redistribuindo a matéria orgânica, regulando a população de microrganismos, estimulando a atividade microbiana, promovendo a humificação, criando bioporos, entre outros. Wolters e Ekschmitt (1997) comentam que esses organismos ainda podem contribuir com 33% da decomposição da liteira.

Alguns grupos como os cupins, as formigas, os besouros e as minhocas constituem um grupo funcional comumente denominado de “engenheiros do ecossistema”, pois além de atuarem como organismos detritívoros (fragmentando o material vegetal em partículas menores) eles atuam na formação e na estruturação do solo, e ainda, facilitam a decomposição realizada pelos microrganismos (LAVELLE et al., 1997; MELO et al., 2009).

Os cupins conforme, Melo et al. (2009), apresentam simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, além disso, possuem uma alimentação baseada em material vegetal celulósico permitindo assim, que os processos de decomposição e reciclagem dos nutrientes minerais (matéria morta) aconteçam mais rapidamente. São bastante utilizados como indicadores de contaminação química, devido à acumulação de metais pesados (FILHO, 1995).

As formigas exercem importante papel na pirâmide de fluxo de energia desempenhando funções nos processos ecológicos, como por exemplo, na predação, herbivoria, dispersão de sementes, ciclagem de nutrientes, estruturação física e química do solo, proteção de plantas e desenvolvem interação com diversos grupos de organismos (MELO et al. 2009). Os coleópteros (besouros), de acordo com Penny, Arias e Schubart (1978), realizam importantes funções no solo principalmente no que diz respeito ao controle do processo de decomposição, via predação da fauna detritívora. As minhocas também são

extremamente importantes para o solo pois participam dos processos de ciclagem da matéria orgânica e de modificações das propriedades físicas do solo (ASSAD, 1997; RIGHI, 1997; SILVA et al., 2006).

Lavelle e Spain (2001) comentam que os organismos da macrofauna do solo apresentam respostas às diversas intervenções antrópicas que são praticadas no meio ambiente. Essas respostas podem estar relacionadas ao número de indivíduos e na diversidade desses organismos, na presença de alguns grupos taxonômicos específicos, podendo assim, serem utilizados como indicadores da qualidade do solo, nos mais variados ambientes (BARROS et al., 2003; CHAUSSOD, 1996; PAOLETTI, 1999; TIAN; KANG, BRUSSAARD, 1997).

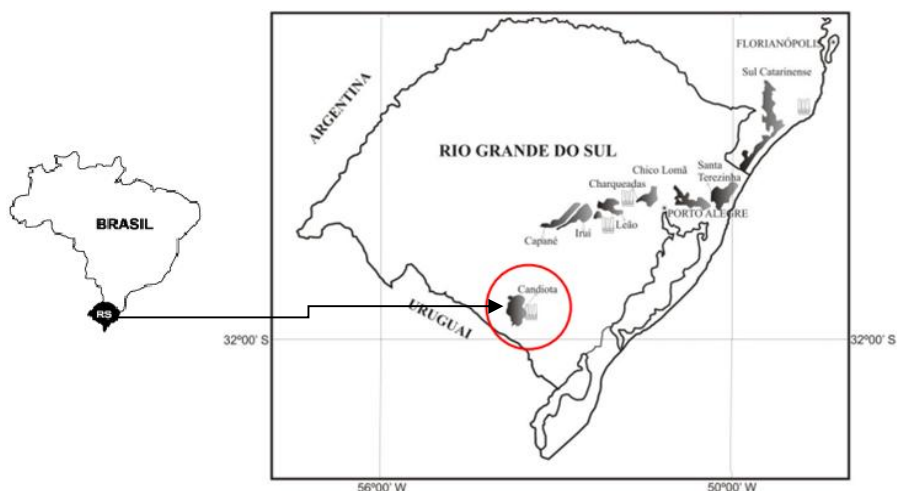


### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi conduzido em uma área de mineração de carvão mineral pertencente à Companhia Riograndense de Mineração – CRM ( $31^{\circ}32'50.11''\text{S}$ ;  $53^{\circ}46'36.39''\text{O}$ ), localizada no Município de Candiota, na região sul do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). Essa região está inserida no bioma Pampa o qual abrange os campos da metade sul e das Missões, compreendendo uma área aproximada de 176.496 km<sup>2</sup> (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2004).

Figura 1 - Localização do Município de Candiota, RS.



Fonte: Adaptado de Maiquel Kochhann Lunkes, 2010.

Segundo Chomenko (2006) o Bioma Pampa é caracterizado por apresentar uma vegetação campestre, cuja predominância está associada às regiões de áreas planas e pela existência de uma vegetação mais densa, arbustiva e arbórea nas encostas e ao longo dos cursos de água, também podendo haver a ocorrência de banhados. A sua representação territorial nacional é de 2,07% e do território estadual 63% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2004). Conforme Fortes (1979), na divisão fisiográfica do estado esse município enquadra-se na região da Campanha, pertencendo à microrregião Serras do Sudeste. O Município de Candiota faz parte da Região Carbonífera do Rio Grande Do Sul

juntamente com os seguintes municípios: Herval, Hulha Negra, Pedras Altas, Pinheiro Machado, Bagé e Aceguá (MIGLIAVACCA et al., 2005).

O clima da região, segundo a classificação de Wilhelm Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido com verão quente (ALVARES et al., 2013). A temperatura média fica em torno de 18°C e a precipitação média anual de 1.350 mm (MORENO, 1961). O solo é classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico típico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006).

### 3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos foram distribuídos em seis áreas dentro da Mina de Candiota. Três áreas foram mineradas/recuperadas e três áreas não foram mineradas, as quais compuseram os seguintes tratamentos:

**Tratamento 1 (T1):** campo nativo em área não minerada;

**Tratamento 2 (T2):** campo nativo em área minerada;

**Tratamento 3 (T3):** plantio de *Acacia mearnsii* em área não minerada;

**Tratamento 4 (T4):** plantio de *Acacia mearnsii* em área minerada;

**Tratamento 5 (T5):** plantio de *Eucalyptus dunnii* em área não minerada;

**Tratamento 6 (T6):** plantio de *Eucalyptus dunnii* em área minerada;

O delineamento experimental utilizado nesse estudo foi inteiramente casualizado devido a homogeneidade das áreas e das amostras serem retiradas aleatoriamente.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS

- **Campo nativo em área não minerada (T1)**

Apresentava uma área de 2,20 ha (Figura 2A), localizada na parte leste da mina (S 31° 34' 16,9" - W 53° 41' 46,7"), onde não houve processo de mineração prevalecendo as características originais da vegetação local que fazem parte do bioma pampa.

A vegetação era basicamente campestre, com predomínio de capim-annoni (Poaceae), no entanto, encontrava-se alguns indivíduos pertencentes as famílias Malvaceae (guanxuma), Fabaceae (pega-pega), Caryphyllaceae (alfinete-da-terra), Polynaceae (erva-de-bicho), Asteraceae (carqueja, maria-mole), Solanaceae (Fumo-bravo), Poacea (capim-treme-treme, cabelo-de-porco), entre outros (Figura 2B). Durante a realização deste estudo a área estava sendo utilizada para pastejo de equinos.

- **Campo nativo em área minerada (T2)**

A área do tratamento T2 apresentava 2,21 ha (Figura 3A), estava localizada na parte central da Mina (S 31° 34' 20,3" - W 53° 42' 54,9"). No ano de 2012 foi realizada a extração do carvão com posterior recuperação, a qual seguiu as seguintes etapas: recomposição topográfica do local, em seguida colocou-se uma camada de 1 m de argila vermelha (espessura) e por fim, uma camada de 30 cm de terra vegetal. Essa área recebeu adubação e calagem com posterior plantio de gramíneas para a cobertura do solo.

Além disso, o próprio banco de sementes contido na terra vegetal emergiu auxiliando na revegetação do solo. As principais famílias encontradas nesta área foram: Asteraceae (maria-mole, pata-de-cavalo), Solanaceae (fumo-bravo), Rubiaceae (mata-pasto), Plantaginaceae (trançagem), Brassicaceae (nabo-forrageiro), Poaceae (capim-favorito, cabelo-de-porco), Ciperaceae (junquinho), Fabaceae (trevinho), entre outras.

Bugin (2002) comenta que devido à capacidade de cobrir rapidamente o solo e de possuir sistema radicular denso e profundo, tanto as gramíneas quanto as leguminosas são muito utilizadas para cobrir solos expostos (evitando a erosão superficial das áreas).

No ano de 2014, quando começou a ser realizada as coletas do presente estudo, essa área estava com dois anos de idade e em pleno processo de recuperação (Figura 3B), não sendo utilizada para fins de agricultura e pecuária.

- **Plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3)**

A área deste tratamento apresentava 2,89 ha (Figura 4A), localizada na parte leste da Mina (S 31° 34' 20,2" - W 53° 41' 49,0") e a madeira do plantio estava destinada para obtenção de lenha. Não ocorreu processo de mineração neste local. Apresentava um sub-bosque composto basicamente por serapilheira com espessura de 0,5 cm, constituída principalmente pela deposição de folhas, galhos e casca oriundos do próprio plantio (Figura 4B). Também, foram encontrados no sub-bosque alguns indivíduos pertencentes as famílias Gramineae (Milhã), Asteraceae (língua-de-vaca), Poaceae (cabelo-de-porco) e Caryophyllaceae (morugem).

No início do estudo, essa área estava com sete anos de idade, as árvores apresentavam altura média de 20,83 m, DAP (Diâmetro a Altura do Peito) médio de 19,85 cm, plantadas em um espaçamento de aproximadamente 2,80 m x 1,70 m (entre linha x entre planta).

- **Plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4)**

A área deste tratamento apresentava cerca de 2,84 ha (Figura 5A), localizada na parte noroeste da Mina (S 31° 33' 44,9"-W 53° 43' 19,9"). Foi realizada a mineração com posterior recuperação, no entanto, no processo de extração, o material que se encontrava acima das camadas do minério foi retirado, misturado e depositado ao lado da área que estava sendo minerada. Com a mistura do material, a parte correspondente a terra vegetal foi perdida (solo fértil).

Após o término da mineração, esse material (estéril e rejeitos) retornou para a cava de origem e foi realizado o processo de recomposição topográfica da área, a deposição de 30 cm de terra vegetal (oriunda de outras áreas em processo de mineração) e posteriormente nesse local ocorreu o plantio de *A. mearnsii* (Figura 5B). O propósito desse plantio foi para fixação de nitrogênio, propiciar matéria orgânica e principalmente servir de cobertura para o solo recém construído, evitando assim, a erosão.

No início desse estudo, a área estava com sete anos de idade, as árvores apresentavam altura média de 16,69 m e DAP médio de 13,51 cm, plantadas em um espaçamento de 3,0 x 2,15 m (entre linha x entre planta). O sub-bosque apresentava predomínio de serapilheira originária da deposição de folhas do plantio, com espessura de aproximadamente 1 cm. Ainda, havia a presença de espécies da flora pertencentes as famílias Poaceae (cabelo-de-porco), Asteraceae (macela, maria-mole, pata-de-cavalo), gramineae (milhã), entre outras.

- **Plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5)**

A área deste tratamento apresentava 2,73 ha (Figura 6A), estava localizada na parte oeste da Mina (S 31° 34' 14,8"-W 53° 43' 42,1"), possuía sub-bosque com uma expressiva camada de serapilheira (5 cm), composta principalmente por galhos, folhas e cascas provenientes do próprio plantio. No entanto, essa área não recebeu tratos silviculturais pós plantio ocorrendo desrama natural e acumulação de galhos e folhas na serapilheira.

Essa área foi arrendada pela Companhia Riograndense de Mineração para realizar a extração do carvão, após o corte das árvores. A madeira oriunda do plantio pertence ao arrendatário e será destinada para comercialização. No início deste estudo o plantio de eucalipto estava com sete anos de idade (Figura 6B), altura média de 24,9 m e DAP médio de 19,72 cm, plantado em um espaçamento de 3,0 x 2,5 m (entre linha X entre planta na linha).

- **Plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6)**

A área deste tratamento apresentava 2,03 ha (Figura 7A), estava localizada na parte noroeste da Mina (S 31° 33' 44,6"-W 53° 43' 33,5"). Nesse local ocorreu o processo de extração do carvão e posteriormente foi realizada a recuperação, a qual adotou as seguintes etapas: preenchimento das cavas de mineração através dos rejeitos (cinza, material estéril e terra vegetal misturados) retirados durante a extração do mineral, houve a recomposição topográfica da área e posteriormente foi alocado 30 cm de material vegetal (solo fértil) extraído de outros locais da mina.

Após o processo de recomposição da área realizou-se o plantio de mudas de *E. dunnii*, plantadas em um espaçamento de 3 x 2 m (entre linha x entre planta). A finalidade desse plantio foi para a reabilitação da área minerada e também para a cobertura do solo para evitar a erosão

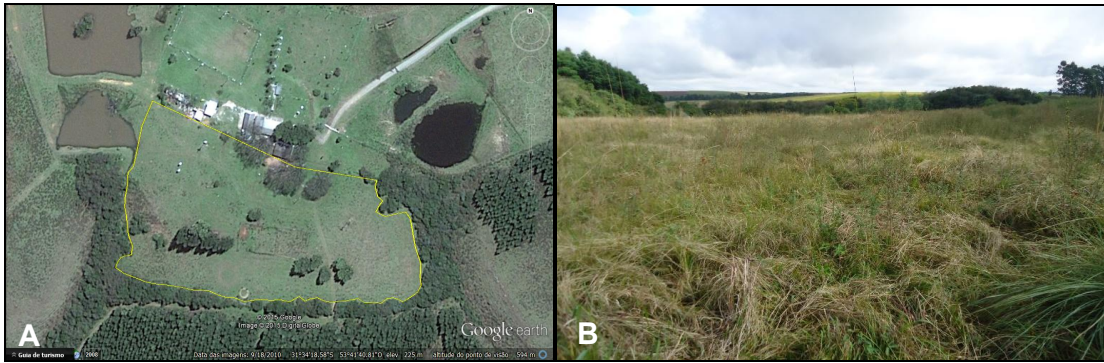
No início deste estudo, o plantio tinha sete anos de idade (Figura 7B), altura média de 13,32 m, DAP médio de 13,37 cm. O sub-bosque estava constituído por espécies pertencentes as famílias Poaceae (cabelo-de-porco, papuã), Asteraceae (buva), gramineae (milhã), algumas pteridófitas, além de uma camada de serapilheira de 2 cm de espessura, composta principalmente pela deposição de folhas e galhos originários do próprio plantio.

Em todas as áreas dos tratamentos foram realizadas coletas de solo para a realização da análise química, seis meses após o início deste estudo. Foram retiradas cinco amostras de solo por tratamento na profundidade de 0-10 cm utilizando uma sonda circular de 10 x 10 cm<sup>2</sup>.

As amostras foram colocadas em um balde para homogeneização do material e posteriormente foi retirado aproximadamente 500 g de solo para compor uma única amostra de cada tratamento.

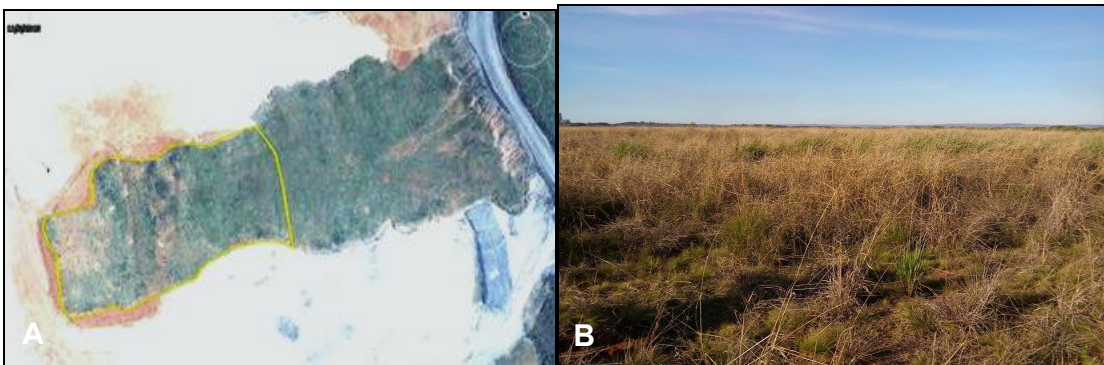
A análise química foi realizada pelo Laboratório de análise de solos (LAS) do Departamento de solos da Universidade Federal de Santa Maria. Os valores obtidos nos laudos das análises encontram-se no Apêndice A.

Figura 2 - Vista aérea (2A) e vegetação predominante (2B) na área do tratamento campo nativo em área não minerada (T1). Candiota, RS.



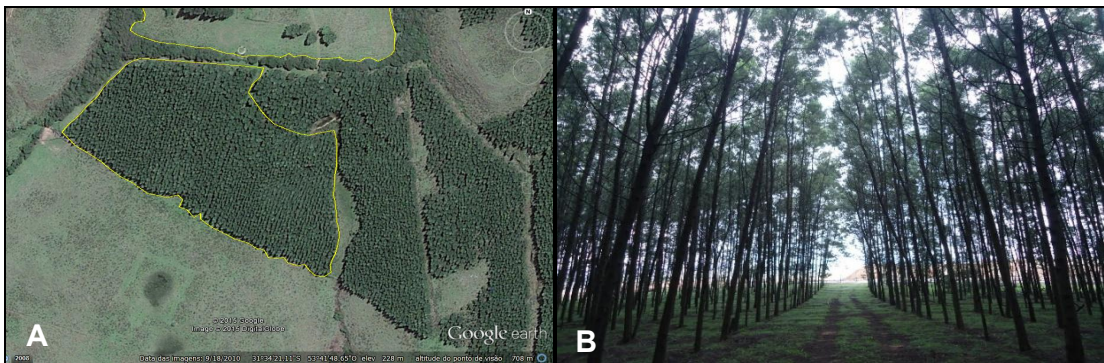
Fonte: A) Google Earth, 2015; B) Dayanna do Nascimento Machado, 2014.

Figura 3 - Vista aérea (3A) e vegetação predominante (3B) na área do tratamento campo nativo em área minerada (T2), em processo de recuperação. Candiota, RS.



Fonte: A) Google Earth, 2015; B) Dayanna do Nascimento Machado, 2014.

Figura 4 - Vista aérea (4A) e vegetação predominante (4B) na área do tratamento plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) com sete anos de idade. Candiota, RS.



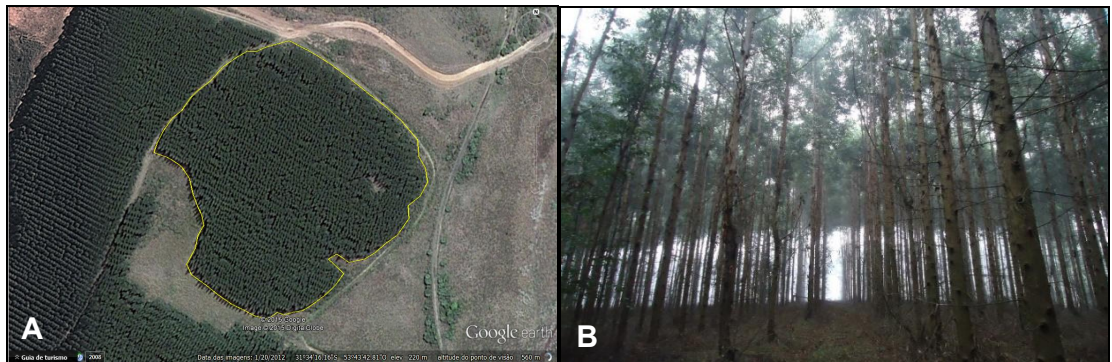
Fonte: A) Google Earth, 2015; B) Dayanna do Nascimento Machado, 2014.

Figura 5 - Vista aérea (5A) e vegetação predominante (5B) na área do tratamento plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4), com sete anos de idade. Candiota, RS.



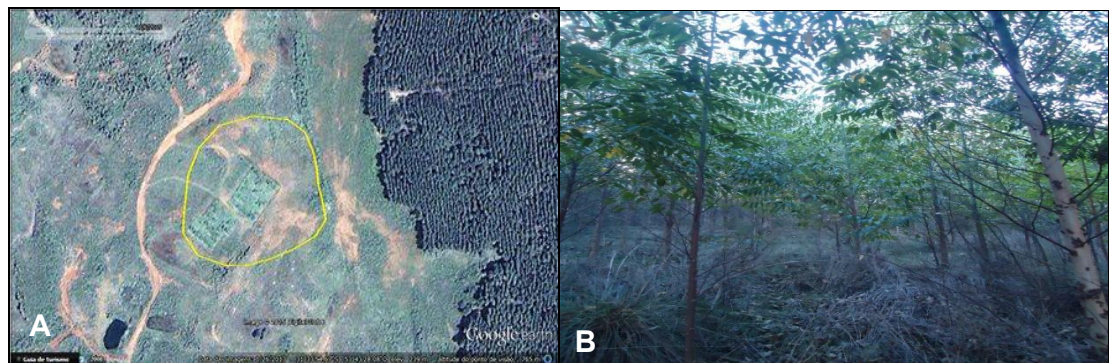
Fonte: A) Google Earth, 2015; B) Dayanna do Nascimento Machado, 2014.

Figura 6 - Vista aérea da área (6A) e vegetação predominante (6B) na área do tratamento plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5), com sete anos de idade em área não minerada. Candiota, RS.



Fonte: A) Google Earth, 2015; B) Dayanna do Nascimento Machado, 2014.

Figura 7 - Vista aérea (7A) e vegetação predominante (7B) na área do tratamento plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), com sete anos de idade. Candiota, RS.



Fonte: A) Google Earth, 2015; B) Dayanna do Nascimento Machado, 2014.

### 3.4 AMOSTRAGEM E EXTRAÇÃO DA MESOFAUNA DO SOLO

As coletas da mesofauna foram realizadas mensalmente, no período de junho de 2014 a maio de 2015, totalizando 12 meses. As amostras de solo foram retiradas com auxílio de uma sonda circular de 10 x 10 cm<sup>2</sup> (diâmetro e altura), com volume total de 785 cm<sup>3</sup> (Figura 8). Foram retiradas quatro amostras por tratamento, de maneira aleatória, distantes 10 m entre si, a partir do centro de cada tratamento levando em consideração a distância de 50 m da bordadura.

As amostras foram embaladas em sacos plásticos de 20 L, de coloração preta, devidamente etiquetadas por tratamento, repetição e data de coleta. Posteriormente, armazenadas em caixas de papelão para o transporte até o Laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, no Município de Santa Maria, RS.

Em laboratório, as amostras foram colocadas em funil de Berlese (Figura 9) para a extração da mesofauna edáfica. De acordo com Lasebikan (1974) o modelo de extrator mais utilizado para extrair a mesofauna do solo é denominado funil de Berlese, o qual foi proposto por Berlese, em 1905, e modificado por Tüllgren, em 1917 (GARAY, 1989 apud RODRIGUES et al., 2008). Esse método é considerado o mais popular e eficaz por extrair somente indivíduos vivos e por ser apropriado para investigações ecológicas (AQUINO; CORREIA; BADEJO, 2006).

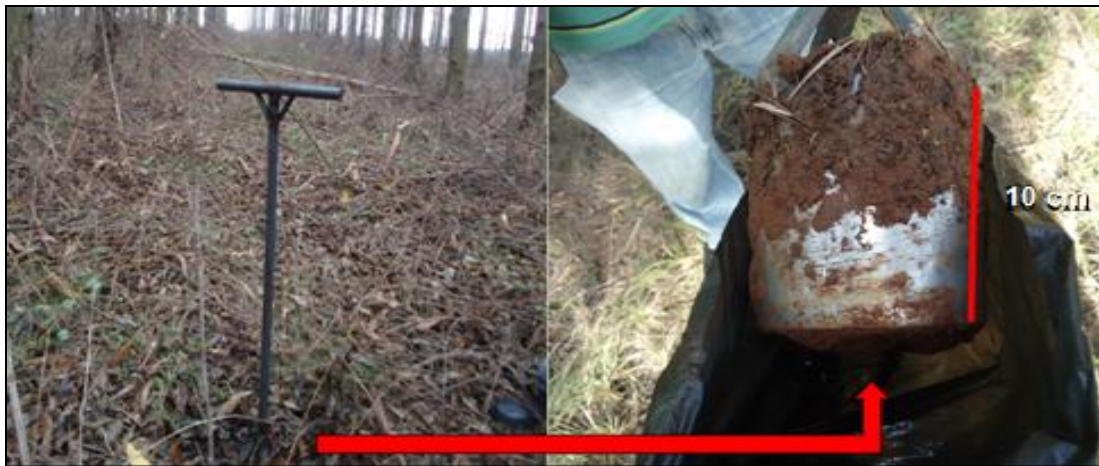
Para assegurar a máxima extração dos espécimes, em cada funil foi inserida acima das amostras de solo uma tela metálica de 2 mm, para evitar a fuga dos espécimes. As amostras permaneceram por sete dias expostas a luz incandescente de 100 watts, com intensidade luminosa de 50%, devido a utilização de um dimmer (dispositivo utilizado para controlar a intensidade luminosa), a temperatura na superfície do solo foi de  $35 \pm 5$  °C. Na parte inferior de cada funil foi alocado um recipiente plástico com capacidade de 80 mL, contendo aproximadamente 50 mL de álcool 70% para a conservação dos espécimes. Tanto os funis quanto os recipientes estavam devidamente etiquetados por tratamento, repetição e data de coleta. Após esse período, os recipientes plásticos foram retirados e acondicionados a uma temperatura de aproximadamente 12 °C para posterior triagem.

Conforme Vannier (1970), o método de extração por funil de Berlese compreende a formação de um gradiente de temperatura (calor produzido pelas lâmpadas que estão localizadas na parte superior dos funis) fazendo com que os artrópodes contidos nas amostras de solo migrem para a parte inferior do extrator, através de movimentos produzidos por tactismos, caindo em um recipiente contendo líquido conservante.



O material extraído dos funis de Berlese e que estavam acondicionados nos recipientes plásticos foram depositados em placas de petri, individualmente, e com o auxílio de lupa binocular, microscópio-estereoscópico e pincéis, os organismos da mesofauna foram triados, identificados a nível de grupos taxonômicos e armazenados em eppendorfs de 0,5 mL. O material identificado encontra-se disponível no Laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria.

Figura 8 - Sonda circular de 10 x 10 cm<sup>2</sup> utilizada para amostragem da mesofauna do solo. Candiota, RS.



Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2014.

Figura 9 - Funis de Berlese pertencentes ao Laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.



Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2014.

### 3.5 AMOSTRAGEM E EXTRAÇÃO DA MACROFAUNA DO SOLO

As coletas da macrofauna foram realizadas mensalmente, no período de junho de 2014 a maio de 2015, utilizando uma adaptação do método de “catação manual” proposto pelo programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (ANDERSON; INGRAM, 1993). As amostras de solo foram retiradas através da utilização de uma sonda circular de 10 x 5 cm<sup>2</sup> (diâmetro x altura), totalizando um volume de 392,5 cm<sup>3</sup> (Figura 10A). A partir do centro de cada tratamento foram escolhidos seis pontos de coleta, aleatoriamente, distantes 10 m entre si e a 50 m da bordadura.

A fim de facilitar a triagem do material em laboratório, as amostras foram retiradas em duas profundidades, 0-5 cm e 5-10 cm (por repetição) (Figura 10B), sendo devidamente embaladas em sacos plásticos transparentes com capacidade de 20 L, etiquetadas por tratamento, repetição, profundidade e data de coleta. Posteriormente, levadas para o Laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria.

A triagem das amostras em laboratório foi através do método de “catação manual”, o qual consiste na retirada dos organismos visíveis a olho nu que estão presentes nas amostras. Em uma bandeja de plástico de coloração branca, com dimensões de 53,2 x 37,3 x 8,6 cm (comprimento, largura e altura), as amostras foram desfragmentadas (Figura 10C) utilizando uma faca sem ponta. Os espécimes foram coletados com auxílio de pinças, pincéis e lupa de mão e identificados a nível de grupos taxonômicos.

Figura 10 - Sonda circular de 10 x 5 cm<sup>2</sup> (A); armazenamento das amostras de solo para posterior extração da macrofauna (B) e amostras desfragmentadas em laboratório (C).



Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2014.

Posteriormente, os organismos foram armazenados em eppendorfs de 2 mL, devidamente etiquetados, contendo álcool 70% para a conservação. O material identificado encontra-se disponível no Laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria.

### 3.6 ANÁLISE FAUNÍSTICA

#### 3.6.1 Abundância e riqueza para mesofauna e macrofauna

Tanto para o método do funil de Berlese quanto para o método de catação manual os grupos taxonômicos identificados foram analisados utilizando os parâmetros ecológicos: abundância, a qual considerou o total de espécimes obtidos em todo o período do estudo e riqueza, que considerou o número total de grupos taxonômicos coletados.

#### 3.6.2 Frequência relativa para mesofauna e macrofauna

Para a meso e macrofauna foi realizada a frequência para cada grupo taxonômico nos tratamentos e a frequência relativa do total de espécimes coletados para cada grupo taxonômico considerando o somatório de todos os tratamentos.

#### 3.6.3 Riqueza observada ( $S_{obs}$ ) e estimada ( $S_{est}$ ) para mesofauna e macrofauna

Foram calculadas as riquezas observada e estimada, tanto para a mesofauna quanto para a macrofauna do solo. O cálculo da riqueza observada ( $S_{obs}$ ) levou em consideração o somatório do número de grupos taxonômicos coletados no período de junho de 2014 a maio de 2015. A riqueza estimada ( $S_{est}$ ) foi calculada utilizando os resultados de abundância, sendo que, os dados foram tabelados na forma de matriz de ausência (0) e presença (1) considerando cada grupo taxonômico nos meses de coleta (repetições).

Os dados de riqueza estimada ( $S_{est}$ ) foram obtidos através do programa EstimateS (Statistical Estimation of Species Richness an Shared Species from Samples) versão 9.0.1 (COLWELL, 2013). Utilizou-se o estimador Bootstrap, o qual estima a riqueza total utilizando dados de todas as espécies não se restringindo às espécies raras (BARROS, 2007).

Para cada tratamento foi verificada a eficiência amostral do método, resultante da porcentagem da riqueza observada ( $S_{obs}$ ) em relação a riqueza estimada ( $S_{est}$ ).

### 3.6.4 Índices de Diversidade e Similaridade para mesofauna e macrofauna.

Com a utilização do programa estatístico Past (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001) calculou-se os Índices de Diversidade de Shannon ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou ( $J$ ) e os Índices de Similaridade de Morisita-Horn ( $Imh$ ) e Jaccard ( $S_j$ ), para os dois métodos de extração da fauna do solo (funil de Berlese e “catação manual”).

Os índices de Shannon ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou ( $J$ ) são índices de diversidade Alfa, a qual é muito similar à riqueza de espécies, porém além de conter o número de diferentes espécies, considera ainda, a proporção em que estas espécies ocorrem em determinado local ou habitat (abundância relativa) (OLIVEIRA, 2013). O Índice de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) considera a riqueza dos grupos e sua abundância relativa e o Índice de Equitabilidade de Pielou ( $J$ ) relaciona o padrão de distribuição dos indivíduos entre os grupos (MOÇO et al., 2005).

Os Índices de Morisita-Horn ( $Imh$ ) e Jaccard ( $S_j$ ) são índices de diversidade Beta, no entanto, o primeiro analisa quantitativamente a abundância de grupos e o segundo qualitativamente a presença ou ausência de determinado grupo nos tratamentos. Através do Índice de Morisita-Horn é possível verificar o quanto a composição de espécies varia de um lugar para outro. Os valores desse índice variam de zero a um, valores próximos ou iguais à zero indicam dissimilaridade, e valores próximos ou iguais a um indicam similaridade entre os grupos avaliados (MORENO, 2001). O Índice de Jaccard ( $S_j$ ) não considera as quantidades em que as populações componentes estão presentes (PILLAR, 1996).

## 3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizada a análise estatística (mesofauna e macrofauna do solo) através da análise de variância (ANOVA), para os seguintes parâmetros: abundância total de espécimes, riqueza total de grupos taxonômicos e para os Índices de Diversidade, a fim de verificar se houve diferença estatística entre os tratamentos.

A partir dos resultados da ANOVA, os dados foram transformados pela fórmula  $x = \sqrt{x + 0,5}$ , para atender as condições de normalidade, posteriormente foi realizado o teste de agrupamento de médias Scott Knott, com 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa Sisvar versão 5.6. (FERREIRA, 2011).

### 3.8 DADOS METEOROLÓGICOS E CORRELAÇÃO SIMPLES

Para este estudo foram consideradas as seguintes variáveis meteorológicas: temperatura, umidade relativa do ar e precipitação acumulada. Os valores diários das variáveis foram obtidos através da Estação meteorológica Bagé-A827 (Código OMM: 86992), distante aproximadamente 60 Km das áreas de estudo, fornecidos pela Seção de Armazenamento de Dados Meteorológicos (SADMET) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As leituras foram realizadas diariamente, no entanto, para a apresentação dos resultados levou-se em consideração os valores médios mensais das variáveis temperatura (Temp. méd.°C) e umidade relativa do ar (UR. méd do ar.%) e, o valor mensal acumulado da precipitação (mm) (Apêndice B), correspondentes ao período de realização deste estudo.

Os dados das variáveis meteorológicas foram correlacionados utilizando o programa Assistat 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009), com a abundância total de espécimes, riqueza total de grupos taxonômicos e com os grupos taxonômicos mais frequentes.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 MÉTODO FUNIL DE BERLESE

#### 4.1.1 Análise faunística para mesofauna

##### 4.1.1.1 Abundância e riqueza

No período de junho de 2014 a maio de 2015 foram coletados um total de 25.953 espécimes da mesofauna do solo, distribuídos em 14 grupos taxonômicos (Acari, Araneae, Coleoptera, Collembola, Diptera, Enchytraeidae, Formicidae, Hemiptera, Isopoda, Isoptera, Protura, Psocoptera, Thysanoptera e Formas Jovens), pertencentes a seis classes (Arachnida, Chilopoda, Insecta, Clitellata, Entognatha e Malacostraca). Os grupos que ocorreram em todos os tratamentos foram Acari, Coleoptera, Collembola, Diptera, Enchytraeidae, Formicidae, Isoptera, Protura, Psocoptera e Formas jovens (Tabela 1).

Tabela 1- Abundância de espécimes e riqueza de grupos taxonômicos coletados pelo método do funil de Berlese, nas áreas mineradas e não mineradas. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS. (Volume de solo = 785 cm<sup>3</sup>).

<b>Grupos taxonômicos</b>	<b>T1*</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>Total</b>	<b>FR%<sup>1</sup></b>
Acari	3.143	587	2.869	2.961	5.583	2.739	<b>17.882</b>	<b>68,9</b>
Araneae	8	3	0	5	10	5	<b>31</b>	<b>0,1</b>
Coleoptera	102	30	83	75	64	73	<b>427</b>	<b>1,6</b>
Collembola	356	202	1.185	494	246	570	<b>3.053</b>	<b>11,8</b>
Diptera	19	7	4	3	5	12	<b>50</b>	<b>0,2</b>
Enchytraeidae	24	22	54	23	28	19	<b>170</b>	<b>0,7</b>
Formicidae	690	58	213	360	218	692	<b>2.231</b>	<b>8,6</b>
Hemiptera	40	0	1	2	2	5	<b>50</b>	<b>0,2</b>
Isopoda	0	1	0	13	1	39	<b>54</b>	<b>0,2</b>
Isoptera	8	4	6	6	4	17	<b>45</b>	<b>0,2</b>
Protura	52	23	348	57	13	21	<b>514</b>	<b>2,0</b>
Psocoptera	87	63	76	56	51	63	<b>396</b>	<b>1,5</b>
Thysanoptera	8	73	0	1	1	6	<b>89</b>	<b>0,3</b>
Formas jovens	187	107	159	184	141	183	<b>961</b>	<b>3,7</b>
<b>Total de espécimes</b>	<b>4.724</b>	<b>1.180</b>	<b>4.998</b>	<b>4.240</b>	<b>6.367</b>	<b>4.444</b>	<b>25.953</b>	<b>100</b>
<b>S<sub>obs</sub><sup>2</sup></b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>		

\* Tratamentos: campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6). <sup>1</sup> FR% = frequência relativa do total de espécimes. <sup>2</sup> S<sub>obs</sub>: riqueza observada de grupos taxonômicos.  
Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

O tratamento plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) foi o que apresentou o maior número de indivíduos, com 6.367, representando 24,5% do total de espécimes coletados, seguido dos tratamentos plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3), campo nativo em área minerada (T1), plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6) e plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4), com respectivamente, 4.998 (19,2%), 4.724 (18,2%), 4.444 (17,2%) e 4.240 (16,3%) (Tabela 1). O menor número de espécimes foi encontrado na área do tratamento campo nativo em área minerada (T2), com 1.180 exemplares, correspondendo a 4,6% do total de organismos da mesofauna.

Possivelmente o plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) proporcionou a maior abundância de espécimes devido a esse tratamento apresentar o maior teor de matéria orgânica do solo quando comparado com os demais tratamentos (3,2%) (Apêndice A). Segundo Camara, Correia e Villela (2012), a introdução de espécies exóticas como o eucalipto podem reduzir ou até mesmo suprimir alguns táxons, principalmente os que possuem predadores específicos, favorecendo o aumento de populações de determinados grupos.

A menor abundância encontrada no tratamento campo nativo em área minerada (T2) pode estar associada ao fato deste local estar em processo de recuperação (dois anos) e ter apresentado o menor teor de matéria orgânica no solo (Apêndice A) (1,9%), em relação aos demais tratamentos. Assim esses podem ser alguns dos motivos para a baixa abundância de espécimes, considerando que as demais áreas (mineradas e não mineradas) apresentam uma maior estabilidade e equilíbrio com relação ao tempo de existência (sete anos), tornando-se ambientes mais favoráveis para o estabelecimento da mesofauna.

Com relação a riqueza de grupos taxonômicos, os tratamentos plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4), plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), apresentaram a maior riqueza, totalizando 14 grupos cada. Nos tratamentos campo nativo em área não minerada (T1) e campo nativo em área minerada (T2) foram encontrados 13 grupos taxonômicos. A menor riqueza foi encontrada no tratamento plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3), com 11 grupos.

Segundo Canto (1996), normalmente ambientes que apresentam coberturas vegetais com uma expressiva camada de folhas mortas e diversos estratos de matéria fresca ou em decomposição, são capazes de apresentar uma fauna mais diversificada. Isso pode ser observado nos tratamentos plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4), plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), os quais apresentaram significativa camada de serapilheira e conseqüentemente a maior riqueza de

grupos taxonômicos. No entanto, apesar de plantios florestais depositarem significativa camada de folhas, o tratamento com plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) apresentou a menor riqueza de grupos taxonômicos quando comparado com as demais áreas, porém obteve a segunda maior abundância de espécimes. Isso pode ter ocorrido em função da camada de serapilheira ser menos espessa nesse local, desfavorecendo a presença de alguns grupos taxonômicos e favorecendo a presença de outros.

#### 4.1.1.2 Frequência relativa

Com relação a frequência relativa dos grupos taxonômicos por tratamento (Figura 11), verificou-se que no campo nativo em área não minerada (T1) os grupos mais frequentes foram Acari (66,5%), Formicidae (14,6%) e Collembola (7,5%) e, os menos frequentes foram Araneae, Isoptera e Thysanoptera (0,2%). Para o campo nativo em área minerada (T2) os grupos mais frequentes foram Acari (49,7%), Collembola (17,1%) e Formas jovens (9,1%) e o menos frequente foi Isopoda (0,1%).

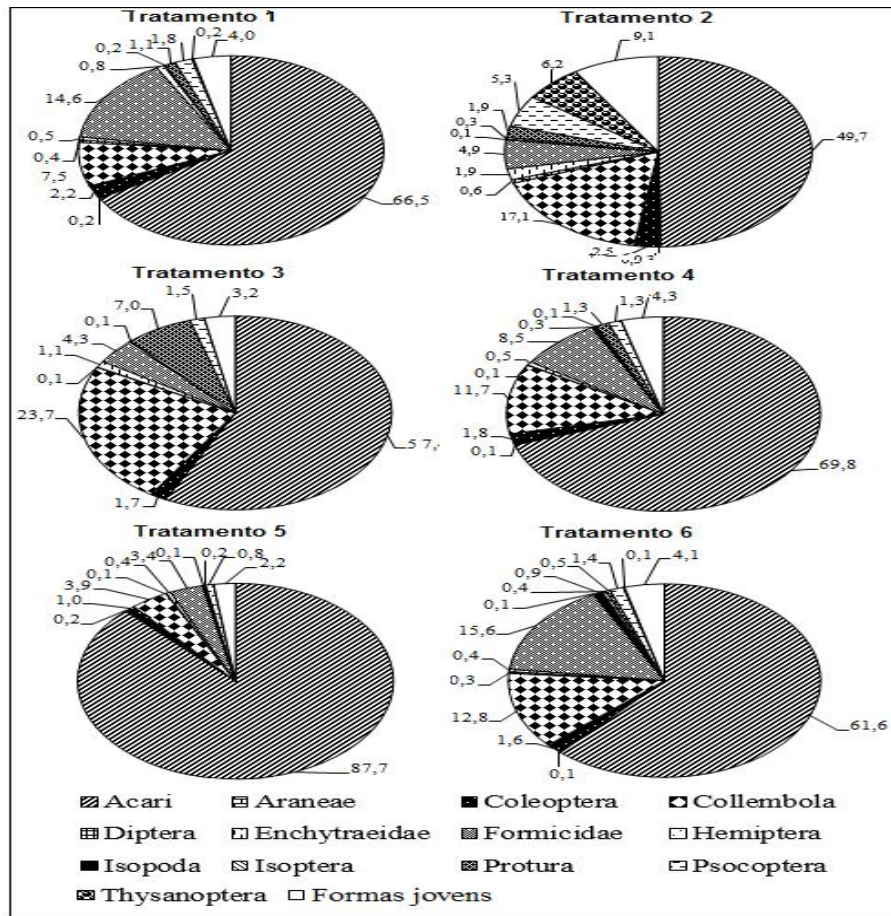
No plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T3), os grupos Acari (57,4%), Collembola (23,7%) e Protura (7,0) foram os mais frequentes e, Hemiptera foi o menos frequente (0,02%). Os grupos Acari (69,8%), Collembola (11,7%) e Formicidae (8,5%) foram os mais frequentes no plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4) e, Thysanoptera (0,02%) e Hemiptera (0,05%) os menos frequentes.

Para o plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) os grupos mais frequentes foram Acari (87,7%), Collembola (3,9%) e Formicidae (3,4%). Thysanoptera e Isoptera (0,02%) os menos frequentes. Já no plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), Acari (61,6%), Collembola (12,8%) e Formicidae (15,6%) foram os grupos mais frequentes e Araneae, Hemiptera e Thysanoptera apresentaram a menor frequência.

Os grupos taxonômicos que apresentaram valores de frequência inferiores a 0,1% não foram representados na Figura 11.



Figura 11 - Frequência relativa de grupos taxonômicos para cada tratamento. Junho de 2014 a maio de 2014. Candiota, RS.



Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

A partir das porcentagens de frequência do total de espécimes coletados durante o período deste estudo e da frequência dos grupos nos tratamentos, observou-se que o grupo Acari foi o mais frequente em todos os tratamentos, com 68,9%, totalizando 17.882 ácaros. Na sequência, os grupos Collembola e Formicidae apresentaram frequências de 11,8% e 8,6%, respectivamente, sendo o segundo e o terceiro grupo mais abundante. A menor frequência foi encontrada no grupo Araneae, com 0,1% (31) do total de espécimes coletados (Tabela 1).

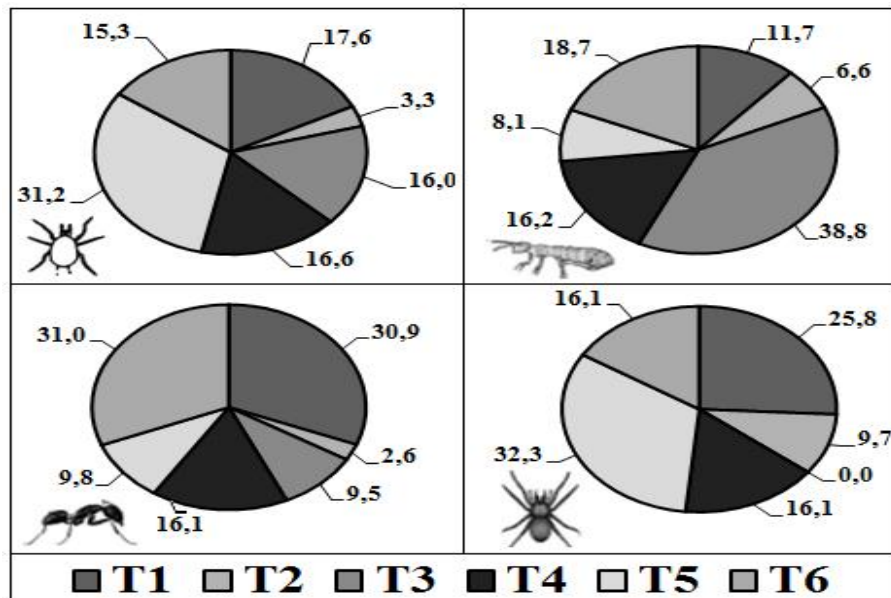
Em estudos realizados em área de mineração e metalurgia de chumbo, no município de Adrianópolis (PR), Barros et al. (2010) encontraram um total de 23 táxons, sendo que, Acari, Collembola e Formicidae foram os grupos mais frequentes, demonstrando similaridade com

os resultados obtidos neste estudo. Avaliando a influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina Oliveira Filho, Baretta e Santos (2014) também encontraram os grupos taxonômicos Acari, Collembola e Formicidae como sendo os mais frequentes, independente da área e época de coleta.

A frequência relativa do grupo Acari em relação ao total de espécimes coletados desse grupo, nos tratamentos, ocorreu da seguinte maneira: plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) apresentou a maior frequência, com 31,2% (5.583 indivíduos) do total do grupo (Figura 12). Em seguida, campo nativo em área não minerada (T1), plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4), plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6) apresentaram, respectivamente, 17,6% (3143 indivíduos), 16,6% (2961 indivíduos), 16,0% (2869 indivíduos) e 15,3% (2739 indivíduos).

Em campo nativo em área minerada (T2) foi encontrado a menor frequência, representando 3,3% do total do grupo Acari (587 indivíduos).

Figura 12 - Frequência relativa do total de espécimes para os grupos mais frequentes (Acari, Collembola, Formicidae) e menos frequente (Araneae) nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.



Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

De acordo com Teixeira e Schubart (1988), o grupo Acari é encontrado praticamente em todos os ambientes terrestres e são os organismos mais abundantes da mesofauna do solo, apresentando percentuais de 78% em áreas de floresta e 84,7% em áreas com pastagens. Morselli (2004) comenta que os ácaros normalmente são mais abundantes em locais com maior concentração de matéria orgânica (MO). No plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) foram encontrados o maior número de ácaros e o maior teor de matéria orgânica do solo (3,2%) (Apêndice A) quando comparados com os valores obtidos nos demais tratamentos, portanto os resultados obtidos nesse trabalho vêm ao encontro dos resultados encontrados pelos autores citados anteriormente.

No campo nativo em área minerada (T2) foi encontrado o menor número de espécimes do grupo Acari, possivelmente pelo fato dessa área apresentar o menor teor de matéria orgânica (1,3%) (Apêndice A) e estar em processo de recuperação (dois anos), no entanto, nesse local os ácaros foram os mais abundantes em relação aos demais grupos taxonômicos coletados. Conforme Sautter e Santos (1994), os ácaros são considerados como os primeiros colonizadores de áreas degradadas, fato este, observado no campo nativo após a mineração.

O grupo Collembola foi o segundo mais frequente nos tratamentos, sendo que, a maior frequência ocorreu no plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3), representando 38,8% (1.185 indivíduos) do total do grupo, seguido do plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4), campo nativo em área não minerada (T1) e plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5), com respectivamente, 8,7% (570 indivíduos), 16,2% (494 indivíduos), 11,7% (356 indivíduos) e 8% (246 indivíduos) do total do grupos collembola.

A menor frequência de colêmbolos foi encontrada no tratamento campo nativo em área minerada (T2), representando 6,6% (202 indivíduos) do total do grupo (Figura 12). O grupo Collembola é normalmente encontrado próximo a superfície do solo em associação com fungos, musgos, em folhas caídas e principalmente em ambientes com elevada quantidade de matéria orgânica (BUZZI, 2002; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005).

De acordo com Rovedder et al. (2004), altas frequências de colêmbolos indicam boa qualidade do solo, além de serem considerados como base alimentar de uma variedade de organismos da fauna do solo (ROVEDDER et al., 2009).

Mussury et al. (2008) estudando a flutuação populacional da mesofauna em fragmentos de mata na região de Dourados - MS, verificou que com o aumento do teor de matéria orgânica no solo, as populações de colêmbolos aumentaram, demonstrando haver uma correlação significativa com o grupo e a matéria orgânica, sendo considerados por Coleman e

Grossley (1995), como oportunistas por aumentar ligeiramente sua população quando encontram condições adequadas.

O grupo Formicidae, de acordo com os dados da Tabela 1, foi o terceiro grupo mais frequente. O tratamento plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6) apresentou a maior frequência, representando 31% (692 indivíduos) do total do grupo (Figura 12). Em seguida, os tratamentos campo nativo em área não minerada (T1), plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4), plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) apresentaram respectivamente, 30,9% (690 indivíduos), 16,1% (360 indivíduos), 9,8% (218 indivíduos) e 9,5% (213 indivíduos) do total do grupo Formicidae.

A menor frequência de formigas foi encontrada no campo nativo em área minerada (T2), representando 2,6% (58 indivíduos) do total de espécimes. Vasconcelos (1998) comenta que ambientes que apresentam níveis mais elevados de perturbação resultam em diminuição na riqueza e no aumento da abundância de formigas, havendo predomínio de algumas espécies. Neste estudo, pode-se perceber que os tratamentos plantio de *E. dunnii* e plantio de *A. mearnsii* em área minerada apresentaram maior abundância de formicídeos, possivelmente pelas intervenções decorridas do processo de mineração.

O contrário pode ser observado no tratamento campo nativo em área minerada (T2), que apesar de ter sofrido intervenção antrópica (mineração), não apresentou aumento na abundância de formigas quando comparado as demais áreas mineradas. Provavelmente este resultado foi devido a esta área ainda não ter atingido um equilíbrio satisfatório para o desenvolvimento e estabelecimento das populações de formigas, já que este ambiente se encontra em processo de recuperação a pouco tempo (dois anos) quando comparado com as demais áreas, as quais apresentam maior estabilidade considerando o tempo em que foram recuperadas (sete anos).

Queiroz (2013) explica que em áreas de mineração, as formigas de solo generalistas e onívoras são as primeiras a colonizarem a área que sofreu algum distúrbio, formando uma comunidade menos rica e com composição totalmente diferente. Com o decorrer dos anos, segundo Morcelli (2009), as formigas proporcionam um enriquecimento do material do solo, principalmente em nitrogênio e conforme Andersen et al. (2002), sua presença pode refletir na fase de recuperação do solo, já que possuem uma gama de hábitos alimentares e vivem em agregados com alta densidade.

O grupo Araneae (Tabela 1) foi o que apresentou a menor frequência (0,1%) entre os grupos taxonômicos. Nos tratamentos, a maior frequência foi encontrada no plantio de *E. dunnii* em área minerada (T5), representando 32,3% (10 indivíduos) do total de aranhas. Na

seqüência aparece o tratamento campo nativo em área não minerada (T1), com 25,8% (oito indivíduos), plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), que apresentaram o mesmo percentual, com 16,1% (cinco indivíduos cada). Campo nativo em área minerada (T2) apresentou 9,7% (três indivíduos) do total de aranhas coletadas. Não ocorreram espécimes desse grupo no tratamento plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) (Figura 12).

A grande diversidade de grupos funcionais, destacando predadores, como as aranhas, está relacionada a *habitats* mais diversificados (MERLIN et al., 2005), isso pode explicar a maior abundância desse grupo no plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), o qual apresentou um sub-bosque mais diversificado e com expressiva camada de serapilheira.

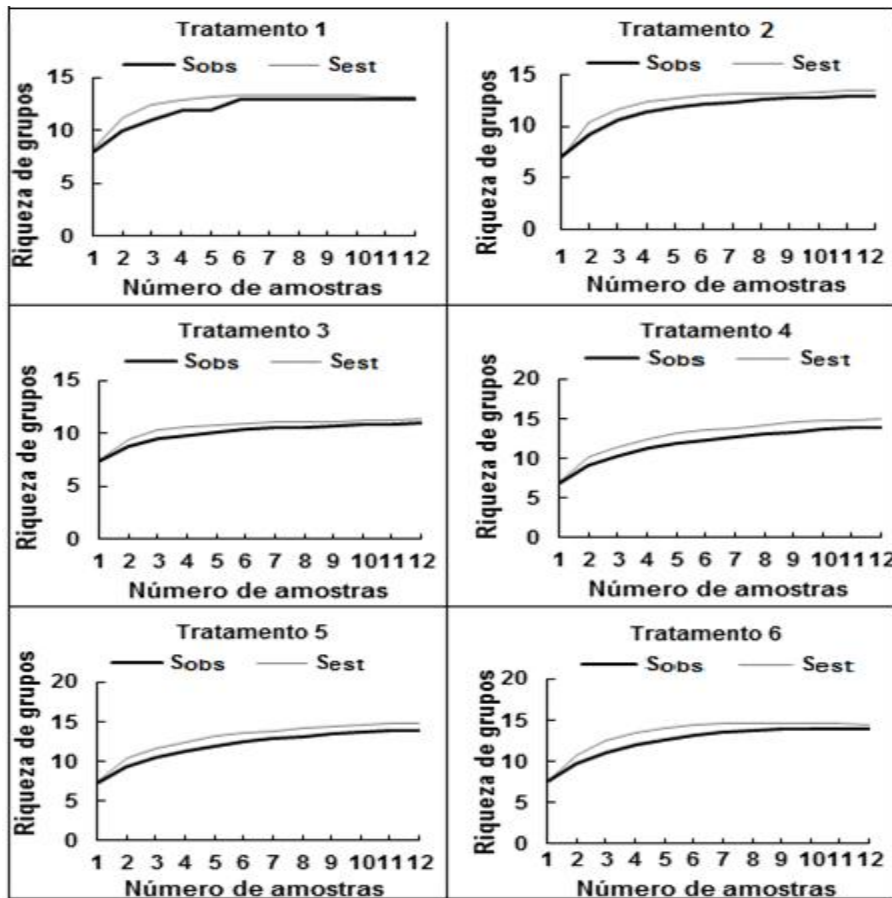
A diferença na abundância do grupo Araneae, segundo Baldissera (2005), pode indicar que características locais influenciam na composição das taxocenoses (conjunto de espécies de um mesmo táxon vivendo numa mesma área) na região. Também, a abundância de aranhas de teia em uma determinada área pode estar interligada à diversidade da vegetação, característica está que oferece pontos para a fixação de teias favorecendo a predação dos insetos (BALDISSERA; GANADE; FONTOURA, 2004; HATLEY; MACMAHON, 1980; MCREYNOLDS, 2000).

#### 4.1.1.3 Riqueza observada ( $S_{obs}$ ) e estimada ( $S_{est}$ )

Os resultados das riquezas observadas e estimadas para cada tratamento (Figura 13), obtidas pelo estimador não paramétrico Bootstrap, foram as seguintes, em ordem decrescente: T1 ( $S_{obs} = 13$  e  $S_{est} = 13,2$ ); T6 ( $S_{obs} = 14$  e  $S_{est} = 14,4$ ); T3 ( $S_{obs} = 11$  e  $S_{est} = 11,4$ ); T2 ( $S_{obs} = 13$  e  $S_{est} = 13,5$ ); T5 ( $S_{obs} = 14$  e  $S_{est} = 15$ ) e T4 ( $S_{obs} = 14$  e  $S_{est} = 15$ ).

A Figura 13, demonstra que a partir das curvas cumulativas de riqueza observada ( $S_{obs}$ ) e riqueza estimada ( $S_{est}$ ) para os grupos taxonômicos, a maior eficiência amostral (98,5%) do método de amostragem foi encontrada em campo nativo em área não minerada (T1), onde as curvas de riqueza se estabilizaram a partir da sexta coleta, demonstrando que o número de grupos taxonômicos amostrados nessa área foi 98,5% igual ao número de grupos estimados. Esse fato pode ter ocorrido devido a esse local apresentar uma vegetação mais heterogênea e com pouca ação antrópica, o que favorece a distribuição dos grupos taxonômicos de maneira mais uniforme, propiciando assim, uma maior eficiência amostral dos grupos.

Figura 13 - Curvas cumulativas de riqueza observada ( $S_{obs}$ ) e riqueza estimada ( $S_{est}$ ) de grupos taxonômicos da mesofauna do solo por tratamento. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.



Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

Percebeu-se ainda (Figura 13), que as curvas de  $S_{obs}$  e  $S_{est}$  no tratamento plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6) mantiveram sua estabilidade a partir da décima coleta, evidenciando que o método de amostragem utilizado alcançou uma eficiência amostral de 97,2% entre os grupos observados e estimados. Para os tratamentos plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) e campo nativo em área minerada (T2), o método amostral atingiu 96,5% e 96,3% de eficiência amostral, respectivamente.

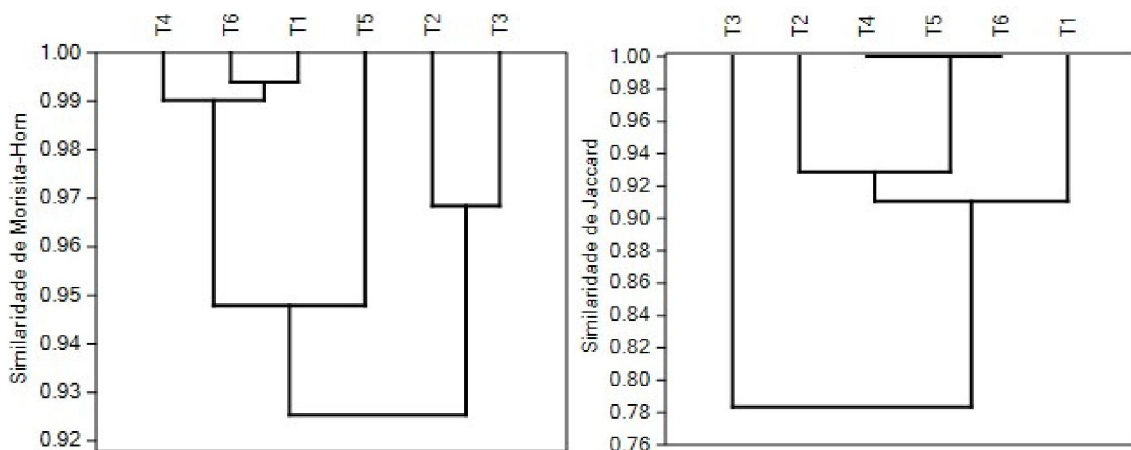
A menor eficiência amostral foi obtida nos tratamentos plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5), com 93,3%. Tal fato pode estar associado a distribuição dos grupos nas áreas amostradas, pois apesar das amostragens serem realizadas a partir do centro de cada área, a 10 m umas das outras e em diferentes

direções, as curvas de  $S_{obs}$  e  $S_{est}$  não tenderam a proximidade, inferindo que possivelmente poderiam ter sido encontrados mais grupos taxonômicos se aumentasse o esforço amostral. Na interpretação de Brower e Zar (1984) e Durigan (2004), além do esforço amostral influenciar nos dados coletados em um ambiente, o tamanho da área, a heterogeneidade de ambientes e a distribuição espacial das populações, também podem interferir sobre os dados. Neste estudo, a eficiência amostral utilizada para verificar os grupos taxonômicos observados da mesofauna, nos tratamentos, foi superior a 93% em relação aos grupos estimados.

#### 4.1.1.4 Índices de Similaridade

Considerando a similaridade entre os tratamentos através do Índice de Morisita-Horn ( $Imh$ ) e Índice de Jaccard ( $S_j$ ) (Figura 14), observou-se que quantitativamente houve maior similaridade entre os tratamentos campo nativo em área não minerada (T1) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6). A seguir, o tratamento plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4) apresentou similaridade com as áreas citadas anteriormente. Ainda, ocorreu similaridade entre campo nativo em área minerada (T2) e plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3).

Figura 14 - Dendrograma produzido a partir da análise de agrupamento de Cluster utilizando a similaridade da composição específica da mesofauna entre os tratamentos, obtida quantitativamente pelo Índice de Similaridade de Morisita-Horn ( $Imh$ ) e qualitativamente pelo Índice de Jaccard ( $S_j$ ). Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.



Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

A Figura 14 evidenciou claramente que a maior similaridade entre os tratamentos T6 versus T1 ( $Imh = 0,996$ ) e T4 versus T6 e T1 ( $Imh = 0,992$ ) pode ter ocorrido em função desses ambientes terem apresentado semelhança no total de espécimes coletados, considerando que o Índice de Morisita é fortemente influenciado pelos grupos taxonômicos mais frequentes. O fato da menor similaridade ter sido encontrada entre os tratamentos T2 versus T3 ( $Imh = 0,968$ ), provavelmente ocorreu devido a esses locais apresentarem maiores valores de abundância nos grupos que foram similares nessas áreas.

Qualitativamente, verificou-se que os plantios de *A. mearnsii* em área minerada (T4), *E. dunnii* em área não minerada (T5) e *E. dunnii* em área minerada (T6) apresentaram a maior similaridade entre si, seguido dos tratamentos campo nativo em área minerada (T2) e campo nativo em área não minerada (T1). O plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) apresentou a menor similaridade em relação aos demais tratamentos.

A semelhança encontrada nos tratamentos T4, T5 e T6 ( $S_j = 1,00$ ) a partir do dendrograma de Jaccard ( $S_j$ ), pode ser justificada pelo fato da riqueza de grupos taxonômicos ter sido a mesma nesses locais (14 grupos) e a menor similaridade entre o tratamento T3 versus T1, T2, T3, T4 e T5 ( $S_j = 0,785$ ), possivelmente aconteceu em função de ter sido encontrada a menor riqueza observada de grupos taxonômicos nesse ambiente ( $S_{obs} = 11$ ).

#### **4.1.2 Análise estatística para mesofauna**

##### *4.1.2.1 Abundância e riqueza*

Para melhor interpretação dos dados de abundância e riqueza total foi aplicado o teste de agrupamento de médias Scott Knott, o qual evidenciou que os tratamentos T1, T3, T4, T5 e T6 não diferiram estatisticamente entre si com relação as médias de abundância, no entanto, diferiram em relação ao tratamento T2 (Tabela 2). Isso pode estar associado ao fato de ter sido encontrada a menor abundância de espécimes nesse tratamento, além disso, esse local ainda está em processo de recuperação (dois anos) em comparação as demais áreas mineradas, as quais apresentam uma maior estabilidade e complexidade, talvez pelo tempo de recuperação (sete anos) ser superior ao do tratamento T2.

As médias de riqueza não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, demonstrando que a riqueza encontrada foi semelhante nesses locais, conforme pode ser observado na Tabela 2.



Tabela 2 - Médias de abundância e riqueza para a mesofauna nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.

Tratamentos <sup>1</sup>	Médias abundância	Médias de Riqueza
T1	393,67 a*	8,33 a
T2	98,33 b	6,83 a
T3	416,50 a	7,50 a
T4	353,33 a	7,00 a
T5	530,58 a	7,33 a
T6	370,33 a	7,58 a
<b>CV%<sup>2</sup></b>	<b>43,1</b>	<b>9,40</b>

\* Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Scott Knott, a nível de 5% de significância; <sup>1</sup> Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6);

<sup>2</sup> CV (%) = Coeficiente de Variação.

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

#### 4.1.2.2 Índices de Diversidade

O teste de agrupamento de médias Scott Knott para os Índices de Diversidade de Shannon (H') e Equitabilidade de Pielou (J), demonstrou que o tratamento T2 (campo nativo em área minerada) apresentou os maiores valores para os índices (H'= 1,66 e J= 0,65), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias dos Índices de Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J) para a mesofauna nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.

Tratamentos <sup>1</sup>	Índice de Shannon (H')	Equitabilidade de Pielou (J)
T1	1,20 b*	0,47 b
T2	1,66 a	0,65 a
T3	1,29 b	0,54 b
T4	1,11 b	0,42 b
T5	0,59 c	0,22 c
T6	1,26 b	0,48 b
<b>CV%<sup>2</sup></b>	<b>24,21</b>	<b>25,68</b>

\* Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Scott Knott, a nível de 5% de significância; <sup>1</sup> Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).

<sup>2</sup> CV (%) = Coeficiente de Variação.

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

O maior valor encontrado para o Índice de Shannon ( $H'$ ) no campo nativo em área minerada (T2) (Tabela 3), indicou que nesse local há uma maior diversidade de grupos taxonômicos em relação aos demais tratamentos. No entanto, a riqueza observada (Tabela 1) encontrada nesse tratamento foi de 13 grupos, sendo menor do que a encontrada nos tratamentos que apresentaram a maior riqueza (14 grupos). A Equitabilidade de Pielou (J) evidenciou que nesse local os grupos taxonômicos são igualmente abundantes e estão bem distribuídos, independentemente de ter sido encontrado 13 grupos.

Provavelmente a diversidade da vegetação pode ter favorecido a adaptação e distribuição uniforme dos grupos taxonômicos nesse local, apresentando um maior equilíbrio entre riqueza de grupos e suas respectivas abundâncias. De acordo com Baretta et al. (2011), o ecossistema pode indicar se está ocorrendo equilíbrio no ambiente quando ocorre o aumento da diversidade da fauna e o reestabelecimento da cadeia trófica.

Percebeu-se ainda que nos tratamentos campo nativo em área não minerada (T1), plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3), plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), os valores dos índices de Shannon ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou (J) foram intermediários, não apresentando diferença estatística entre si, demonstrando que a diversidade dos grupos taxonômicos nesses locais foi considerada igual e a distribuição dos grupos uniforme. Possivelmente isso ocorreu porque os valores de abundância nesses tratamentos foram próximos.

Os menores valores para os índices foram encontrados no plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) ( $H' = 0,59$  e  $J = 0,22$ ), indicando que a diversidade nessa área é considerada baixa e que a distribuição dos grupos taxonômicos é desuniforme, apesar de ter sido encontrada a maior abundância de espécimes e uma das maiores riquezas observadas (Tabela 1). Isso pode ter ocorrido pelo fato de alguns grupos taxonômicos encontrados nesse tratamento terem apresentado valores discrepantes nas suas abundâncias. Também, a homogeneidade do plantio e por esse não apresentar vegetação no sub-bosque, provavelmente propiciou um desequilíbrio entre riqueza de grupos e suas abundâncias.

Conforme Aquino e Correia (2005), ecossistemas que apresentam alta diversidade podem recuperar-se mais rapidamente, restaurando o equilíbrio em relação aos processos de ciclagem de nutrientes e fluxo de energia, no entanto, a baixa diversidade nos ambientes pode resultar na perda de recursos do ecossistema e em alterações na composição de suas espécies.

#### 4.1.3 Dados meteorológicos e correlação simples para mesofauna

Através da correlação simples obtida pelo programa Assistat versão 7.7 beta, observou-se que a abundância de espécimes, a riqueza de grupos taxonômicos e os grupos mais frequentes, não apresentaram correlação com as variáveis meteorológicas (precipitação acumulada, temperatura e umidade média).

Isso demonstra claramente que durante o período deste estudo, os parâmetros ecológicos analisados não sofreram interferência significativa das variáveis meteorológicas (Tabela 4).

Tabela 4 - Correlação simples entre: abundância x variáveis meteorológicas, riqueza de grupos taxonômicos x variáveis meteorológicas e grupos taxonômicos mais frequentes x variáveis meteorológicas. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.

CORRELAÇÃO	COEF. DE CORRELAÇÃO (r)	SIGNIFICÂNCIA
Abundância total x Precipitação (mm)	-0,2331	ns
Abundância total x Temp. méd (°C)	0.4670	ns
Abundância total x UR do ar. méd. (%)	-0.3413	ns
Riqueza de grupos x Precipitação (mm)	0.0208	ns
Riqueza de grupos x Temp. méd (°C)	0.3041	ns
Riqueza de grupos x UR do ar. méd (%)	0.0740	ns
Acari x Precipitação (mm)	- 0.1942	ns
Acari x Temp. méd (°C)	0.4061	ns
Acari x UR do ar. méd (%)	- 0.4289	ns
Collembola x Precipitação (mm)	0.0082	ns
Collembola x Temp. méd (°C)	0.3218	ns
Collembola x UR do ar. méd (%)	0.0694	ns
Formicidae x Precipitação (mm)	- 0.5648	ns
Formicidae x Temp. méd (°C)	0.2920	ns
Formicidae x UR do ar. méd (%)	- 0.3301	ns

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

## 4.2 MÉTODO DE CATAÇÃO MANUAL

### 4.2.1 Análise faunística para macrofauna

#### 4.2.1.1 Abundância e riqueza

Durante o período de junho de 2014 a maio de 2015 foram coletados através do método de “catação manual” um total de 3.855 espécimes da macrofauna do solo, distribuídos em 12 grupos taxonômicos (Araneae, Chilopoda, Coleoptera, Diptera, Enchytraeidae, Formicidae, Hemiptera, Isopoda, Isoptera, Oligochaeta, Orthoptera e Formas jovens), pertencentes a cinco classes (Arachnida, Chilopoda, Insecta, Clitellata e Malacostraca) (Tabela 5). Os grupos taxonômicos que ocorreram em todos os tratamentos foram Araneae, Chilopoda, Coleoptera, Enchytraeidae, Formicidae, Isoptera e Formas jovens.

Tabela 5 - Abundância de espécimes e riqueza de grupos taxonômicos coletados pelo método de catação manual, nas áreas mineradas e não mineradas. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS. (Volume de solo = 785 cm<sup>3</sup>).

Grupos taxonômicos	T1*	T2	T3	T4	T5	T6	Total	FR% <sup>1</sup>
Araneae	6	2	3	5	17	11	44	1,1
Chilopoda	4	1	6	3	11	4	29	0,8
Coleoptera	50	42	37	46	44	20	239	6,2
Diptera	1	0	0	1	5	2	9	0,2
Enchytraeidae	8	4	12	3	22	5	54	1,4
Formicidae	414	313	93	171	225	544	1.760	45,7
Hemiptera	1	1	69	31	5	0	107	2,8
Isopoda	0	0	3	0	2	2	7	0,2
Isoptera	230	18	450	284	178	76	1.236	32,1
Oligochaeta	57	0	10	6	5	3	81	2,1
Orthoptera	2	1	0	0	0	8	11	0,3
Formas Jovens	32	13	86	59	53	35	278	7,2
<b>Total de espécimes</b>	<b>805</b>	<b>395</b>	<b>769</b>	<b>609</b>	<b>567</b>	<b>710</b>	<b>3.855</b>	<b>100</b>
<b>S<sub>obs</sub><sup>2</sup></b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>11</b>		

\* Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6). <sup>1</sup> FR% = frequência relativa; <sup>2</sup> S<sub>obs</sub> = riqueza observada de grupos taxonômicos.

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

A Tabela 5 demonstrou claramente que o tratamento campo nativo em área não minerada (T1) foi o que apresentou o maior número de espécimes, com 805, representando 21% do total de indivíduos coletados. Em seguida, os tratamentos plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3), plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) apresentaram respectivamente, 769 (19,9%), 710 (18,4%), 609 (15,8%) e 567 (14,7%) do total de espécimes.

O fato do maior número de espécimes ter sido encontrado no tratamento campo nativo em área não minerada (T1) pode estar associado a diversidade da vegetação que mantém sua estrutura original (pampa). Na interpretação de Correia (2002), a diversidade estrutural de uma comunidade vegetal está correlacionada com a diversidade de organismos que habitam este ambiente. Em ambientes onde a cobertura vegetal encontra-se inalterada, segundo Ricklefs (2010), algumas variáveis como umidade e temperatura do solo permanecem mais estáveis, beneficiando o desenvolvimento de toda a cadeia trófica.

O menor número de indivíduos foi encontrado no campo nativo em área minerada (T2), com 395 (10,2%). Infere-se com isso que por estar em processo de recuperação a mais de dois anos, esse local ainda não alcançou um equilíbrio satisfatório para o desenvolvimento da macrofauna. Giller et al. (1997) comenta que a atividade antrópica afeta a diversidade de invertebrados do solo, reduzindo a disponibilidade de recursos e *habitats*, afetando a diversidade e a função que esses organismos desempenham no ecossistema. No entendimento de Pereira et al. (2007), em ecossistemas degradados ou com baixa diversidade na composição vegetal, a escassez ou falta de recursos disponíveis resulta em barreiras para o desenvolvimento dos organismos, o que reduz a diversidade de espécies e também de grupos funcionais.

Com relação a riqueza de grupos taxonômicos os tratamentos que apresentaram a maior riqueza foram campo nativo em área não minerada (T1), plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), com 11 grupos cada. No plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) e minerada (T4) foram encontrados 10 grupos em cada local. A menor riqueza foi observada no tratamento campo nativo em área minerada (T2), com nove grupos.

A maior riqueza encontrada no campo nativo em área não minerada (T1) pode ter ocorrido em função desse local ter apresentado uma vegetação mais complexa e heterogênea, preservando as características do bioma pampa (não houve mineração), assim favorecendo a presença dos grupos taxonômicos. O mesmo ocorreu para o plantio de *E. dunnii* em área

minerada (T6), o qual apresentou sub-bosque com uma vegetação similar a área de campo não minerado, diversificando o material vegetal, no entanto, essa área já está consolidada a mais de sete anos. Já no tratamento plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) o que pode ter influenciado a maior riqueza foi o fato do maior teor de matéria orgânica ter sido encontrado nesse ambiente, mesmo sendo a serapilheira mais homogênea. A menor riqueza observada no campo em área minerada (T2) está associada ao tempo de recuperação (dois anos) e ao baixo teor de matéria orgânica do solo.

Ferreira e Marques (1998) encontraram o menor número de grupos edáficos em plantio de eucalipto em comparação a floresta nativa, no entanto, no presente estudo os resultados demonstraram que a principal formação vegetal do sul do Rio Grande do Sul (pampa) não diferiu em riqueza de grupos quando comparado aos plantios de *E. dunnii*, em área minerada e não minerada. Isso demonstra que essas áreas também são capazes de apresentar diversidade de grupos taxonômicos, independentemente de a cobertura vegetal ser mais homogênea. Além disso, os monocultivos são capazes de propiciar o desenvolvimento de determinados grupos faunísticos em função de outros, apesar de fornecer um único substrato alimentar (ASSAD, 1997; BARETTA et al., 2003).

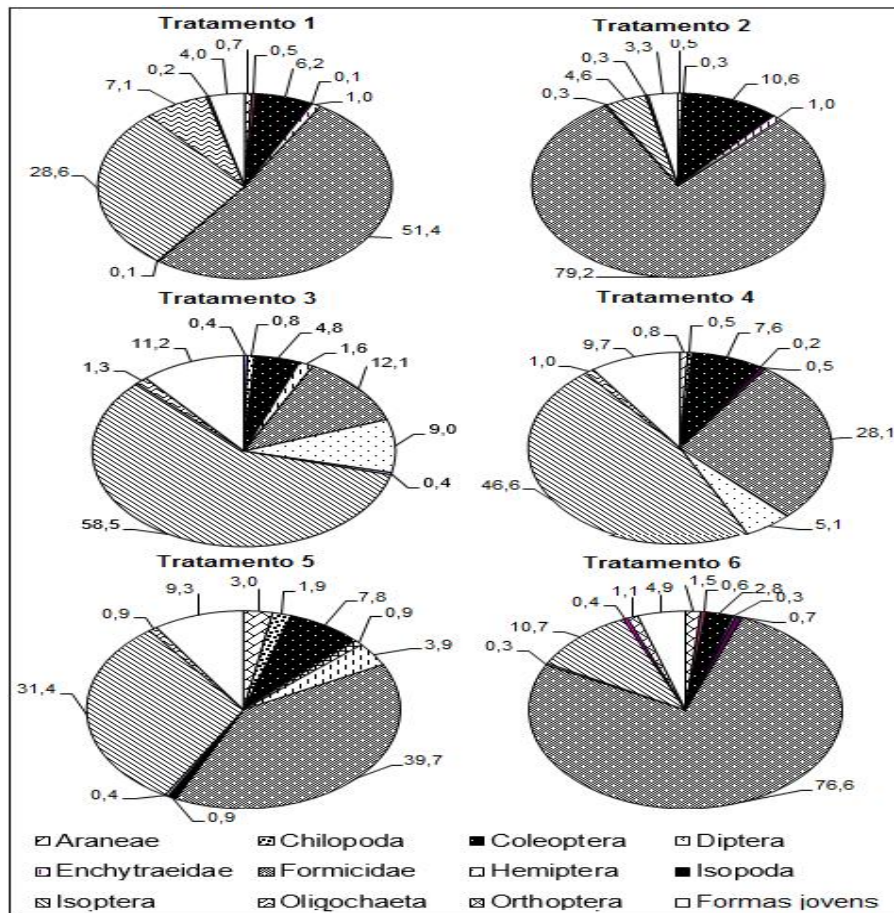
#### 4.2.1.2 Frequência relativa

Para a frequência relativa dos grupos taxonômicos nos tratamentos (Figura 15), verificou-se que no campo nativo em área não minerada (T1) os grupos mais frequentes foram Formicidae (51,4%), Isoptera (28,6%) e Oligochaeta (7,1%) e os menos frequentes Diptera e Hemiptera (0,1%). No campo nativo em área minerada (T2), Formicidae (79,2%), Coleoptera (10,6%) e Isoptera (4,6%) foram os grupos mais frequentes e, os menos frequentes Chilopoda e Orthoptera (0,3%).

Os grupos Isoptera (58,5%), Formicidae (12,1%) e Formas jovens (11,2%) apareceram como os mais frequentes no plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) e os grupos menos frequentes nesse local foram Araneae e Isopoda (0,4%). No tratamento plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4), Isoptera (46,6%), Formicidae (28,1%) e Formas jovens (9,7%) foram os grupos taxonômicos mais frequentes e Diptera o menos frequente.

Formicidae (39,7%), Isoptera (31,4%) e Formas jovens (9,3%) no plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5), foram os grupos mais frequentes e o menos frequente foi Isopoda. No plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), Formicidae (76,6%), Isoptera (10,7%) e Formas jovens (4,9%) foram os mais frequentes e, os menos frequentes Diptera e Isopoda.

Figura 15 - Frequência relativa de grupos taxonômicos para cada tratamento. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.



Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).  
Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

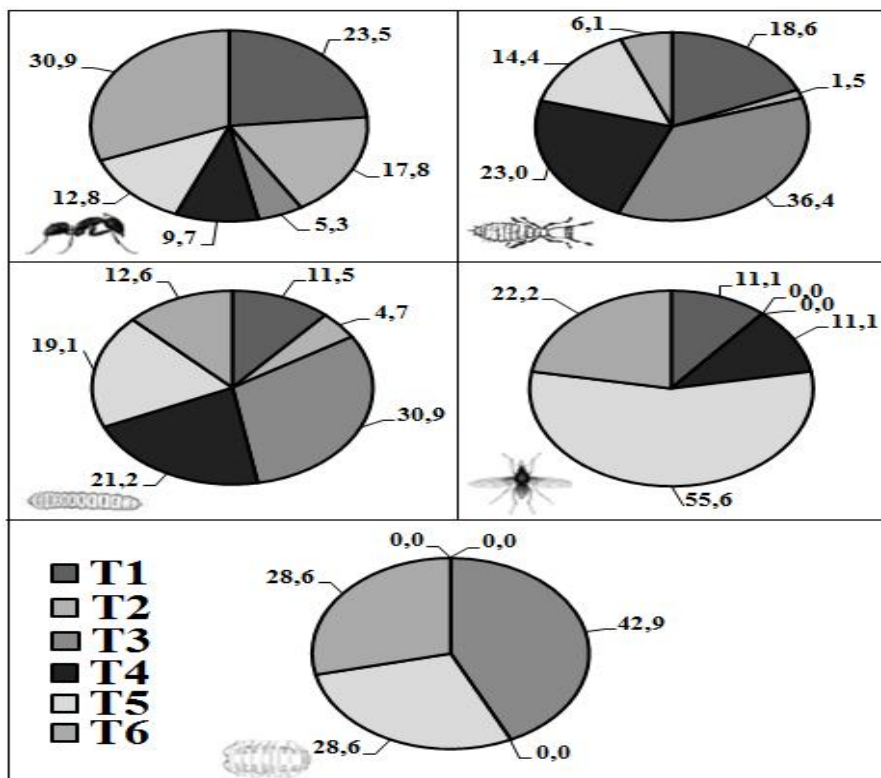
A partir das porcentagens de frequência relativa do total de espécimes coletados e da frequência para cada grupo nos tratamentos (Figura 15), observou-se que o grupo Formicidae foi o mais frequente em todos os locais estudados, apresentando frequência relativa de 45,7% do total de espécimes (1.760 formigas). O segundo grupo mais frequente foi Isoptera (32,1%) e o terceiro Formas jovens (7,2%). Os grupos Diptera e Isopoda foram os menos frequentes (0,2%).

Nesse contexto, Pereira, Albanes e Mamédio (2012) estudando a diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de uso e manejo do solo em Cruz das Almas – BA, encontraram na época da seca, para a macrofauna, os grupos Formicidae (24,2%) e Isoptera (13,9%) como sendo os mais abundantes e na época chuvosa, Isoptera (18,6%) e

Formicidae (16,5%). Resultados esses, similares aos obtidos no presente trabalho, onde foi encontrado, independentemente da época de coleta, os mesmos grupos como sendo os mais abundantes.

Entre os tratamentos, o grupo Formicidae foi o mais frequente no plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), representando 30,9% (544 indivíduos) do total de espécimes (Figura 16). Na sequência, os tratamentos campo nativo em área não minerada (T1), campo nativo em área minerada (T2), plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4), evidenciaram respectivamente, 23,5% (414 indivíduos), 17,8% (313 indivíduos), 12,8% (225 indivíduos) e 9,7% (171 indivíduos) do total de espécimes do grupo Formicidae. No plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) foi encontrado a menor frequência, com 5,3% (93 indivíduos).

Figura 16 - Frequência do total de espécimes para os grupos mais frequentes (Formicidae, Isoptera e Formas jovens) e os menos frequentes (Diptera e Isopoda) nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.



Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.



A maior frequência de formigas encontrada no tratamento plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6) (Figura 16), pode estar correlacionada com a presença de um sub-bosque mais heterogêneo, aliado a deposição de folhas do próprio plantio propiciando um ambiente mais favorável para nidificação e alimentação do grupo Formicidae. A heterogeneidade da vegetação nos tratamentos campo nativo em área não minerada (T1) e minerada (T2), também favoreceu a abundância de formigas nestes locais, sendo encontrado o segundo e terceiro maior número de espécimes. Na maioria dos ecossistemas, as formigas são consideradas como um grupo taxonômico dominante, estando presente nos mais variados ambientes. Sua diversidade aumenta quando há um aumento na complexidade da vegetação, sendo que, a riqueza de espécies está diretamente correlacionada com a abundância e diversidade da vegetação predominante nos ecossistemas (DIEHL-FLEIG; DIEHL-FLEIG; SANHUDO, 1998; SOARES; GOMES; SANTOS, 2001; SOUZA et al., 1998).

A menor frequência dos formicídeos ocorreu no plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3), isso possivelmente aconteceu pela homogeneidade do sub-bosque nesse local, o qual apresentou pouca vegetação ocorrendo apenas deposição de folíolos oriundos do próprio plantio, assim tornando-se um ambiente menos favorável para as formigas forragearem e nidificarem.

O grupo Isoptera foi o segundo grupo mais frequente entre grupos taxonômicos, considerando o total de indivíduos coletados durante o presente estudo, independentemente do tratamento. O plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) foi o que apresentou a maior frequência, sendo encontrado 36,4% (450 indivíduos) do total de cupins. A maior frequência do grupo Isoptera nesse local pode estar associada ao fato das espécies leguminosas arbóreas serem responsáveis pela incorporação de serapilheira no solo, com estreita relação C/N, favorecendo assim, a existência ou retorno da vida no solo e intensificando a ciclagem de nutrientes (FRANCO; BALIEIRO, 1999).

Devido a sua capacidade enzimática de degradar compostos complexos durante a alimentação, os cupins conseguem degradar a matéria orgânica com alta relação C/N (BARETTA, 2007). Ainda, o grupo Isoptera apresenta simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, o que os auxilia na alta relação C/N na sua dieta (MELO et al., 2009). Os cupins são importantes invertebrados dominantes nos ambientes terrestres tropicais, desde florestas úmidas até mesmo regiões áridas, atuando na degradação da madeira, na ciclagem de nutrientes e participando da manutenção e recuperação do solo (FONTES, 1998; LEE; WOOD, 1971).

Os tratamentos plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4), campo nativo em área não minerada (T1), plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6) apresentaram respectivamente, 23,0% (284 indivíduos), 18,6% (230 indivíduos), 14,4% (178 indivíduos) e 6,1% (76 indivíduos) do total de espécimes.

Em campo nativo em área minerada (T2) foi encontrada a menor frequência de cupins, com 1,5% (18 indivíduos). Possivelmente o fato desse local estar em recuperação ambiental a pouco mais de dois anos (pós mineração) influenciou na abundância de espécimes desse grupo, mesmo apresentando vegetação mais complexa e heterogênea. No entendimento de Baretta et al. (2006), a predominância tanto de formigas quanto de cupins nos ecossistemas normalmente é influenciada pela quantidade de serapilheira proveniente da vegetação de cobertura e da qualidade do material vegetal.

O terceiro grupo mais frequente foi Formas jovens (composto pelas formas imaturas de dípteros e coleópteros), sendo que, o plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) apresentou o maior número de indivíduos (86), representando 30,9%. Na sequência, os tratamentos plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4), plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5), plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6) e campo nativo e área não minerada (T1) apresentaram respectivamente, 21,2% (59 indivíduos), 19,1% (53 indivíduos), 12,6% (35 indivíduos) e 11,5% (32 indivíduos) do total de Formas Jovens. No campo nativo em área minerada (T2) ocorreu a menor frequência, com 4,7% (13 indivíduos) dos espécimes.

As larvas de Diptera de acordo com Frouz (1999), representam uma parcela considerável da comunidade da fauna edáfica em ecossistemas de florestas e campos quando há maior quantidade de resíduos orgânicos e de umidade. A abundância de larvas de Coleoptera no solo ocorre em condições de boa umidade (ASSIS JUNIOR, 2000). Estudando a fauna epiedáfica e os atributos microbiológicos de solos sob sistemas de manejo no subtropical brasileiro, Almeida (2012) verificou que as formas jovens necessitam constantemente de abrigo, principalmente por apresentarem exigências nutricionais e corpos frágeis (suscetíveis a dessecação).

Os grupos taxonômicos menos frequentes em relação ao total de organismos coletados no presente estudo foram Diptera e Isopoda (0,2% cada) (Tabela 5). Para o grupo Diptera o tratamento que apresentou o maior número de espécimes foi plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5), representando 55,6% (cinco indivíduos) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), com 22,2% (dois indivíduos) do total de espécimes desse grupo. Campo nativo em área não minerada (T1) e plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4) apresentaram frequências de 11,1% cada (um indivíduo). Não foram encontrados espécimes

do grupo Diptera nos tratamentos campo nativo em área minerada (T2) e plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4). Na interpretação de Correia et al. (1995), além dos grupos Homoptera, Heteroptera e Trichoptera, a ordem Diptera pode ser classificada como sendo não edáfica e sem funcionalidade conhecida.

O grupo Isopoda apresentou a maior frequência no plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3), evidenciando 42,9% (três indivíduos) dos indivíduos. Os plantios de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e minerada (T6) apresentaram 28,6% (dois indivíduos) do total de espécimes (cada um). Não foram encontrados espécimes de isópodes no campo nativo em área não minerada (T1), campo nativo em área minerada (T2) e plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4).

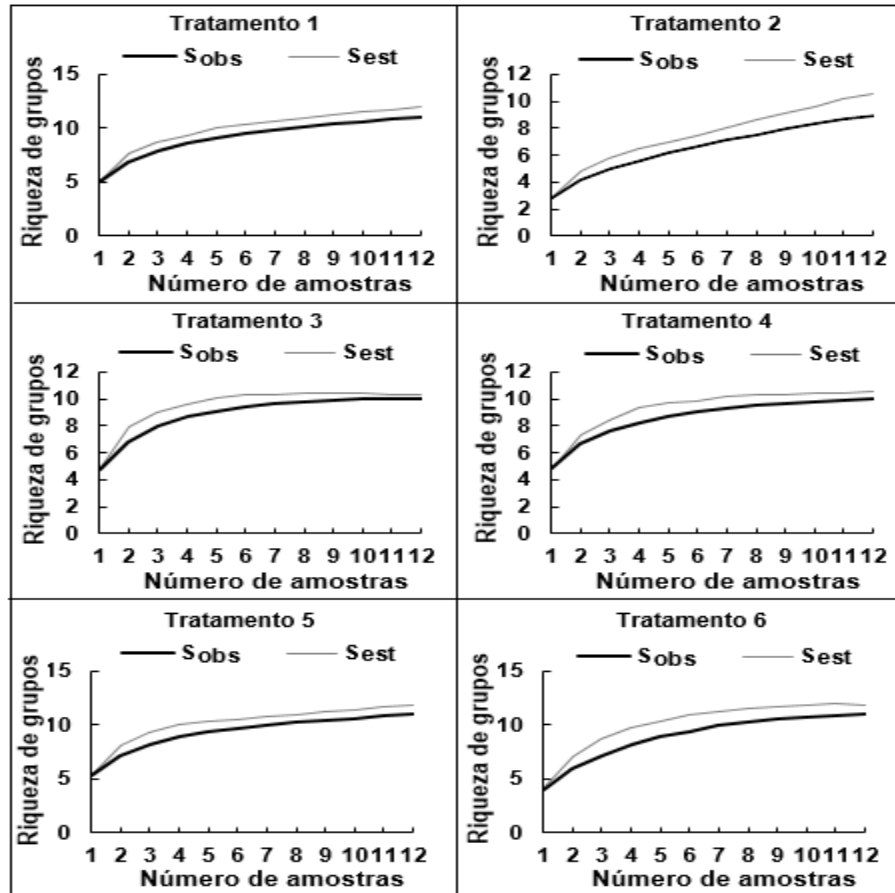
As características do solo e da matéria orgânica, além das condições ambientais interferem diretamente no desenvolvimento dos isópodes, os quais atuam principalmente na quebra da matéria vegetal, promovendo a sua fragmentação (CORREIA, AQUINO; MENEZES, 2008). Serapilheiras contaminadas com metais pesado ou com baixa qualidade são menos consumidas, resultando em menor assimilação, reprodução e sobrevivência desse grupo (LOUREIRO et al., 2006).

A maior abundância de “tatuzinho-de-jardim” encontrada no plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3), possivelmente ocorreu devido a esse local apresentar o menor teor de Cobre (Cu) (Apêndice A) em relação as demais áreas, visto que, os isópodes consomem mais serapilheira com menor teor de metais pesados, assim resultando em uma maior assimilação do material vegetal pelo grupo Isopoda. Além disso, conforme Hassall, Zimmer e Loureiro (2005), esse grupo é capaz de acumular altos níveis de cobre e outros metais pesados. Os grupos Isopoda, Collembola e Diplopoda são exemplos de hábito sedentário e são capazes de refletir a condição edáfica de um habitat melhor do que organismos com uma alta capacidade de dispersão (VAN STRAALLEN, 1997).

#### 4.2.1.3 Riqueza observada ( $S_{obs}$ ) e riqueza estimada ( $S_{est}$ )

Os resultados das riquezas observada ( $S_{obs}$ ) e estimada ( $S_{est}$ ) para cada tratamento, foram obtidas pelo estimador não paramétrico Bootstrap, sendo encontrados por ordem decrescente, os seguintes tratamentos: T3 ( $S_{obs} = 10$  e  $S_{est} = 10,3$ ); T1 ( $S_{obs} = 11$  e  $S_{est} = 12$ ); T5 ( $S_{obs} = 11$  e  $S_{est} = 12$ ); T6 ( $S_{obs} = 11$  e  $S_{est} = 12$ ); T4 ( $S_{obs} = 10$  e  $S_{est} = 11$ ) e T2 ( $S_{obs} = 9$  e  $S_{est} = 11$ ) (Figura 17).

Figura 17 - Curvas cumulativas de riqueza observada ( $S_{obs}$ ) e riqueza estimada ( $S_{est}$ ) para cada grupo taxonômico da macrofauna, por tratamento. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.



Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

A partir da Figura 17, observou-se que o método de amostragem apresentou a maior eficiência amostral no tratamento plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3), onde as curvas de  $S_{obs}$  e  $S_{est}$  apresentaram estabilidade nos últimos três meses de coleta. Isso demonstra que o número de grupos taxonômicos amostrados foi similar ao número de grupos estimados, e que o esforço amostral realizado nessa área conseguiu evidenciar 97,1% da diversidade de grupos.

Os tratamentos campo nativo em área não minerada (T1), plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6), apresentaram curvas cumulativas  $S_{obs}$  e  $S_{est}$  mais espaçadas, sem uma estabilização, evidenciando que o esforço amostral realizado foi suficiente para amostrar 91,7% dos grupos observados em relação aos

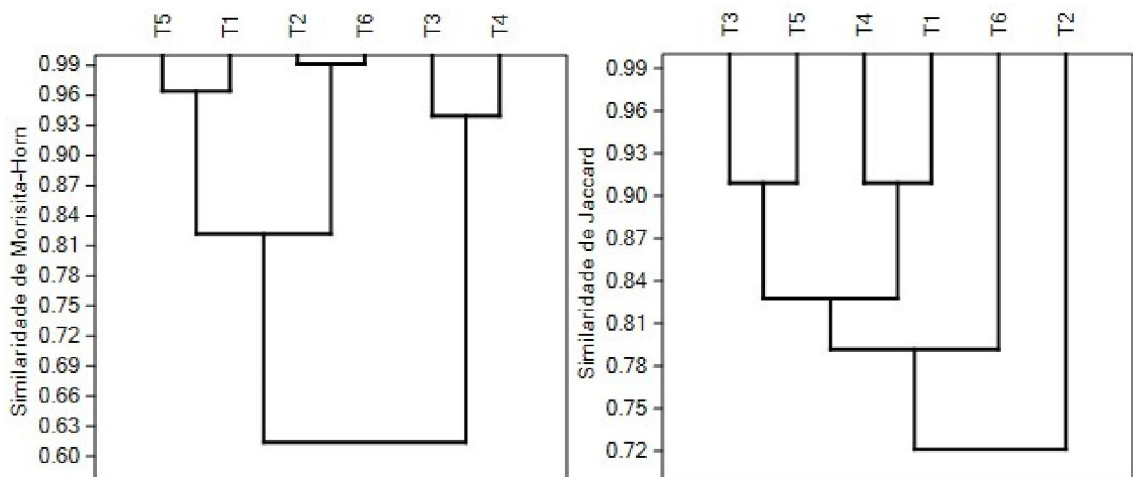
estimados. No plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4) a eficiência amostral do método foi de 90,9%.

A menor eficiência amostral de acordo com a Figura 17, foi encontrada no tratamento campo nativo em área minerada (T2), com 81,3%. As curvas de  $S_{obs}$  e  $S_{est}$  tenderam a estabilização nos primeiros meses de coleta, no entanto, nos últimos meses elas se afastaram, demonstrando que desde o início das coletas ocorreram grupos taxonômicos diferentes e, provavelmente se houvesse um esforço amostral superior ao realizado nesse local, poderiam ter sido encontrados mais grupos taxonômicos. O esforço amostral e o tamanho da área a ser amostrada são alguns dos fatores que podem influenciar os dados coletados de uma comunidade local (BROWER; ZAR, 1984; DURIGAN, 2004).

#### 4.2.1.4 Índices de Similaridade

Com relação aos Índices de Similaridade, observou-se que pelo Índice de Morisita-Horn (*Imh*) a maior similaridade ocorreu entre campo nativo em área minerada (T2) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6) (Figura 18).

Figura 18 - Dendrograma produzido a partir da análise de agrupamento de Cluster utilizando a similaridade da composição específica da macrofauna entre os tratamentos, obtida quantitativamente pelo índice de Similaridade de Morisita-Horn (*Imh*) e qualitativamente pelo Índice de Jaccard ( $S_j$ ). Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.



Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

Observando a Figura 18, percebeu-se que houve similaridade entre os tratamentos campo nativo em área não minerada (T1) e plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5), seguido da similaridade entre os plantios de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) e minerada (T4). A menor similaridade ocorreu entre plantio de *A. mearnsii* em área não minerada e plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4) em relação aos demais tratamentos.

A maior similaridade evidenciada pelo Índice de Morisita-Horn entre os tratamentos T2 *versus* T6 ( $Imh = 0,99$ ), provavelmente ocorreu devido a esses locais apresentarem valores de abundância similares para os grupos considerados como os mais abundantes (Tabela 1). Além disso, algumas espécies que compõem a vegetação no sub-bosque do tratamento T6, também foram encontradas no tratamento T2, propiciando para os grupos mais abundantes um local ideal para seu desenvolvimento.

A similaridade entre os tratamentos T5 *versus* T1 ( $Imh = 0,96$ ) pode estar correlacionada ao fato de que o Índice de Morisita-Horn é muito influenciado pelos grupos taxonômicos mais abundantes, lembrando que, os grupos mais abundantes nesses dois tratamentos foram os mesmos (Tabela 5). Com relação à similaridade entre os tratamentos T3 *versus* T4 ( $Imh = 0,94$ ), infere-se que o processo de mineração realizado no tratamento T4 não influenciou quantitativamente na similaridade entre essas áreas, pelo contrário, as áreas foram semelhantes em abundância e também na estrutura da vegetação.

Os tratamentos T5 e T1 *versus* T2 e T6 também foram similares ( $Imh = 0,83$ ), isso pode ter ocorrido em função das áreas de campo nativo serem similares em questão de complexidade da vegetação favorecendo os mesmos grupos da macrofauna. O mesmo ocorreu entre as áreas com plantio de *E. dunnii*. A menor similaridade encontrada entre os tratamentos T3 e T4 *versus* T5 e T1, T2 e T6 ( $Imh = 0,62$ ), pode estar associada as áreas de *A. mearnsii* terem apresentado as maiores abundâncias de espécimes nos mesmos grupos taxonômicos que nas demais áreas, no entanto, a semelhança entre elas foi acima de 60%, sendo considerada a menor similaridade entre os ambientes.

Para o Índice de Jaccard ( $S_j$ ) (Figura 18) a maior similaridade foi encontrada entre os plantios de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) e *E. dunnii* em área não minerada (T5) e, entre campo nativo em área não minerada (T1) e plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4). A menor similaridade ocorreu no campo nativo em área minerada (T2) em relação as demais áreas.

Nos tratamentos T3 *versus* T5 e T4 *versus* T1 foi encontrado o mesmo valor para o Índice de Jaccard ( $S_j = 0,92$ ), evidenciando que a similaridade entre eles pode estar associada ao fato de ter ocorrido os mesmos grupos taxonômicos nesses locais (Araneae, Chilopoda,

Coleoptera Enchytraeidae, Formas jovens, Formicidae, Hemiptera, Isopoda, Isoptera e Oligochaeta), no entanto, o tratamento T5 apresentou um grupo a mais (Diptera). O mesmo aconteceu com os tratamentos T4 e T1, os quais apresentaram os mesmos grupos taxonômicos (Araneae, Chilopoda, Coleoptera, Diptera Enchytraeidae, Formas jovens, Formicidae, Hemiptera, Isoptera e Oligochaeta), porém no tratamento T1 foi encontrado um grupo a mais (Orthoptera).

A menor similaridade entre o tratamento T2 *versus* T1, T3, T4, T5 e T6 ( $S_j = 0,72$ ), pode ter ocorrido devido a esse local ter apresentado a menor riqueza de grupos taxonômicos da macrofauna do solo (Tabela 5), diferindo dos demais tratamentos.

#### 4.2.2 Análise estatística para macrofauna

##### 4.2.2.1 Abundância e riqueza

O teste de agrupamento de médias Scott Knott evidenciou que as médias de abundância não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 6), demonstrando que os grupos taxonômicos não apresentaram abundâncias discrepantes.

Tabela 6 - Médias de Abundância e riqueza para a macrofauna nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.

Tratamentos <sup>1</sup>	Médias de abundância	Médias de Riqueza
<b>T1</b>	67,08 a*	5,08 a
<b>T2</b>	32,92 a	2,83 b
<b>T3</b>	64,08 a	4,67 a
<b>T4</b>	50,75 a	4,92 a
<b>T5</b>	47,25 a	5,33 a
<b>T6</b>	59,17 a	4,08 a
<b>CV%<sup>2</sup></b>	<b>62,0</b>	<b>18,7</b>

\* Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Scott Knott, a nível de 5% de significância; <sup>1</sup> Tratamento = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5); plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).

<sup>2</sup> CV (%) = Coeficiente de Variação.

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

Com relação as médias de riqueza (Tabela 6), as áreas dos tratamentos T1, T3, T4, T5 e T6 não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram da área do tratamento T2. O fato

do tratamento T2 ter apresentado o menor número de grupos taxonômicos pode ter sido o principal motivo para a diferença estatística entre esse tratamento em relação aos demais.

#### 4.2.2.2 Índices de diversidade

Os maiores valores para o Índices de Shannon ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou ( $J$ ) foram encontrados no tratamento plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) ( $H' = 1,42$  e  $J = 0,62$ ). Na sequência, apareceram os tratamentos plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4) ( $H' = 1,24$  e  $J = 0,57$ ), campo nativo em área não minerada (T1) ( $H' = 1,22$  e  $J = 0,53$ ), plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3) ( $H' = 1,17$  e  $J = 0,53$ ) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6) ( $H' = 0,78$  e  $J = 0,34$ ).

Os menores valores para os foram encontrados no tratamento campo nativo em área minerada (T2) ( $H' = 0,68$  e  $J = 0,33$ ), conforme pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 - Médias dos Índices de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou ( $J$ ) para macrofauna nos tratamentos. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.

Tratamentos <sup>1</sup>	Índice de Shannon ( $H'$ )	Equitabilidade de Pielou ( $J$ )
T1	1,22 a*	0,53 a
T2	0,68 b	0,33 a
T3	1,17 a	0,53 a
T4	1,24 a	0,57 a
T5	1,42 a	0,62 a
T6	0,78 a	0,34 a
CV% <sup>2</sup>	47,15	41,44

\* Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Scott Knott, a nível de 5% de significância; <sup>1</sup> Tratamentos = campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2); plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5); plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).

<sup>2</sup> CV (%) = Coeficiente de Variação.

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

O Índice de Shannon quando analisado estatisticamente (Tabela 6), demonstrou que os tratamentos campo nativo em área não minerada (T1), plantio de *Acacia mearnsii* em área não minerada (T3), plantio de *Acacia mearnsii* em área minerada (T4), plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6) não diferiram entre si, evidenciando que nessas áreas não há diferença entre a diversidade de grupos taxonômicos.



O campo nativo em área minerada (T2) diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, indicando que nesse ambiente existe uma baixa diversidade de grupos taxonômicos. Possivelmente o fato dessa área estar em processo de recuperação ambiental a um curto período de tempo, faz com que ela possa apresentar alguns desequilíbrios com relação a riqueza, distribuição e abundância entre os grupos taxonômicos. Em geral áreas conservadas, estáveis ou com alto grau de recuperação, na interpretação de Nunes, Araújo Filho e Menezes (2008) e Hoffmann et al. (2009), apresentam melhor estabilidade no sistema e valores altos de diversidade (Shannon) e uniformidade (Pielou) de invertebrados edáficos.

O Índice de Equitabilidade de Pielou indicou que os seis tratamentos não apresentaram diferença estatísticas entre si, comprovando que os grupos taxonômicos apresentaram uma distribuição uniforme proporcionando um maior equilíbrio entre riqueza de grupos e suas respectivas abundâncias.

#### **4.2.3 Dados meteorológicos e correlação simples para macrofauna**

Os dados de abundância e riqueza total não apresentaram correlação com as variáveis meteorológicas (precipitação acumulada, temperatura e umidade média). Possivelmente esses fatores ambientais não interferiram significativamente sobre os parâmetros ecológicos, abundância e riqueza.

A correlação entre as variáveis meteorológicas e os grupos taxonômicos mais frequentes (total de espécimes) não foi significativa para os grupos Formicidae e Isoptera. No entanto, para as Formas Jovens, ocorreu correlação negativa com a variável temperatura média (temp. méd. °C) (Tabela 8), significando que com o aumento da temperatura durante o período de coleta (junho de 2014 a maio de 2015) houve redução no número de indivíduos coletados desse grupo.

No entendimento de Klironomos e Kemdrick (1995), cada grupo possui uma temperatura e umidade ótima para sua distribuição e permanência no ambiente, sendo estas variáveis importantes para a estrutura das comunidades edáficas. Além disso, as características das estações do ano juntamente com as variações de temperatura e umidade são fatores que influenciam a densidade faunística (SOARES; COSTA, 2001; FERNANDES et al., 2011).

Tabela 8 - Correlação simples entre: abundância x variáveis meteorológicas, riqueza de grupos taxonômicos x variáveis meteorológicas e grupos taxonômicos mais frequentes da macrofauna x variáveis meteorológicas, em áreas mineradas e não mineradas. Junho de 2014 a maio de 2015. Candiota, RS.

<b>CORRELAÇÃO</b>	<b>COEF. DE CORRELAÇÃO (r)</b>	<b>SIGNIFICÂNCIA</b>
Abundância x Precipitação (mm)	- 0.2793	ns
Abundância x Temp. méd (°C)	- 0.3408	ns
Abundância x UR do ar. méd (%)	- 0.1291	ns
Riqueza x Precipitação (mm)	- 0.0127	ns
Riqueza x Temp méd (°C)	0.1087	ns
Riqueza x UR do ar méd (%)	0.1654	ns
Formas jovens x Precipitação (mm)	0.0318	ns
Formas jovens x Temp. méd (°C)	- 0.6182	*
Formas jovens x UR do ar. méd (%)	0.4889	ns
Formicidae x Precipitação (mm)	- 0.0250	ns
Formicidae x Temp. méd (°C)	- 0.2262	ns
Formicidae x UR do ar. méd (%)	0.0582	ns
Isoptera x Precipitação (mm)	- 0.2977	ns
Isoptera x Temp. méd (°C)	- 0.2306	ns
Isoptera x UR do ar. méd (%)	- 0.2094	ns

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.

## 5 CONCLUSÃO

De acordo com o estabelecimento e condições da pesquisa, os resultados levam a concluir que:

- A mesofauna e macrofauna em campo nativo, plantio de *Acacia mearnsii* e plantio de *Eucalyptus dunnii*, em áreas mineradas e não mineradas de carvão, apresentam composição semelhante;

- A maior diversidade da mesofauna é encontrada em campo nativo, em área minerada e para macrofauna não há diferença entre as áreas;

- O processo de mineração não causa danos significativos na biodiversidade da mesofauna e macrofauna do solo.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2008. 236 p.
- ALMEIDA, D. O. **Fauna epiedáfica e atributos microbiológicos de solos sob sistemas de manejo no subtropical brasileiro**. 2012, 108 f. Tese (Doutorado em Ciência do solo)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2012.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANDERSEN, A. et al. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology**, v. 39, n. 1, p. 8-17, 2002.
- ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2. ed. Oxford: University Press, 1993. 240 p.
- ANDERSON, J. M. Invertebrate-mediated transport process in soils. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 24, n.1-3, p. 5-19, 1988.
- ANDRÉS, P.; MATEOS, E. Soil mesofaunal responses to post-mining restoration treatments. **Applied Soil Ecology**, v. 33, n. 1, p. 67-78, 2006.
- ANTONIOLLI, Z. I. et al. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 407-41, 2006.
- AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. **Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 52 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 201).
- AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; BADEJO, M. A. **Amostragem da Mesofauna Edáfica utilizando Funis de Berlese-Tullgren modificado**. Seropédica: Embrapa, 2006. 4 p. (Circular Técnica, 17).
- ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serrapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed). **Biologia dos solos dos cerrados**. Brasília: CPAC, 1997. p. 363-443.
- ASSIS JÚNIOR, S. L. **Sistemas agroflorestais versus monoculturas: coleoptera, scarabaeidae e microbiota do solo como bioindicadores de sustentabilidade**. 2000. 70 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CARVÃO MINERAL. **Sobre o carvão**. Criciúma, 2015. Disponível em: <

[http://www.carvaomineral.com.br/interna\\_conteudo.php?i\\_subarea=6&i\\_area=4%3E.%20%3E.%20](http://www.carvaomineral.com.br/interna_conteudo.php?i_subarea=6&i_area=4%3E.%20%3E.%20)>. Acesso em: 17 out. 2015.

BALDISSERA, R. **Distribuição e ocorrência de aranhas de sub-bosque de quatro ambientes florestais no planalto do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2005. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.

BALDISSERA, R.; GANADE, G.; FONTOURA, S. B. Web spider community response along an edge between pasture and Araucaria forest. **Biological Conservation**, v. 118, n. 3, p. 403-409, 2004.

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

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista Ciência Agroveterinárias**, Lages, v. 2, n. 2, p. 97-106, 2003.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. **Tópicos em Ciências do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 141-192.

BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo**. 2007. 158 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, SP, 2007.

BARROS, E. et al. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, n. 3, p. 273-280, 2003.

BARROS, R. S. M. **Medidas de diversidade biológica**. 2007. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/ecologia/files/2009/11/Estagio\\_docencia\\_Ronald1.pdf](http://www.ufjf.br/ecologia/files/2009/11/Estagio_docencia_Ronald1.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2016.

BARROS, Y. J. et al. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II - Mesofauna e plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1397-1411, 2010.

BORBA, R. F. Balanço mineral Brasileiro. Capítulo: **Carvão mineral**. 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988: íntegra das emendas constitucionais: textos originais dos artigos alterados (adendo especial): novas notas remissivas: índice sistemático, cronológico e alfabético-remissivo: súmulas vinculantes. 45. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 de agosto de 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm)>. Acesso em: 28 out. 2015.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field & laboratory methods for general ecology**. 2 ed. Iowa: Wm. C. Brown Publishers, 1984. 226 p.

BUGIN, A. Introdução à recuperação de áreas degradadas. In: TEIXEIRA, E. C., PIRES, M. J. R. (Coord). **Meio ambiente e carvão** – impactos da exploração e utilização. Porto Alegre: FINEP/CAPES/PADCT/GTM/PUCRS/FEPAM, 2002. p. 93-98.

BUZZI, Z. J. **Entomologia didática**. 4. ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2002. 347 p.

CAMARA, R.; CORREIA, M. E. F.; VILLELA, D. M. Effects of eucalyptus plantations on soil arthropod communities in a brazilian atlantic forest conservation unit. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 445-455, 2012.

CANTO, A. C. Alterações da mesofauna do solo causadas pelo uso de cobertura com plantas leguminosas na Amazônia Central. **Revista Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 5, p. 79-94, 1996.

CAPECHE, C. L.; MACEDO, J. R.; MELO, A. S. Estratégias de recuperação de áreas degradadas. In: **Curso de Recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2008. cap. 6, p. 165.

CASTRO, R.C. **Avaliação temporal de atributos físicos de um solo construído em área de mineração de carvão recuperado com gramíneas perenes**. 2012. 101 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

CHAUSSOD, R. La qualité biologique des sols: évaluation et implications. **Étude et Gestion des Sols**, v. 3, n. 4, p. 261-278, 1996.

CHOMENKO, L. Implantação de monoculturas: O desenvolvimento na metade sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ecoagencia**, 2006. Disponível em: <[http://www.biodiversidadla.org/Portada\\_Principal/Documentos/Implantacao\\_de\\_monoculturas\\_O\\_desenvolvimento\\_na\\_metade\\_sul\\_do\\_Rio\\_Grande\\_do\\_Sul\\_Brasil](http://www.biodiversidadla.org/Portada_Principal/Documentos/Implantacao_de_monoculturas_O_desenvolvimento_na_metade_sul_do_Rio_Grande_do_Sul_Brasil)>. Acesso em: 16 dez. 2015.

COLEMAN, D. C., GROSSLEY, D. A. **Fundamentals of soil ecology**. San Diego: Academic Press, 1995. 205 p.

COLWELL, R. K. **EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.0.1**. 2013. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.crm.rs.gov.br/>> Acesso em: 20 dez. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 20 dez. 2015.

CORREIA, D. S. **Fauna invertebrada epigéica em solos construídos em áreas mineradas de carvão, no sul de Santa Catarina, Brasil**. 2010. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo)-Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2010.

CORREIA, M. E. F. et al. Organização da comunidade de macroartrópodos edáficos em plantios de eucalipto e leguminosas arbóreas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa/MG. **Anais...** Viçosa/MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 442-444.

CORREIA, M. E. F. **Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agroecologia. 2002. 18 p. (Documento 156).

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação da serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 197-226.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G.; FARIAS, S. M. Sucessão das comunidades de macroartrópodes edáficos em plantações de três leguminosas arbóreas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26., Rio de Janeiro/RJ. **Resumos...** Rio de Janeiro/RJ: EMBRAPA Solos, 1997. CD-ROM 1.

CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; MENEZES, E. L. A. Aspectos ecológicos dos Isopoda terrestres. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 2008. 23 p. (Documentos 249).

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. **Fauna do solo: Aspectos Gerais e Metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. 46 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário Mineral 2014**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>>. Acesso em: 25 out. 2015.

DIEHL-FLEIG, E. D.; DIEHL-FLEIG, E.; SANHUDO, E. Comunidade de formigas no município de Torres, RS: comparação entre dois ecossistemas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22., 1998, Rio de Janeiro/RJ. **Resumos...** Rio de Janeiro/RJ: Sociedade Brasileira de Entomologia, 1998. p. 901.

DURIGAN, G. Métodos para análise de vegetação arbórea. In: CULLEN Jr., L. et al. (Orgs). **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2. ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2004. p. 455-480.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

- FERNANDES, M. M. et al. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 533-540, 2011.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, R. L.; MARQUES, M. G. S. M. A fauna de artrópodes de serrapilheira de áreas de monocultura com *Eucalyptus* sp. e mata secundária heterogênea. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 395-403, 1998.
- FILHO, E. B. Cupins e florestas. In: FILHO, E. B.; FONTES, L. R. (Org.). **Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 127-140.
- FONTES, L. R. Considerações sobre a complexidade da interação entre o cupim subterrâneo, *Coptotermes havilandi*, e a arborização no ambiente urbano. In: FONTES, L. R.; BERTIFILHO, E. **Cupins: O desafio do conhecimento**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 109-124.
- FORTES, A. B. **Compêndio de geografia geral do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Sulina. 1979. 101 p.
- FRANCO, A. A.; BALIEIRO, F. C. Fixação biológica de nitrogênio: Uma alternativa aos fertilizantes nitrogenados. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (Eds). **Inter relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS/UFLA, 1999. p. 577-596.
- FROUZ, J. et al. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. **European Journal of Soil Biology**, v. 44, n. 1, p. 109-121, 2008.
- FROUZ, J. Use of Soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: a review of ecological requirements and response to disturbance. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, n. 1-3, p. 167-186, 1999.
- GILLER, K. L. et al. Agricultural intensification, soil biodiversity and agrecosytem function. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 3-16, 1997.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.
- HASSAL, M.; ZIMMER, M.; LOUREIRO, S. Questions and possible new directions for research into the biology of terrestrial isopods. **European Journal of Soil Biology**, v. 41, n. 3-4, p. 56-61, 2005.
- HATLEY, C. L.; MACMAHON, J. A. Spider community organization: seasonal variation and the role of vegetation architecture. **Environmental Entomology**, v. 9, n. 5, p. 632-639, 1980.



HENDRIX, P. F. et al. Soil Biota as component of sustainable agroecosystems. In: EDWARDS, C. A. et al (Eds). **Sustainable Agricultural System**. Soil and Water Conservation Society, IA, 1990. p. 637-654.

HOFFMANN, R. B. et al. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 121-125, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa da vegetação do Brasil e Mapa de biomas do Brasil**. 2004. Disponível em: <  
[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=169](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169)>.  
Acesso em: 16 Jan. 2016.

KIEHL, J. E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KLIRONOMOS, J. N.; KENDRICK, B. Relationships among microarthropods, fungi, and their environment. **Plant and Soil**, The Hague, v. 170, n. 1, p. 209-231, 1995.

KOPPE, J. C.; COSTA, J. F. C. L. Mineração. In: TEIXEIRA, E. C., PIRES, M. J. R. (Coord). **Meio ambiente e carvão: Impactos da exploração e utilização**. Porto Alegre, FEPAM, 2002. p. 15-27.

LASEBIKAN, B. A. A preliminary communication on microarthropods from a tropical rainforest in Nigeria. **Pedobiologia**, Jena, v. 14, p. 402-411, 1974.

LAVELLE, P. et al. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, n. 4, p.159-193, 1997.

LAVELLE, P. et al. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**. New Jersey, v. 42, n. 1, p. S3-S15, 2006.

LAVELLE, P. et al. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. **The Biological Management of tropical soil fertility**. London: John Willey & Sons, 1994. cap. 6, p. 137-169.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Pub, 2001. 654 p.

LEE, K. E.; WOOD, T. G. **Termites and Soils**. 1. ed. London: Academic Press, 1971. 251 p.

LINDEN, D. R. et al. Faunal indicators of soils quality. In: DORAN, J. W. et al. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Society of America, 1994. cap. 6, p. 91-106.

LOPES, R. H. Z. Ações do IBAMA na recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E. e MELLO, J. W. V. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p. 247-251.

LOUREIRO, S. et al. Feeding behaviour of the terrestrial isopod *Porcellionides pruinosus* Brant, 1833 (Crustacea, Isopoda) in response to changes in food quality and contamination. **Science of Total Environment**, v. 369, n. 1-3, p. 119-128, 2006.

LUNKES, M. K. **O carvão das camadas superiores e inferiores da Jazida de Candiota - RS: uma contribuição para a sua caracterização química, petrológica e tecnológica visando seu potencial na geração de energia elétrica.** 2010. 83 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.

MCREYNOLDS, C. N. The impact of habitat features on web features and prey capture of *Argiope aurantia* (Araneae, Araneidae). **The Journal of Arachnology**, v. 28, n. 2, p. 169-179, 2000.

MARAMBA, N. C. et al. Environmental and human exposure assessment monitoring of communities near an abandoned mercury mine in the Philippines: a toxic legacy. **Journal of Environmental Management**, v. 81, n. 2, p. 135-145, 2006.

MELO, F. V. et al. **Importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores.** Boletim Informativo da SBCS, 2009. p. 38-43.

MENDONÇA, R. M. G. et al. **Uso do solo argiloso compactado para minimização da drenagem ácida em rejeitos da mineração de carvão na região sul do Estado de Santa Catarina.** CETEM/MCT. Rio de Janeiro, Set. 2002.

MENEZES, C. E. G. et al. Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual e pastagem mista em Pinheiral- RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p.1647-1656, 2009.

MENTA, C. Soil Fauna Diversity - Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration. Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World. Ed. Gbolagade Akeem Lameed, cap 3. 2012. 294 p. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/biodiversity-conservation-and-utilization-in-a-diverse-world/soil-fauna-diversity-function-soil-degradation-biological-indices-soil-restoration>>. Acesso em: 24 Jan. 2016.

MERLIM, A. O. et al. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p.57-61, 2005.

MIGLIAVACCA, D. M. et. al. Composição Química da Precipitação Atmosférica no Sul do Brasil - Estudo Preliminar. **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 371- 379, 2005.

MOÇO, M. K.; et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 555-564, 2005.

MONTEIRO, K.V. **Carvão: o combustível de ontem.** Porto Alegre: Núcleo Amigos da Terra, 2004. 82 p. Disponível em: <[http://greenpeace.org.br/energia/pdf/carvao\\_combustiveldeontem.pdf](http://greenpeace.org.br/energia/pdf/carvao_combustiveldeontem.pdf)>. Acesso em: 15 Jan. 2016.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de Acarologia, Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil.** Ribeirão Preto: Ed. Holos, 2008. 308 p.

- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 3. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 729 p.
- MORENO, C. E. **Métodos para medir la biodiversidad**. Madrid: Sociedad Entomológica Aragonesa, 2001. 84 p.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.
- MORSELLI, T. B. G. A. **Apostila da disciplina de Biologia do solo**. Departamento de Solos/FAEM/ UFPel. Pelotas/RS. 2004.
- MORSELLI, T. B. G. A. **Biologia do solo**. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL, 2009. 146 p.
- MUSSURY, R. et al. Flutuação populacional da mesofauna em fragmentos de mata na região de Dourados MS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 645-650, 2008.
- NASCIMENTO, F. M. F. et al. Impactos ambientais nos recursos hídricos da exploração de carvão em Santa Catarina. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MINA A CÉU ABERTO e II CONGRESSO BRASILEIRO DE MINA SUBTERRÂNEA, 2002, Belo Horizonte/MG. **Resumos...** Belo Horizonte/MG: DNPM, 2002. p. 1-11.
- NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A. de; MENEZES, R. I. Q. Recolonização da fauna edáfica em áreas de caatinga submetidas a queimadas. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 3, p. 214-220, 2008.
- OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P. Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 69-77, 2014.
- OLIVEIRA, L. H. M. **Métricas de diversidade em comunidades**: Diversidade alfa ou local. 2013. Disponível em: <<http://ecologiaparatodos.org/2013/02/26/metricas-de-diversidade-em-comunidades-diversidade-alfa-ou-local/>>. Acesso em: 15 jan. 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.
- PENNY, N. D.; ARIAS, J. R.; SCHUBART, H. O. R. Tendências populacionais da fauna de coleópteros do solo sob floresta de terra firme na Amazônia. **Revista Acta Amazonica**, v. 8, n. 2, p. 259-265, 1978.
- PEREIRA, M. P. dos S. et al. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 197-204, 2007.
- PEREIRA, R. C.; ALBANEZ J. M. I.; MAMÉDIO I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas – BA. **Semana Entomológica da Bahia (SINSECTA)**, Cruz das Almas-BA, v. 24, n. especial, p. 63-76, 2012.

- PERRANDO, E. R. **Caracterização física e biológica do solo após aplicação de herbicidas em plantios de Acácia-Negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande Do Sul**. 2008. 93 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.
- PILLAR, V. D. **Variações espaciais e temporais na vegetação; métodos analíticos**. 1996. Disponível em: <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- PILLON, J. G. **Fauna invertebrada epigéica em solos construídos em áreas mineradas de carvão, no sul de Santa Catarina, Brasil**. 2012. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas)–Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2012.
- PINHEIRO, L. B. A. **O papel funcional de termiteiro do cupim-de-montículo (Isoptera: Termitidae) em solos de áreas de encostas no município de Pinheiro-RJ**. 2005. 93 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)–Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2005.
- PINTO, L. F. S.; KÄMPF, N. Contaminação dos Solos Construídos. In: TEIXEIRA, E. C.; PIRES, M. J. R. (Org.). **Meio Ambiente e Carvão - Impactos da Exploração e Utilização**. Porto Alegre: FEPAM, 2002. p. 69-92.
- PIRES, A.; HOLTZ, A. Setor elétrico ante a demanda crescente. **Estadão**, 01 fev. 2012. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,setor-eletrico-ante-a-demanda-crescente-,829857,0.htm>>. Acesso em: 12 out. 2015.
- PORTAL BRASIL. **Carvão mineral**. 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/matriz-energetica/carvao-mineral-e-derivados>>. Acesso em: 19 Out. 15.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: A agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1987. 549 p.
- QUEIROZ, A. C. M. **Formigas como indicadores de impacto e reabilitação em áreas de mineração**. 2013. 133 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia aplicada) –Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, 2013.
- RICKLEFS, R. **A economia da Natureza**. 6. ed. Ed. Guanabara Koogan, 2010. 572 p.
- RIGHI, G. Minhocas da América Latina: diversidade, função e valor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro/RJ. **Palestra...** Rio de Janeiro/RJ: SBCS, 1997. CD ROM.
- RODRIGUES, K. de M. et al. **Funis de Berlese-Tüllgren modificados utilizados para amostragem de Macroartrópodes de solo**. Seropédica: [s.n.], 2008. 6 p. (Circular Técnica, 22).
- ROVEDDER, A. P. M. et al. Fauna edáfica em solo susceptível à arenização na região Sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 3, n. 2, p. 87-96, 2004.

ROVEDDER, A. P. M. et al. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1061-1068, 2009.

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

SANCHES, J. C. D.; FORMOSO, M. L. L. **Utilização do carvão e meio ambiente**. Porto Alegre: Cientec, 1990. 34 p. (Boletim Técnico, 20).

SANGINGA, N.; MULONGOY, K.; SWIFT, M. J. Contribution of soil organisms to the sustainability and productivity cropping systems in the tropics. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, Amsterdam, v. 41, n. 2, p. 135-152, 1992.

SANTOS, D. C. **Alterações químicas e biológicas em solo de área de mineração de carvão submetido a diferentes cultivos**. 2006. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos)– Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2006.

SAUTTER, K. D.; SANTOS, H. R. dos. Avaliação da estrutura da população da mesofauna edáfica, em diferentes regimes de reabilitação de um solo degradado pela mineração do xisto. **Revista de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 13, n. 1-2, p. 31-34, 1994.

SAUTTER, K. D.; SANTOS, H. R. Insetos bioindicadores na recuperação de solos. **Ciência Hoje**, v. 12, n. 72, p. 20-21, 1991.

SCHIANETZ, B. **Passivos ambientais: levantamento histórico, avaliação da periculosidade, ações de recuperação**. Curitiba, Ed. SENAI, 1999. 200 p.

SCHIERHOLZ, T. Dinâmica biológica de fragmentos florestais. **Ciência Hoje**, v. 12, n. 17, p. 22-29, 1991.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software Assistat-statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE RELATIVAE, 7. Reno/USA. **Anais...** Reno/USA: American Society of Agriculal and Biological Engineers, 2009.

SILVA, J. P. S. Impactos ambientais causados por mineração. **Revista Espaço da Sophia**. Tomazina, v. 1, n. 8, p. 1-13, 2007.

SILVA, R. F. et al. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 41, n. 4, p. 697-704, 2006.

SILVEIRA NETO, S. et al. **Manual de Ecologia dos Insetos**. Piracicaba, Ed. Agrônoma Ceres, 1976. 420 p.

SINGH, L. PILLAI. K. S. A study of soil microarthropod communities in some fields. **Revue d'Ecologie et Biologie du Sol**, v. 12, n. 3, p. 579-590, 1975.

- SOARES, E.R. et al. Cinza e carbonato de cálcio na mitigação de drenagem ácida em estéril de mineração de carvão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 171-181, 2006.
- SOARES, I. M. F.; GOMES, D. S.; SANTOS, A. A. dos. Influência da composição florística na diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na Serra da Jibóia-BA. In: ENCONTRO DE MIRMECOLOGIA, 15., 2001, Londrina/PR. **Resumos...** Londrina/PR: IAPAR, 2001. p. 331-332.
- SOARES, M. I. J.; COSTA, E. C. Fauna do solo em áreas com *Eucalyptus* spp. e *Pinus elliottii*, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, v. 11, n.1, p. 29-43, 2001.
- SOUZA, D. M. et al. Fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) do Parque Estadual do Ibitipoca, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17., 1998, Rio de Janeiro/RJ. **Resumos...** Rio de Janeiro/RJ: SBE, 1998. p.866.
- STORK, N. E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v. 7, n. 1-2, p. 38-47, 1992.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1979. 372 p.
- TEIXEIRA, L. B.; SCHUBART, H. O. R. Mesofauna do solo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia Central. **Boletim de Pesquisa EMBRAPA CPATU**, n. 95, p. 1-16, 1988.
- THOMANZINI, M. J.; THOMANZINI, A.P. B. W. A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2000. 21p. (Circular Técnica, 57).
- TIAN, G.; KANG, B.T.; BRUSSAARD, L. Effect of mulch quality on earthworm activity and nutrient supply in the humid tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 3-4, p. 369-373, 1997.
- TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Borrer and DeLong's Introduction to the Study of Insects**. 7 ed. Belmont: Brooks/Cole, 2005. 888 p.
- USSIRI, D. A.; LAL, R.; JACINTHE, P. A. Soil properties and carbon sequestration of afforested pastures in reclaimed minesoils of Ohio. **Soil Science Society of America Journal**, Medison, v. 70, n. 5, p. 1797-1806, 2006.
- VAN STRAALLEN, N. M. Community structure of soil arthropods as a bioindicator of soil health. In: PANKHURST, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. **Biological indicators of soil health**. CAB International, ed. 1, 1997. p. 235-265.
- VANNIER, G. Techniques relatives a l'extracion des arthropods du sol. In: **Recherche Cooperative sur Programme du C.N.R.S.** France: Editions du C.N.R.S, 1970. v. 40.
- VASCONCELOS, H. L. Respostas das formigas a fragmentação florestal. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 95-98, 1998.

WANG, D. et al. Effect of earthworms on the phytoremediation of zinc-polluted soil by ryegrass and Indian mustard. **Biology Fertility of Soils**, v. 43, n. 1, p. 120-123, 2006.

WOLTERS, V.; EKSCHMITT, K. Gastropods, Isopods, Diplopods and Chilopods: neglected groups of the decomposer food web. In: BENCKISER, G (Ed.). **Fauna in soil ecosystems: recycling processes, nutrient fluxes, and agricultural production**. New York: Marcel Dekker, 1997. cap. 8, p. 265-306.

WRIGHT, D. H.; HUHTA, V.; COLEMAN, D. C. Characteristic do defauned soil 2: Effects of reinoculation and the role of the mineral component. **Pedobiologia**, v. 33, n. 6, p. 427-435, 1989.

ZEPPELINI, D. F.; BELLINI, B. C. **Introdução ao estudo dos Collembola**. João Pessoa: Ed. UFPB, 2004. 82 p.

**APÊNDICE A - ANÁLISE QUÍMICA PARA AS ÁREAS DOS TRATAMENTOS, REALIZADA SEIS MESES APÓS O INÍCIO DAS COLETAS. JUNHO DE 2014 A MAIO DE 2015. CANDIOTA, RS.**

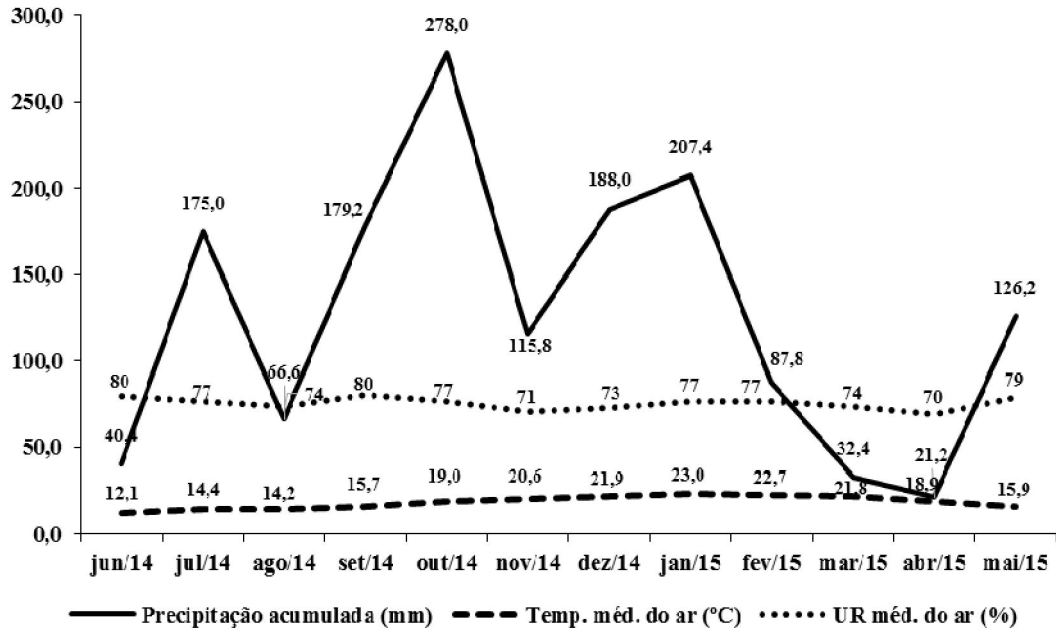
Tratamentos*	pH em H <sub>2</sub> O	% MO	% ARGILA	Cu		Zn	B	Fe		Mn	Na Ca Mg Al			
				mg/dm <sup>3</sup>				cmolc/dm <sup>3</sup>						
T1	5,0	1,9	19,0	1,5	8,5	0,3	3636	60,9	32,0	2,9	1	0,3		
T2	4,0	1,3	47,0	1,3	0,4	0,4	909	26,1	20,0	2,5	1,3	2,5		
T3	4,4	2,8	19,0	0,8	4,3	0,5	1268	64,4	16,0	2,2	0,8	1,1		
T4	5,2	2,8	23,0	1,2	6,6	0,4	916	24,1	20,0	5,4	2,6	0,2		
T5	4,5	3,2	28,0	1,1	3,4	0,7	1875	41,8	36,0	3,6	1,6	1,0		
T6	4,1	2,3	44,0	1,3	1,9	0,3	1917	49,5	16,0	1,4	1,1	3,4		

\* Tratamentos: campo nativo em área não minerada (T1); campo nativo em área minerada (T2), plantio de *A. mearnsii* em área não minerada (T3); plantio de *A. mearnsii* em área minerada (T4); plantio de *E. dunnii* em área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii* em área minerada (T6).

Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.



**APÊNDICE B - VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS COLETADAS ATRAVÉS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA BAGÉ-A827 (CÓDIGO OMM: 86992) FORNECIDOS PELA SEÇÃO DE ARMAZENAMENTO DE DADOS METEOROLÓGICOS (SADMET) DO INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). JUNHO DE 2014 A MAIO DE 2015. CANDIOTA, RS.**



Fonte: Dayanna do Nascimento Machado, 2016.